



# Metodologia de Concepção do Alerta: da teoria à prática



# **Metodologia de Concepção do Alerta: da teoria à prática**

São José dos Campos  
2022

# Ficha Institucional

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

**Presidente da República**

Jair Messias Bolsonaro

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - MDR

**Ministro**

Daniel de Oliveira Duarte Ferreira

SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL – SEDEC

**Secretário**

Alexandre Lucas Alves

---

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS - CEMADEN

OSVALDO LUIZ LEAL DE MORAES - **Diretor**

JOSÉ ANTÔNIO MARENGO ORSINI - **Coordenador-Geral de Pesquisa e Desenvolvimento**

MARCELO ENRIQUE SELUCHI - **Coordenador-Geral de Operações e Modelagens**

REGINA CÉLIA DOS SANTOS ALVALÁ - **Coordenadora de Relações Institucionais**

WESLEY BARBOSA – **Coordenador de Administração**

# Ficha Técnica

Coordenação do Projeto: Osvaldo Luiz Leal de Moraes  
Supervisor do Projeto: Wesley Barbosa

---

## **METODOLOGIA DE CONCEPÇÃO DO ALERTA: DA TEORIA À PRÁTICA**

Osvaldo Luiz Leal de Moraes  
Pedro Ivo Camarinha  
Regina Célia dos Santos Alvalá  
Tiago Bernardes

---

### **REVISÃO TÉCNICA**

Leandro Casagrande  
Pedro Ivo Camarinha  
Rafael Alexandre Ferreira Luiz  
Tiago Bernardes

---

### **DESIGNER INSTRUCIONAL**

Ednei Augusto Januário

---

## **PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO**

Aline Ferreira dos Santos  
Ana Elisa Pereira da Cunha Nogueira  
Camila Maria do Prado Santos  
Lucas Fernandes Cantisani

---

### **EDIÇÃO E REVISÃO**

Aline Ferreira dos Santos  
Mayara Crispim Freitas Sá

# Sumário

## Módulo 1

### Introdução às ações de redução de risco de desastres

<b>Módulo 1</b> .....	<b>10</b>
Introdução .....	11
Década Internacional Para RRD e Marco de Yokohama .....	12
Marco de Hyogo .....	15
Marco de Sendai .....	18
Terminologia de desastres: por quê? .....	23
Sistema de alerta (EWS) .....	25
Vantagem, desvantagem e desafios para um sistema de alerta .....	28

## Módulo 2

### Estrutura teórica para determinação de cenários de risco

<b>Módulo 2</b> .....	<b>32</b>
Introdução .....	33
Principais Conceitos.....	33
Exemplos de diferentes abordagens a partir de cenários de risco.....	37
No Sistema de Gestão de Riscos de Desastres .....	37
Em Sistemas de Monitoramento e Envio de Alertas.....	39
Matriz de Risco.....	43
Estabelecendo Cenários de Risco na rotina operacional do Cemaden .....	49

Matriz de Risco e Níveis de Alerta do Cemaden .....	49
Avaliação do Nível de Probabilidade de Ocorrência .....	53
Produtos institucionais que podem colaborar na inferência da probabilidade de ocorrência dos eventos geo-hidrológicos.....	59
Avisos Meteorológicos.....	59
Avisos Hidrológicos.....	60
Avaliação do Nível de Impacto Potencial .....	60
Inserindo os Cenários de Risco nos Alertas do Cemaden .....	65

## Módulo 3

### Descrição e interpretação dos alertas do Cemaden

<b>Módulo 3.....</b>	<b>70</b>
Descrição e interpretação dos alertas do Cemaden .....	71
Introdução .....	71
O alerta de riscos .....	72
Breve comparação entre os alertas do Cemaden e principais agências nacionais de monitoramento.....	74
Estrutura de monitoramento e integração das áreas na sala de situação do Cemaden.....	76
Descrição dos campos dos alertas .....	78
Cenário de risco .....	79
Situação atual.....	79
Tendências.....	80
Recomendações.....	81
Ações de Proteção e Defesa Civil recomendadas .....	81
Formulário de ocorrências .....	82

Previsão de risco geo-hidrológico.....	82
Análise dos níveis dos alertas e proporção de ocorrências observadas .....	83

## Módulo 4

### Vulnerabilidade e Percepção de Riscos

<b>Módulo 4 .....</b>	<b>87</b>
Introdução .....	88
Percepção de Riscos .....	88
Vulnerabilidade a desastres.....	89
Indicadores de vulnerabilidade .....	96
A questão da escala para a investigação da vulnerabilidade a desastres (escalas municipal x intramunicipal).....	100
Índice de vulnerabilidade no contexto do sistema de monitoramento e alerta de risco de desastres – Índice Operacional de Vulnerabilidade (InOV).....	100
Estudos de caso para avaliação da eficácia do InOV .....	107
Considerações Finais .....	113

## Módulo 5

### Importância da estruturação do banco de dados de ocorrências para avaliação de alertas

<b>Módulo 5 .....</b>	<b>114</b>
Bases de dados e fontes de informações Tendências de eventos de desastres nos países em desenvolvimento .....	115
REINDESC-Registros de Eventos de Inundação de Deslizamentos do Cemaden.....	120
Municípios monitorados .....	120
Formatação e estruturação do banco de dados .....	121

Busca de informações – fontes e parâmetros de entrada.....	123
Aplicações de bancos de dados em pesquisa e monitoramento de desastres no Cemaden.....	130
Perspectivas de aplicações.....	134
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>137</b>



# Metodologia de Concepção do Alerta: da teoria à prática

1

## Introdução às ações de redução de risco de desastres

# Introdução

Com desastres mais frequentes e intensos, a Redução do Risco de Desastres (RRD) tornou-se cada vez mais importante como uma abordagem fundamental para o desenvolvimento sustentável.

Os desastres fazem parte da agenda internacional desde a década de 60. Naquele período, as Nações Unidas – devido a vários desastres de grande escala – adotaram resoluções para auxílio a comunidades atingidas. Embora a prevenção de desastres e o planejamento pré-desastre fossem o foco, a abordagem foi estruturada principalmente em termos de respostas técnicas. Os desenvolvimentos institucionais culminaram com a formação do “Gabinete de Ajuda a Desastres” (Disaster Relief Office) em 1971.

Severas secas no Afeganistão e na Etiópia geraram uma resposta multilateral e, no caso do desastre de 1985, esforços internacionais de arrecadação de fundos – que incluíram um festival de música (Live Aid), assistido por uma audiência de televisão estimada em 1,9 bilhão de pessoas. Os desastres transcenderam as preocupações locais e nacionais.

Um primeiro ato global para RRD foi o estabelecimento do Dia Internacional para Redução de Risco de Desastres, em 1989, como um ato para enfatizar a promoção de uma cultura global de consciência de risco e redução de desastres. O dia 13 de outubro celebra como as pessoas e comunidades em todo o mundo estão reduzindo sua exposição a desastres e aumentando a conscientização sobre a importância de conter os riscos que enfrentam.

A década de 1990 foi a Década Internacional para Redução de Desastres Naturais, que incluiu a “Estratégia e Plano de Ação de Yokohama para um Mundo Mais Seguro” como a primeira grande estrutura internacional para Redução de Risco de Desastres.



# Década Internacional Para RRD e Marco de Yokohama

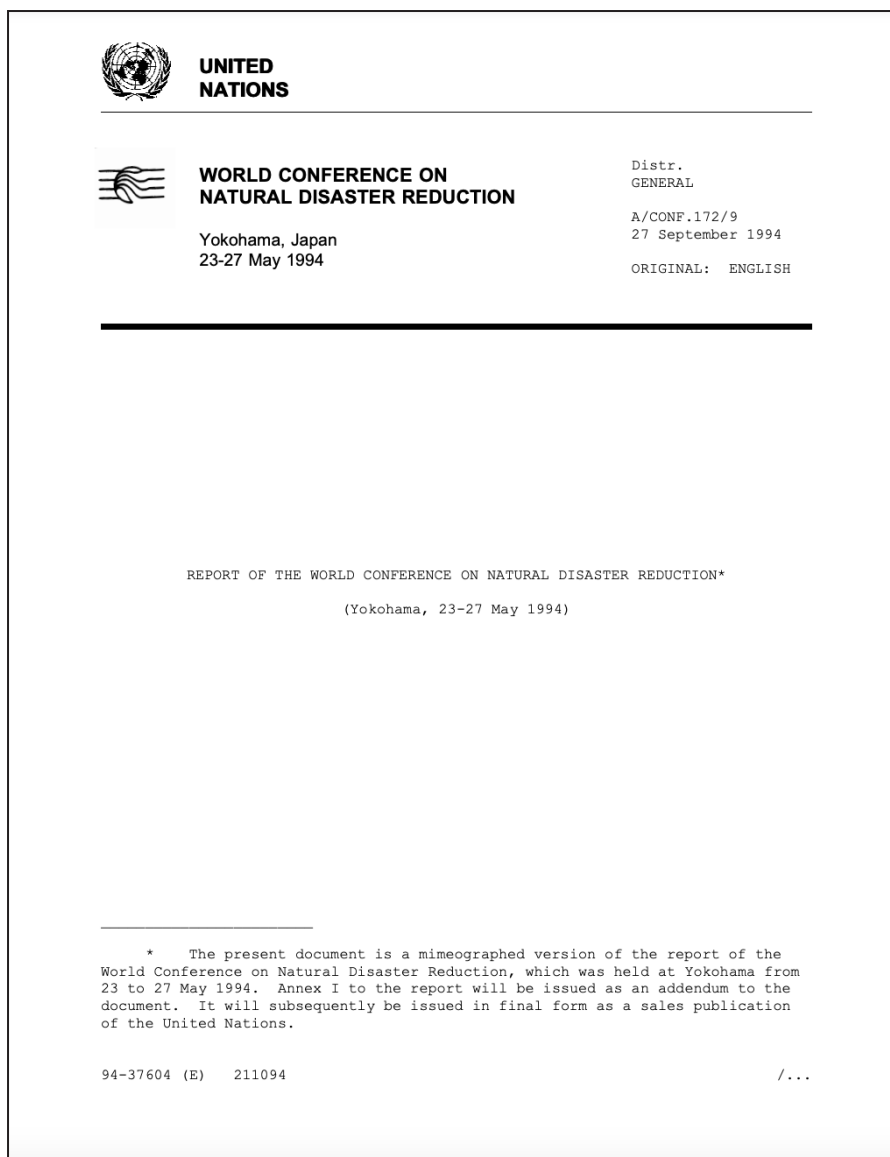


Figura 1: relatório da Conferência Mundial sobre Redução de Desastres Naturais de Yokohama. Fonte: ONU.

Além de traçar conexões explícitas entre o desenvolvimento sustentável e a RRD, a Estratégia de Yokohama incluiu organizações não governamentais dentre os grupos que promovem a gestão de riscos em conjunto com o meio ambiente e questões relacionadas. Da conferência de Yokohama, de seu documento básico e de seu plano de ação tornou-se evidente os vínculos estreitos entre:

- » risco;
- » redução de desastres;
- » desenvolvimento sustentável;
- » proteção ambiental; e
- » redução da pobreza.

A conferência foi importante para fortalecer a consciência emergente das causas sociais e econômicas, e das consequências dos desastres naturais. Essa consequência, surgida na década, foi fortalecida em Yokohama e em seus desdobramentos.

Foi o primeiro documento internacionalmente aceito sobre prevenção de desastres, sendo visto como uma estratégia benéfica para países que sofriam com perdas em desastres. Enfatizou-se que cada país tem a responsabilidade soberana e primária de proteger seu povo, sua infraestrutura e seu patrimônio nacional, social ou econômico do impacto dos desastres.

Embora bem-vindo, o documento também foi criticado em termos de ser amplamente aspiracional. A revisão do progresso feito na implementação da Estratégia de Yokohama identificou que as ações para redução de risco de desastres devem ser sustentadas por abordagens para informar, motivar e envolver as pessoas em todos os aspectos da redução do risco de desastres em suas próprias comunidades locais.

Também destacou a escassez de recursos alocados, a ausência de estratégias de cooperação e mecanismos financeiros, e apontou lacunas e desafios em cinco áreas principais:



- » Governança: estruturas organizacionais, legais e políticas;
- » Identificação, avaliação, monitoramento e alerta de riscos;
- » Gestão do conhecimento e educação;
- » Reduzir os fatores de risco subjacentes;
- » Preparação para uma resposta e recuperação eficazes.

A década de 90 culminou no lançamento da Estratégia Internacional da Organização das Nações Unidas (ONU) para Redução de Desastres em 2000, conhecida como UNISDR. A Estratégia foi projetada para ser um referencial de como dar ênfase de proteção para um processo que envolve conscientização, avaliação e gerenciamento de risco.

Desde o início a UNISDR focou na redução do risco de desastres em um amplo contexto. A estratégia foi pensada como uma articulação global, coordenada pelas Nações Unidas, para a promoção de ações para reduzir a vulnerabilidade social e os riscos de desastres naturais, tecnológicos e ambientais relacionados.

Seu principal objetivo foi facilitar a integração entre governos e comunidades em áreas propensas a desastres na gestão de risco em políticas, programas e projetos de desenvolvimento. O objetivo a longo prazo era permitir que as comunidades se tornassem resilientes a desastres, salvando vidas, bem como ativos sociais, econômicos e ambientais. Os governos foram solicitados a estabelecer ou fortalecer estratégias nacionais para a redução de desastres.

Não pode ser deixado de lado o fato de que, o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR) foi criado em dezembro de 1999, para garantir a implementação da Estratégia Internacional para a Redução de Desastres.



## Marco de Hyogo

A Estratégia de Yokohama focou em aperfeiçoar os mecanismos de enfrentamento a fim de melhor lidar com e se recuperar dos impactos de desastres. Esta estratégia valorizou o conhecimento e a experiência na gestão de emergências existentes a nível local entre as comunidades em risco.

A década seguinte representou uma mudança na forma como a RRD é percebida, passando de um forte foco nas capacidades de enfrentamento e auxílio humanitário para uma maior atenção dada à preparação e prevenção de riscos. A noção de RRD se tornou uma ideia globalmente popular com a Conferência para Redução de Desastres realizada em Kobe, Hyogo (Japão), em janeiro de 2005.

A conferência, coincidentemente, ocorreu após o tsunami de 2004 no Oceano Índico, que afetou milhões de pessoas e aumentou a consciência pública sobre os chamados “desastres naturais”, seus riscos e seus graves impactos. O resultado da conferência – o Plano de Ação de Hyogo 2005-2015 – é, provavelmente, o documento internacional mais significativo popularizando a noção de RRD. A década de 2000-2009 também é crítica em termos de mudança de preocupações em torno de questões de desastres, com um foco maior na preparação para riscos. Essa evolução de foco está presente tanto na academia quanto entre as principais organizações que trabalham na área de RRD.

O “Plano de Ação de Hyogo 2005-2015: Construindo a Resiliência das Nações e Comunidades aos Desastres” foi endossado pelos Estados membros da ONU em 2005, e orientou os esforços organizacionais para reduzir perdas decorrentes de desastres naturais por uma década. O Plano abordou os papéis de Estados e organizações internacionais, convocando sociedade civil, academia, organizações voluntárias e o setor privado a unir esforços, e apoiou a descentralização de autoridade e recursos para promover a RRD em nível local.

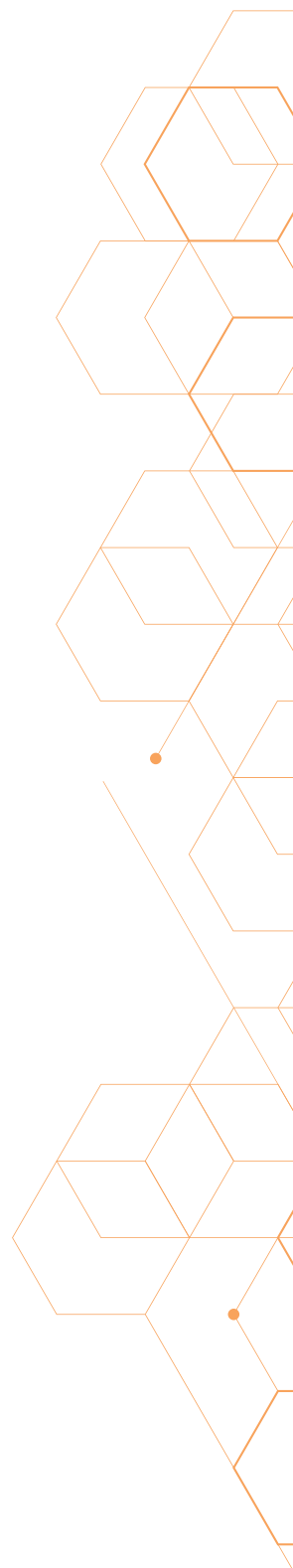


O Plano de Ação de Hyogo foi o primeiro a descrever os processos necessários para reduzir os riscos de desastres em vários setores e em diferentes escalas. O conceito de RRD, conforme apresentado, reflete um foco mais forte na preparação e prevenção de riscos em oposição à ênfase na resposta e recuperação durante as décadas anteriores.

O Plano possuía cinco prioridades de ação e ofereceu princípios orientadores e meios práticos para alcançar a resiliência a desastres. Ele teve como objetivo reduzir substancialmente as perdas por desastres até 2015, construindo a resiliência das nações e comunidades aos desastres. Isso significa reduzir a perda de vidas e ativos sociais, econômicos e ambientais quando os perigos ocorrem.

A adoção do plano foi acompanhada pelo estabelecimento de diferentes ferramentas e plataformas projetadas para ajudar a implementar a RRD nos níveis regional, nacional e local. Para lograrem êxito, os 168 países – incluindo o Brasil – que assinaram o documento em 2005 em Kobe comprometeram-se a seguir as cinco prioridades de ação para aumentar a resiliência das comunidades vulneráveis frente aos desastres, no contexto do desenvolvimento sustentável, a saber:

- » Fazer com que a redução dos riscos de desastres seja uma prioridade;
- » Conhecer o risco e tomar medidas;
- » Desenvolver uma maior compreensão e conscientização;
- » Reduzir o risco;
- » Estar preparado e pronto para atuar.



## SUMMARY of the Hyogo Framework for action 2005-2015

### *Building the Resilience of Nation and Communities to Disasters*

#### Expected outcome, strategic goals and priorities for action 2005-2015

**Expected Outcome**  
The substantial reduction of disaster losses, in lives and in the social, economic and environmental assets of communities and countries.

#### Strategic Goals

The integration of disaster risk reduction into sustainable development policies and planning.

The development and strengthening of institutions, mechanisms and capacities to build resilience to hazards.

The systematic incorporation of risk reduction approaches into the implementation of emergency preparedness, response and recovery programmes.

#### Priorities for Action

1. Ensure that disaster risk reduction (DRR) is a national and a local priority with a strong institutional basis for implementation.

2. Identify, assess and monitor disaster risks and enhance early warning.

3. Use knowledge, innovation and education to build a culture of safety and resilience at all levels.

4. Reduce the underlying risk factors.

5. Strengthen disaster preparedness for effective response at all levels.

Key Activities

- DRR institutional mechanisms (national platforms); designated responsibilities;
- DRR part of development policies and planning, sector wise and multisector;
- Legislation to support DRR;
- Decentralisation of responsibilities and resources;
- Assessment of human resources and capacities;
- Foster political commitment;
- Community participation.

- Risk assessments and maps, multi-risk: elaboration and dissemination;
- Indicators on DRR, and vulnerability;
- Data and statistical loss information;
- Early warning: people centered;
- Information systems; public policy;
- Scientific and technological development; data sharing, space-based earth observation, climate modeling and forecasting; early warning;
- Regional and emerging risks.

- Information sharing and cooperation; Networks across disciplines and regions; dialogue;
- Use standard DRR terminology;
- Inclusion of DRR into school curricula, formal and informal education;
- Training and learning on DRR; community level, local authorities, targeted sectors; equal access;
- Research capacity: multi-risk; socio-economic; application;
- Public awareness and media.

- Sustainable ecosystems and environmental management;
- DRR strategies integrated with climate change adaptation;
- Food security for resilience;
- DRR integrated into health sector and safe hospitals;
- Protection of critical public facilities;
- Recovery schemes and social safety-nets;
- Vulnerability reduction with diversified income options;
- Financial risk-sharing with diversified income options;
- Public-private partnership;
- Land use planning and building codes;
- Rural development plans and DRR.

- Disaster management capacities: policy, technical and institutional capacities;
- Dialogue, coordination and information exchange between disaster managers and development sectors;
- Regional approaches to disaster response, with risk reduction focus;
- Review and exercise preparedness and contingency plans;
- Emergency funds;
- Voluntarism and participation.

#### Cross Cutting Issues

Multi-hazard approach

Gender perspective and cultural diversity

Community and volunteers participation

Capacity building & technology transfer

Figura 2: Estrutura do Marco de Hyogo. Fonte: ISDR.

## Marco de Sendai

O Plano de Ação de Hyogo contemplava 10 anos, com vigência de 2005 a 2015. Durante esta década, desastres em todo o mundo continuaram a produzir perdas humanas, econômicas, de infraestrutura e ecológicas, especialmente nas nações mais vulneráveis e pobres. Assim, os compromissos para apoiar a RRD foram renovados quando o Plano de Hyogo chegou ao fim e os Estados membros da ONU renovaram os compromissos com a Redução de Risco de Desastres em Sendai (Japão), em março de 2015.

Um novo Plano de Ação foi escrito com base nas lições aprendidas e na implementação do HFA durante a década anterior. Inclui um conjunto voluntário de metas e prioridades para promover maior resiliência aos perigos presentes e futuros e para evitar retrocessos no desenvolvimento como resultado de pequenos e grandes desastres. Além disso, o Plano reflete os novos desafios, nomeadamente as alterações climáticas, o aumento da globalização e o desenvolvimento de novas tecnologias e conhecimentos no campo da previsão de risco e sistemas de alerta.

O ano de 2015 foi especial para a Agenda de Desenvolvimento Sustentável. O Marco de Sendai para Redução de Risco de Desastres foi um desses acordos. O Marco orienta os esforços a serem adotados para a redução dos riscos nos próximos 15 anos (2015-2030). No mesmo ano, em outubro, a Assembleia Geral da ONU endossou os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que orientam as agendas de desenvolvimento nacional e local até 2030.

Em dezembro de 2015, o Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas foi adotado. Um dos principais resultados do Acordo foi o compromisso em reduzir as emissões de carbono globalmente e princípios articulados para adaptação às mudanças climáticas. De modo geral, o Marco de Ação de Hyogo forneceu orientação aos esforços para reduzir o risco de desastres e contri-



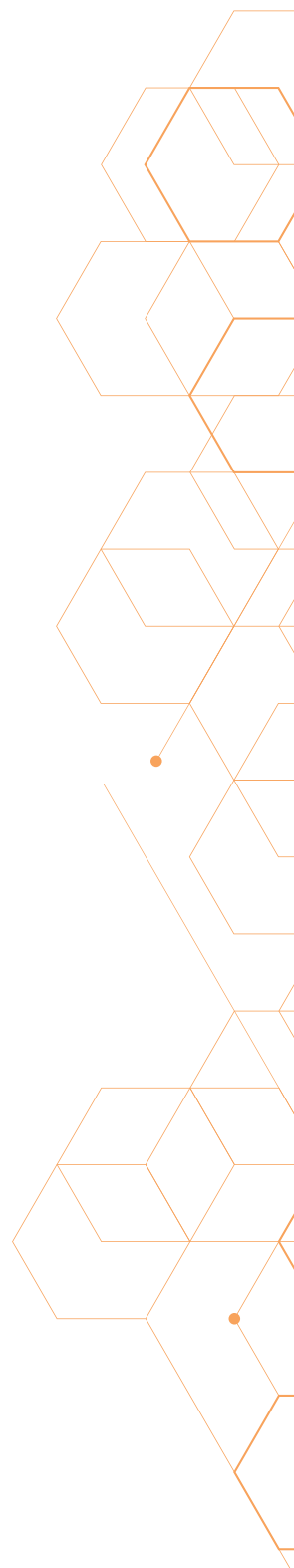
buiu para o progresso em direção ao cumprimento das Metas de Desenvolvimento do Milênio. Sua implementação, no entanto, apresentou uma série de lacunas, como na abordagem dos fatores subjacentes ao risco de desastres, na formulação de metas e prioridades de ação, na necessidade de promover a resiliência a desastres em todos os níveis e na garantia de meios adequados de implementação.

As lacunas indicaram a necessidade de desenvolver uma estrutura que orientasse a ação que os governos e as partes interessadas relevantes pudessem implementar de maneira solidária e complementar, e que ajudasse a identificar os riscos de desastres a serem gerenciados, e orientar o investimento para melhorar a resiliência.

A aprovação do Marco de Sendai para Redução do Risco de Desastres 2015-2030 foi icônica para os esforços de construir resiliência aos perigos naturais e humanos em todo o mundo. O Marco Sendai visa alcançar “a redução substancial do risco de desastres e perdas em vidas, meios de subsistência e saúde e nos ativos econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais de pessoas, empresas, comunidades e países”.

Muito mais do que seu antecessor – o Marco de Ação de Hyogo 2005-2015 –, o Marco de Ação de Sendai destaca a importância da colaboração ampla para realizar esse objetivo: entre os governos, com o setor privado e outras partes interessadas, indo muito além da tradicional comunidade envolvida em Redução do Risco de Desastres.

O Marco de Ação de Sendai espera que nos 15 anos seguintes à sua adoção haja uma “redução substancial do risco de desastres e perdas em vidas, meios de subsistência e saúde e nos ativos econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais de pessoas, empresas, comunidades e países”. A obtenção de tal resultado requer um forte compromisso e envolvimento de políticos e lideranças em todos os países, em todos os níveis, para a sua implementação e acompanhamento.



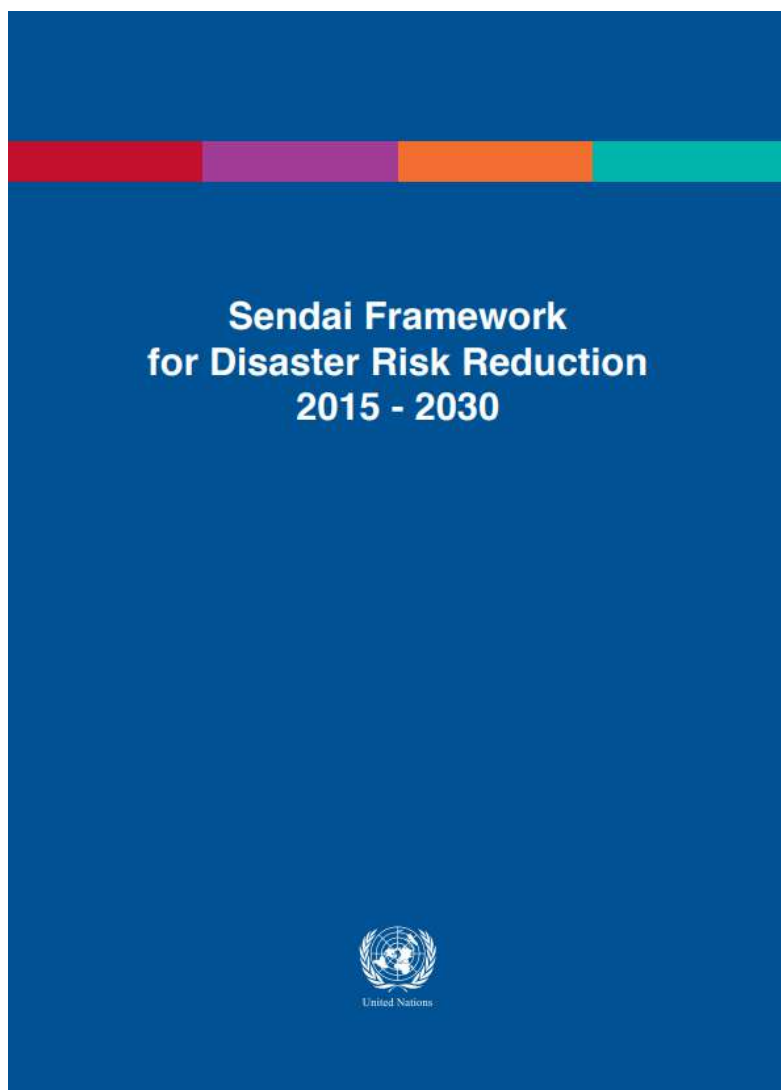


Figura 3: Sendai Framework.  
Fonte: ONU.

Para atingir o resultado esperado, o objetivo do Marco foi estabelecido em trabalhar para “Prevenir novos riscos e reduzir os riscos existentes através da implementação de medidas econômicas, estruturais, jurídicas, sociais, de saúde, culturais, educacionais, ambientais, tecnológicas, políticas e institucionais, integradas e inclusivas, que previnam e reduzam a exposição a perigos e vulnerabilidade a desastres, aumentem a preparação para resposta e recuperação e, assim, fortalecer a resiliência”.

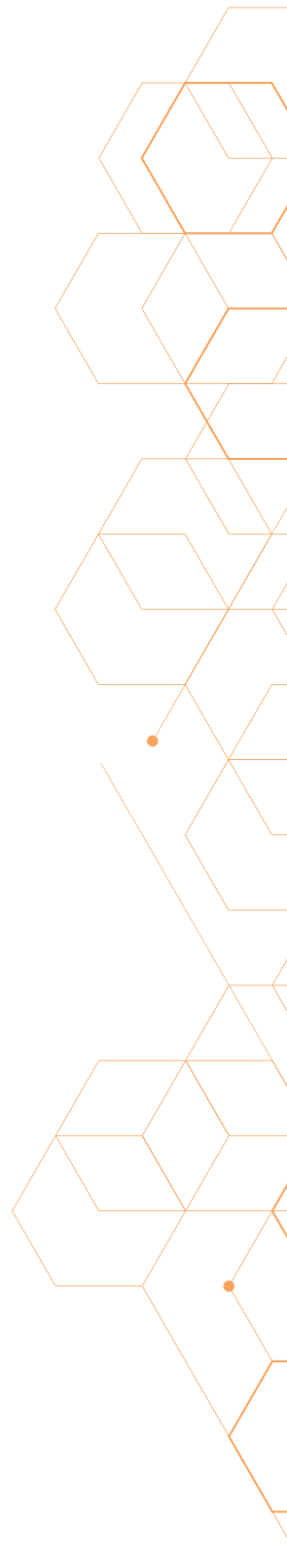
O Marco de Sendai possui sete metas globais, que são:

- » 1. Reduzir substancialmente a mortalidade global por desastres até 2030, com o objetivo de diminuir a taxa de mortalidade global média por 100.000 habitantes na década de 2020-2030 em comparação com o período de 2005-2015;

- » 2. Reduzir substancialmente o número de pessoas afetadas globalmente até 2030, com o objetivo de diminuir o número médio global por 100.000 habitantes na década de 2020-2030 em comparação com o período de 2005–2015;
- » 3. Reduzir as perdas econômicas diretas por desastres em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) global até 2030;
- » 4. Reduzir substancialmente os danos causados por desastres à infraestrutura crítica e a interrupção dos serviços básicos, entre eles as instalações de saúde e educacionais, inclusive por meio do desenvolvimento de sua resiliência até 2030;
- » 5. Aumentar substancialmente o número de países com estratégias nacionais e locais de redução do risco de desastres até 2020;
- » 6. Melhorar substancialmente a cooperação internacional com os países em desenvolvimento por meio de apoio adequado e sustentável para complementar suas ações nacionais para a implementação do presente Plano até 2030;
- » 7. Aumentar substancialmente a disponibilidade e o acesso a sistemas de alerta de múltiplas ameaças e informações e avaliações de risco de desastres para as pessoas até 2030.

Levando em consideração a experiência adquirida com a implementação do Quadro de Ação de Hyogo, e em busca do resultado e objetivo esperados, há uma necessidade de ação focada dentro e entre setores pelos Estados em níveis local, nacional, regional e global quatro áreas prioritárias a seguir:

- » **Prioridade 1:** Compreender o risco de desastres;
- » **Prioridade 2:** Fortalecer governança de risco de desastres para gerenciar o risco;



- » **Prioridade 3:** Investir na redução do risco de desastres para obter resiliência;
- » **Prioridade 4:** Aumentar a preparação para desastres para uma resposta eficaz e “reconstruir melhor” na recuperação, reabilitação e reconstrução.



Figura 4: metas Marco de Sendai. Fonte: UNISDR.

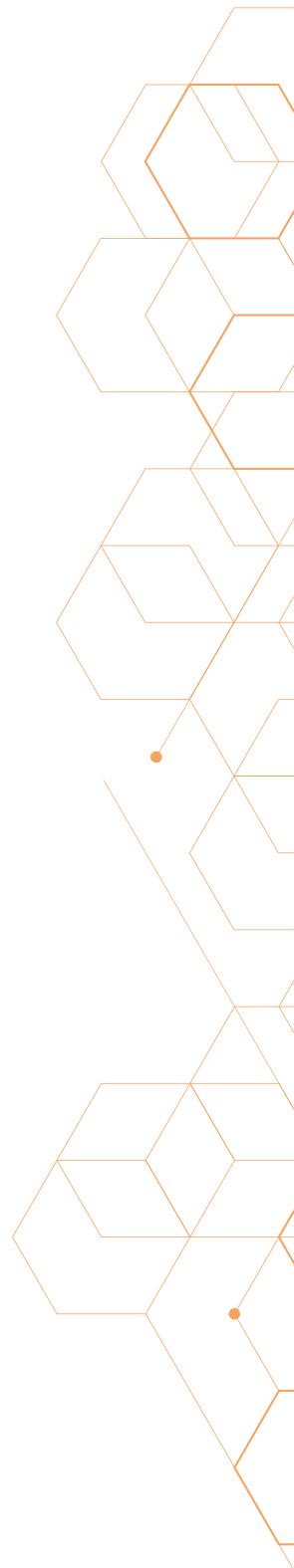
Um dos principais avanços do Marco de Sendai, comparativamente aos seus antecessores, é que as metas podem ser quantitativamente avaliadas. Assim, o progresso na sua implementação é acompanhado através de fatores numéricos. Um conjunto de 38 indicadores foi identificado para medir o progresso global na implementação do Marco de Sendai para Redução de Risco de Desastres. Os indicadores medirão o progresso no cumprimento das metas globais da Estrutura de Sendai e determinarão as tendências globais na redução de riscos e perdas. Para cada uma das metas listadas na página anterior há um conjunto de indicadores.

A título de ilustração os indicadores da meta G são:

- » G-1: Número de países que possuem sistemas de alerta de riscos múltiplos;
- » G-2: Número de países que possuem sistemas de monitoramento e previsão de riscos múltiplos;
- » G-3: Número de pessoas por 100.000 que são cobertas por informações de aviso prévio por meio dos governos locais ou através de mecanismos nacionais de disseminação;
- » G-4: Porcentagem de governos locais que têm um plano para agir sobre os alertas;
- » G-5: Número de países que têm informações e avaliações de risco de desastres acessíveis, compreensíveis, utilizáveis e relevantes disponíveis nos níveis nacional e local;
- » G-6: Porcentagem da população exposta ou em risco de desastres, protegida por meio de evacuação preventiva após aviso prévio.

## Terminologia de desastres: por quê?

Em quase todas as áreas de conhecimento surgem problemas se os termos usualmente adotados não são definidos e explicados. Um termo pode ser entendido e usado de forma diferente por diferentes grupos de profissionais. Vulnerabilidade, por exemplo: arquitetos e engenheiros há muito o aplicam a edifícios e outras estruturas físicas, mas nos últimos 30 anos ele foi apropriado por cientistas sociais, que expandiram seu significado para incluir aspectos socioeconômicos, políticos e institucionais. Mitigação tem significados muito diferentes nos círculos de mudança climática e gestão de desastres.



Com a ideia de risco se tornando mais dominante na discussão de desastres, o potencial para ambiguidade e confusão pode estar crescendo. Assim como o termo “desastre”, o termo risco é uma palavra simples do dia a dia que ficou sobrecarregada com muitas interpretações diferentes.

O Marco de Sendai requereu uma atualização da Terminologia de RRD. O esforço para promover um entendimento comum dos conceitos e terminologia da redução do risco de desastres não é novo. O Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR) vem propondo terminologia sobre redução do risco de desastres há alguns anos, através da análise de fontes internacionais, publicações e práticas e conduzindo consultas especializadas.

No desenvolvimento da terminologia, o estabelecimento de termos precisa ser acompanhado de definições, classificações e tipologia pois, por exemplo, ao medir desastres e eventos extremos, os tipos de definições e terminologias necessárias aos estatísticos são muito mais precisos, operacionais e orientados para a prática do que na formulação de políticas. No entanto, na prática, os países usam termos muito díspares e identificam desastres de forma diferente.

Estabelecer a terminologia tem implicações práticas e serve ao propósito de desenvolver uma ferramenta para trabalhar em conjunto. As terminologias usualmente adotadas nem sempre são aplicáveis e dependem do contexto e dos objetivos para os quais a terminologia é usada. Uniformizar a terminologia de RRD também é essencial para promover e aumentar a conscientização de seu uso entre as diferentes comunidades que as utilizam.

Vários termos – como: pessoas afetadas, desastre, perda econômica de desastre, infraestrutura crítica, serviços básicos, sistema de alerta de múltiplas ameaças e informações de risco de desastre, por exemplo –, aparecem nas sete metas de Sendai, muitas das quais nem mesmo tinham sido definidas nos Marcos anteriores.



O monitoramento do progresso nessas metas requer terminologias claras, não confusas e relevantes para ajudar a apoiar o desenvolvimento de indicadores mensuráveis.

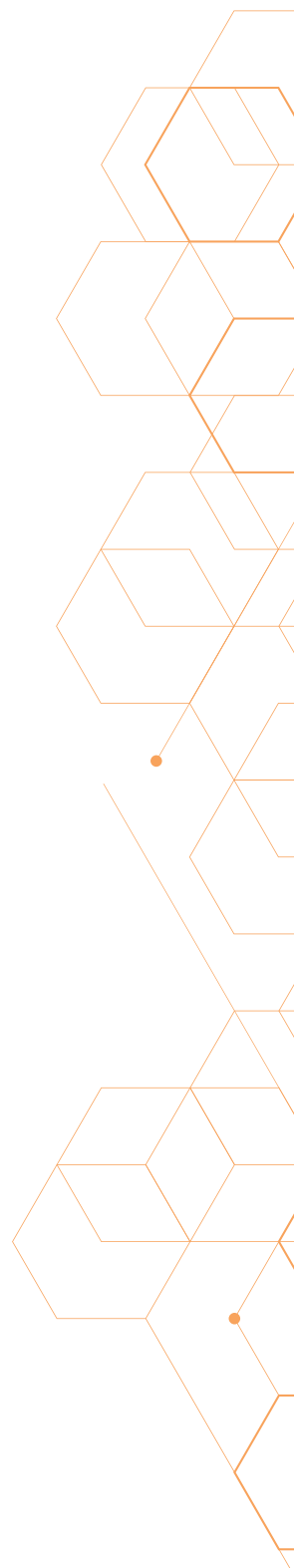
Um glossário publicado pela UNDRR contém definições de termos-chave, incluindo desastre, ameaças, vulnerabilidade, capacidade, resiliência e risco. Neste glossário se encontram definições básicas sobre redução de risco de desastres para promover um entendimento comum sobre o assunto para uso do público, autoridades e profissionais. Tal terminologia foi proposta por um Grupo de Trabalho (GT) de especialistas. O relatório deste GT foi aprovado pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 2 de fevereiro de 2017 e é, desde então, aquele oficialmente adotado pela UNDRR. É a partir desta terminologia que é possível estabelecer uma metodologia para mensurar os indicadores e, assim, avaliar o progresso na implementação do Marco de Sendai.

## Sistema de alerta (EWS)

De acordo com a UNDRR, risco é a probabilidade de que um desastre tenha um efeito negativo sobre pessoas, sistemas ou ativos. O risco é normalmente descrito como uma função dos efeitos combinados dos perigos, pessoas expostas ao perigo e a vulnerabilidade desses elementos expostos. Portanto, o conhecimento das ameaças não é suficiente para proteger as pessoas, é apenas um elemento incluído na definição de risco.

Um sistema de alerta centrado nas pessoas, abrangente e eficaz compreende quatro elementos inter-relacionados, que vão desde o conhecimento de ameaças e vulnerabilidades, à preparação e capacidade de resposta. Uma fraqueza ou falha em qualquer um desses itens pode resultar na falha de todo o sistema.

O EWS também tem fortes vínculos entre todos os elementos da cadeia. Embora a boa governança e os arranjos institucionais apropriados não es-



tenham especificamente representados no “diagrama de quatro elementos”, eles são essenciais para o desenvolvimento de sistemas eficazes de alerta.

A boa governança é fomentada por fortes estruturas legais e regulatórias, e apoiada por um compromisso político de longo prazo e arranjos institucionais integrados. As partes interessadas nos diferentes elementos devem se reunir regularmente para garantir que entendam todos os outros componentes e o que as outras partes precisam deles. Mensagens de alerta antecipado sobre perigos iminentes que podem causar desastres devem chegar a todos os cidadãos, incluindo organizações de resposta a emergências, comunidades em risco, organizações de segurança pública e outros.

Um sistema de alerta tem a capacidade de abordar vários perigos e/ou impactos de um tipo semelhante ou diferente em situações em que eventos perigosos podem ocorrer sozinhos, simultaneamente, em cascata ou cumulativamente ao longo do tempo, e levando em consideração os possíveis efeitos inter-relacionados.

Para ser eficaz, um sistema de alerta deve incluir a participação de diferentes atores e envolver ativamente as pessoas e comunidades em risco, a fim de garantir que o sistema tenha um ambiente propício que incorpore tecnologia apropriada, marcos regulatórios e operacionais adequados, capacidades, bem como funções e responsabilidades claramente definidas para todas as agências participantes, incluindo as comunidades.

Perigos diferentes requerem diferentes sistemas de alerta: as necessidades de alerta de uma névoa ou tsunami, por exemplo, são muito diferentes. Experiências de todo o mundo mostram que alguns perigos são difíceis de prever. Por exemplo: a previsão de erupções catastróficas ou tsunamis em qualquer lugar do mundo ainda enfrenta grandes dificuldades devido à falta de técnicas de medição adequadas para capturar a verdadeira magnitude e o tempo em relação a esses eventos potencialmente catastróficos. No entanto, esforços estão sendo feitos para promover esse conhecimento e melhorar a precisão de tais previsões.



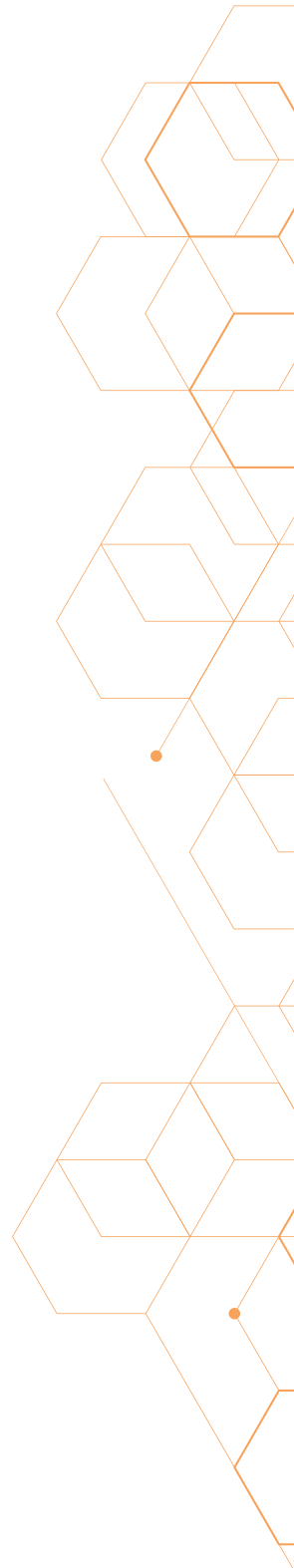
Os quatro elementos fundamentais dos sistemas de alerta são:

- » Conhecimento dos riscos;
- » Monitoramento;
- » Capacidade de resposta e ;
- » Comunicação de alerta.

Os riscos surgem da combinação de perigos e vulnerabilidades em um determinado local. As avaliações de risco requerem coleta e análise sistemáticas de dados e devem considerar a natureza dinâmica das ameaças e vulnerabilidades decorrentes de processos como urbanização, mudança no uso da terra rural, degradação ambiental e mudança climática. Avaliações de risco e mapas ajudam a motivar as pessoas, priorizar as necessidades do sistema de alerta e orientar os preparativos para a prevenção e resposta a desastres.

A consciência do risco de um desastre natural é de vital importância. Você mudou recentemente para um lugar onde os alagamentos são frequentes? Entenda a história dos alagamentos que afetaram o lugar, aprenda com seus vizinhos suas próprias histórias e experiências, avalie os detalhes de sua própria situação de vida e planos de emergência.

Os sistemas com recursos de monitoramento e previsão fornecem estimativas oportunas do risco potencial enfrentado pelas comunidades, economias e meio ambiente. Os serviços de alerta estão no centro do sistema. Deve haver uma base científica sólida para prever perigos e um sistema confiável de previsão e alerta que opere 24 horas por dia. O monitoramento contínuo de precursores e parâmetros de perigo é essencial para gerar avisos precisos em tempo hábil. Os serviços de alerta para perigos diferentes devem ser coordenados sempre que possível.



## Vantagem, desvantagem e desafios para um sistema de alerta

Para serem eficazes, os sistemas de alerta devem ser compreensíveis, confiáveis e relevantes para as comunidades que atendem. Entretanto, a operação de um Sistema de Alerta apresenta inúmeros desafios devido a múltiplos fatores:

- » A escala espacial de abrangência do sistema (global, nacional, regional, local);
- » A escala temporal (início rápido, início lento, frequente, infrequente);
- » O setor ao qual é destinado (indivíduos, propriedades, meio ambiente); e
- » As ameaças (como tempo, clima, riscos geográficos).

Para funcionar adequadamente, o sistema não pode ser visto apenas por seu componente técnico, mas como um elo de cooperação entre governo, agências de ajuda humanitária e as comunidades. Todos os envolvidos devem cooperar para criar, manter e adotar o sistema para a finalidade que foi concebido. Essa sinergia, aliada às questões institucionais, sociais e políticas vão definir o sucesso ou fracasso do sistema.

A principal vantagem de um sistema de alerta é que ele desempenha um papel importante na redução de impactos causados por desastres e no aumento da resiliência das comunidades. Os sistemas de alerta são combinações de ferramentas e processos embutidos nas estruturas institucionais. Quer enfoquem uma ameaça específica ou muitas, esses sistemas são compostos por quatro elementos:

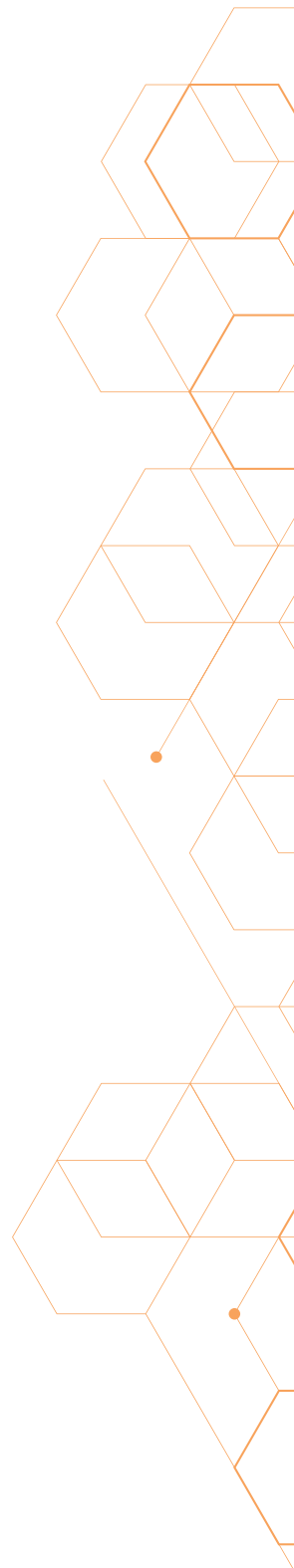


- » Conhecimento do risco,
- » Monitoramento técnico e serviço de alerta,
- » Divulgação de alertas significativos para pessoas em risco e conscientização pública e;
- » Preparação para agir.

Os serviços de monitoramento e alerta estão no cerne desses sistemas, e sua operação depende de uma base científica sólida para fazer previsões e projeções e da capacidade de funcionar 24 horas por dia de forma confiável. Uma vez que os serviços de monitoramento e alerta estão no cerne do sistema, deve-se considerar que a manutenção dos componentes que monitoram as ameaças requer atenção específica.

Isso significa a adoção de uma metodologia de gerenciamento de rede, estruturação de atividade de manutenção, orientada a evitar interrupções, baseada em um plano predefinido e que sejam realizadas não quando surtem problemas, mas quando executadas rotineiramente. Contudo, o planejamento por si só é insuficiente, pois a execução do planejamento requer recursos humanos e materiais. Sem isso, qualquer planejamento é meramente retórico.

A incerteza inerente às informações científicas é uma das razões para a omissão de ação sobre os alertas de desastres. O jargão científico relacionado à incerteza normalmente faz com que os usuários não adotem o alerta. Alguns fenômenos, de escala espacial e temporal muito curtas, só são captados quando o desastre é iminente. Essa limitação, que não é do sistema, leva a uma falsa percepção de que o sistema é falho. Essa limitação é tão verdadeira que até mesmo uma rede observacional, funcionando adequadamente, é incapaz de detectar sinais de algumas ameaças.



À medida que os sistemas de alerta crescem em cobertura geográfica e sofisticação, os alarmes falsos também aumentam. Embora alguns acreditem que eles fornecem uma prática inestimável, as altas taxas de alarmes falsos podem minar a confiança do público, gerar desconfiança, diluir o impacto dos alertas e reduzir a credibilidade de avisos futuros.

Adicionalmente, coordenação e colaboração insuficientes entre as organizações podem limitar as ações de resposta porque, geralmente, as organizações que produzem os alertas não são aquelas que os disseminam. Em um país no qual muitas agências operam sistemas observacionais, geram alertas paralelos e possuem protocolos individuais, a fragilidade do sistema é inerente.

O estabelecimento de estruturas institucionais e regulatórias, com protocolos compartilhados e uniformizados, é imprescindível. Os benefícios da institucionalização do sistema leva à padronização que, por sua vez, auxilia na simplicidade por meio da aplicação de linguagem compartilhada, divisão de tarefas e responsabilidade, clareza para agentes de emergência, interoperabilidade de equipamentos, dentre outros.

O conteúdo dos alertas também pode se beneficiar da institucionalização. É aconselhável publicar e tornar acessíveis as definições de termos como “alerta” e “aviso” utilizadas por diferentes agências.

Finalmente, não se pode esquecer o objetivo primordial de um sistema de alertas: ele precisa prever o evento, não simplesmente detectar o evento, uma vez que isso não forneceria tempo suficiente para a evacuação. Deve-se considerar, por outro lado, que o sistema opera dentro de um ambiente real e deve sobreviver a esse ambiente. Mas ele deve estar preparado para responder as questões abstratas que surgem.

- » Quantas horas de antecedência o sistema deve prever?
- » Que margem de incerteza da previsão é permitida?
- » Quem precisa de notificação e em que prioridade?



Uma vez que esses sistemas tendem a cruzar os limites do estado ou município, atribuir responsabilidade para responder tais perguntas envolve não apenas lidar com questões científicas e falta de recursos – quer sejam pessoas, dinheiro ou equipamento –, mas também lidar com os vários níveis de burocracia.



**Metodologia de Concepção do Alerta:  
da teoria à prática**

**2**

**1**



**Estrutura teórica para  
determinação de cenários de  
risco**

## Introdução

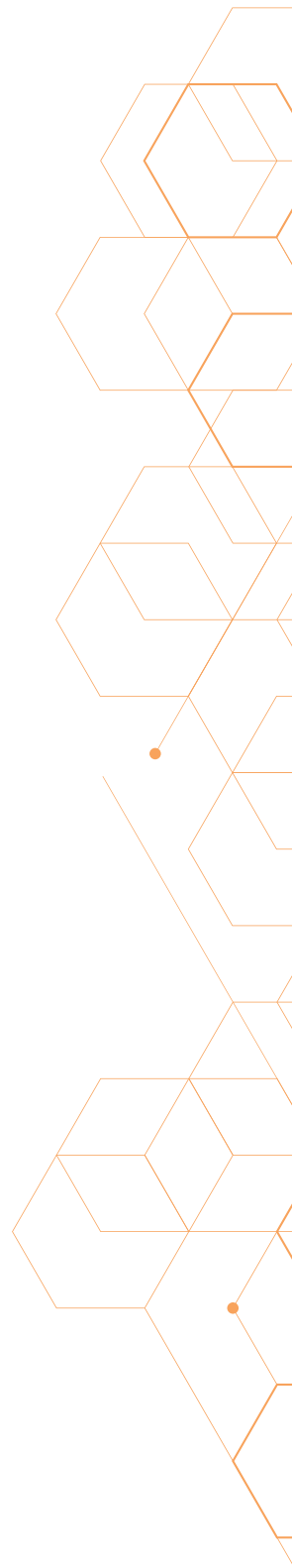
Este módulo apresenta os conceitos teóricos necessários para o entendimento e a caracterização dos cenários de risco, no âmbito do monitoramento e envio de alertas de desastres, com exemplos práticos que representam a rotina dos operadores da Sala de Situação do Cemaden. Muitos dos conceitos utilizados neste módulo são aplicados também em outras áreas temáticas ou, quando dentro do escopo de gerenciamento de risco a desastres, podem se referir a diferentes formas de análises que demandam adaptações por conta da escala de trabalho e das limitações relacionadas.

Assim sendo, é importante frisar que o intuito da parte teórica deste módulo é reforçar os conceitos apresentados ao longo deste curso para alinharmos o entendimento e, principalmente, entender como são aplicados no âmbito das análises feitas pelo Cemaden. Basicamente, vamos transitar entre os conceitos de “cenário de risco” e de todas as suas dimensões, especialmente para entender como é possível estimar e/ou calcular cada uma delas e os níveis de risco.

## Principais Conceitos

Dentro de um sistema de gerenciamento de risco de desastres, o conceito de cenário de risco pode ser caracterizado como: uma situação potencial (ainda não concretizada) em que há uma probabilidade de um determinado evento adverso com características bem definidas ocorrer, causando consequências/impactos a um sistema de interesse. Portanto, para que um cenário de risco seja bem definido, é fundamental que se tenha conhecimento de cada um destes elementos, definindo, assim, o escopo da análise.

Vamos começar pelo sistema de interesse, que pode ser entendido como o elemento, ou conjunto de elementos, que esteja exposto a algum tipo de ameaça/*hazard*; com limites geográficos/espaciais bem definidos



e que possua características sociais, físicas e/ou ambientais minimamente conhecidas. O sistema de interesse deve ser entendido como o objeto-alvo das análises de risco e poderá ser definido conforme o escopo e a escala com que se deseja trabalhar.

Como exemplos práticos de sistemas de interesse comumente avaliados, podemos ter um município, uma área de risco, uma estrada, um oleoduto, etc. No caso do monitoramento feito pelo Cemaden, os sistemas de interesses são definidos pelos municípios monitorados pelo centro, haja vista que os alertas são enviados com este direcionamento e abrangem esta escala de análise.

Ademais, todos os municípios monitorados possuem áreas de risco mapeadas dentro de seus territórios e que possuem características específicas conhecidas. Isto permite que, dependendo da situação, áreas de risco específicas sejam consideradas como um subsistema de interesse. Normalmente isso acontece em áreas de riscos mais isoladas e que podem ser impactadas por processos pontuais (não generalizados) e, quando isso acontece, essa informação aparece descrita como uma “especial atenção” no documento do alerta enviado pelo Cemaden.

De forma abrangente, o termo “evento adverso” refere-se a um fenômeno que possui características bem definidas que podem ser observadas e registradas (incluindo sua severidade e abrangência espacial), e que sua concretização cause algum tipo de dano. Trazendo para a temática de desastres, esse termo pode ser melhor compreendido como “ameaça” (no inglês, *hazard*), que seria um fenômeno (natural e/ou que sofre influências antrópicas) que possui potencial para causar consequências desagradáveis (Ministério das Cidades, 2007).

Embora existam diversos tipos de ameaças (*hazards*) que são analisados em diferentes partes do Brasil e do mundo, os que são de interesse do monitoramento feito pelo Cemaden são especificamente os fenômenos de natureza geo-hidrológica, tais como os movimentos de massa (principalmente os deslizamentos de terra, entre outros), e as inundações, enxurradas e ala-



gamentos, os quais dependem da chuva como agente deflagrador principal, isto é, como o “gatilho” principal.

**Observação:** existem abordagens de cenários multirriscos (que envolvem mais de um tipo de ameaça/*hazard* de forma combinada), mas vamos focar em explorar esse conceito sempre tomando como referência um único tipo de ameaça (por exemplo: deslizamentos de terra), o que demanda que todos os demais elementos conceituais estejam relacionados especificamente com esse tipo de fenômeno.

De forma geral, a probabilidade de ocorrência pode ser entendida como uma medida – quantitativa ou qualitativa – que representa a chance do evento adverso se concretizar, considerando sua severidade, magnitude ou área de abrangência. Por exemplo: no caso de deslizamentos de terra que acontecem no Brasil, isso pode ser entendido como uma função que depende fundamentalmente:

- » da suscetibilidade (características da encosta, tipo de solo, tipo de ocupação, interferência antrópica, etc.); e
- » do volume de chuva em um período de tempo, que será sempre comparado com os limiares críticos de precipitação **(ver Módulo VI, Curso 2)**.

Via de regra, quanto maior for a suscetibilidade de uma encosta e o volume de chuva acumulado, maior será a probabilidade de ocorrência.

Já as consequências podem ser entendidas como os impactos negativos causados no sistema de interesse, na situação em que o evento analisado se concretize. No caso de deslizamentos de terra, as consequências podem ser avaliadas de formas diferentes conforme a definição do sistema de interesse que está sendo analisado. Por exemplo: se o sistema de interesse for uma estrada, os impactos diretos podem ser a interrupção parcial (exemplo



de impacto de pequeno porte), total das faixas (exemplo de impacto de médio porte) ou mesmo o seu desabamento (exemplo de impacto de grande porte), que poderiam causar outros impactos subsequentes e relevantes para outros sistemas de interesse, tais como congestionamentos, perdas de vidas humanas, danos a veículos, etc.

Conforme mencionado anteriormente, na dinâmica do monitoramento feito pelo Cemaden, o sistema de interesse é definido por cada município monitorado e considerando, primordialmente, a população que vive em uma – ou várias – área(s) de risco. Desta forma, os impactos podem ser parcialmente inferidos pela quantidade de pessoas que poderão ser afetadas caso o evento geo-hidrológico venha a ocorrer, o que normalmente é quantificada pelo total de pessoas expostas ao risco em cada um dos setores mapeados (informação esta que pode ser encontrada nas pranchas da CPRM, por exemplo).

**Observação:** o termo “parcialmente” foi utilizado porque os impactos potenciais não dependem somente da quantidade de pessoas expostas, mas também das vulnerabilidades intrínsecas do sistema de interesse em particular que está sendo avaliado (ver Módulo IV deste curso).

Quando se compara diversas áreas de risco dentro de um mesmo território, o vetor exposição pode ser considerado como elemento comparativo e limitador desses impactos, mas que ainda dependerão de outros elementos para serem mais bem estimados.

A título ilustrativo, pense em duas áreas de risco onde haja exatamente o mesmo número de pessoas residindo. Considerando a mesma probabilidade de ocorrência e a magnitude dos deslizamentos que podem ser deflagrados, o impacto tende a ser maior na situação em que há maior vulnerabilidade social e infraestruturas mais precárias, bem como onde a percepção do risco e a capacidade de enfrentamento forem menores, dentre outros fatores.



## Exemplos de diferentes abordagens a partir de cenários de risco

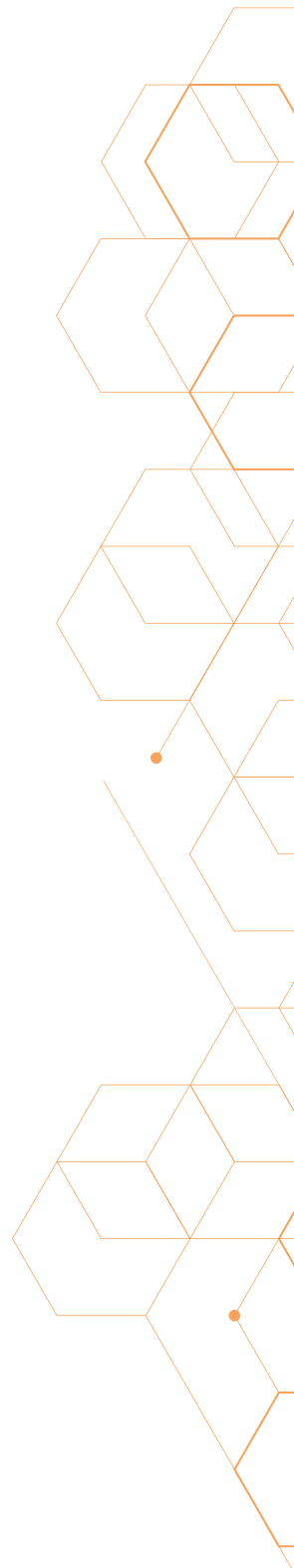
Este subitem apresenta alguns exemplos de definições de risco e suas respectivas dimensões, com o propósito de esclarecer como os cenários de risco são utilizados em diferentes tipos de análises e abordagens (que pode ser estática, dinâmica, regional, municipal, intramunicipal, dentre outras), mas focando naquela utilizada na dinâmica do monitoramento feito pelo Cemaden.

### No Sistema de Gestão de Riscos de Desastres

Dentre as diferentes definições do risco de desastres, pode-se dizer que todas se referem minimamente à condição em que o risco é uma função que depende da probabilidade de ocorrência da ameaça e de suas consequências. Portanto, os cenários de risco serão sempre baseados nestas duas dimensões, mas sabendo também que algumas abordagens permitem um desdobramento maior para aprofundar na caracterização de cada um destes elementos. Por exemplo, é comum ter-se definições que utilizam as consequências como impactos que dependem diretamente da vulnerabilidade; e que são inversamente proporcionais ao grau de gerenciamento de risco. Este é caso da definição apresentada pelo antigo Ministério das Cidades (2007), em que:

#### Equação 1

“Risco representa a probabilidade (P) de ocorrer um fenômeno físico ou ameaça (A), em local ou intervalo de tempo específicos e com características determinadas; causando consequências (C) às pessoas, bens ou meio ambiente, em função da vulnerabilidade (V) dos elementos expostos, podendo ser modificado pelo grau de gerenciamento (g).”



Nesse caso, é importante notar que o grau de gerenciamento é uma dimensão difícil de ser mensurada e subjetiva, além de provavelmente não sofrer grandes alterações de uma hora para outra, assim como a vulnerabilidade. Sob esta ótica, essa definição é mais usual para ilustrar como cada dimensão pode interferir dentro da problemática, ou mesmo quando o objetivo da análise de risco é ter um “retrato” mais amplo e estático que represente os diferentes contrastes de cenários de risco entre regiões, estados ou municípios brasileiros.

Seria possível, por exemplo, mensurar a probabilidade de ocorrência (P) de um tipo de desastre, como deslizamentos de terra (A), consultando o total de registros ao longo de um período e encontrando a média de eventos por ano. A vulnerabilidade (V) poderia ser uma função aproximada do IDHm, e o grau de gerenciamento (G) poderia ser mensurado a partir da existência ou não Sistemas de Monitoramento e Alerta, de Defesa Civil Estadual/Municipal, se há Planos de Contingência, sirenes, etc.

Esse tipo de análise poderia ser feito através de um índice composto que sintetizasse a relação matemática entre valores recebidos de cada uma das dimensões, ou mesmo cruzando classificações qualitativas, de modo que o resultado final demonstraria diferentes níveis de risco para cada uma das regiões, dos estados ou municípios avaliados.

Supondo que este exemplo fosse feito para um conjunto de municípios, o resultado final poderia ser representado na forma de uma tabela na qual cada município teria o seu risco quantificado e classificado, mas conhecendo também a composição de suas dimensões, estabelecendo diferentes cenários de risco entre os municípios.

Este resultado poderia ser utilizado para direcionar recursos e políticas públicas conforme cada um dos cenários de risco que foram encontrados (baixo, médio, alto, muito alto, por exemplo) e alinhados com as possíveis combinações encontradas entre suas dimensões.



Indo um pouco mais além nesse tipo de abordagem, a partir de então, novos cenários de risco poderiam ser também calculados, considerando algumas hipóteses para modificar as dimensões. Por exemplo: ao inserir a influência das mudanças climáticas na ocorrência de eventos extremos de chuva, seria possível inferir – de maneira aproximada – futuros cenários de risco mudando a probabilidade (P) de ocorrências de eventos de deslizamentos (A) considerando a intensificação do evento deflagrador (chuvas extremas).

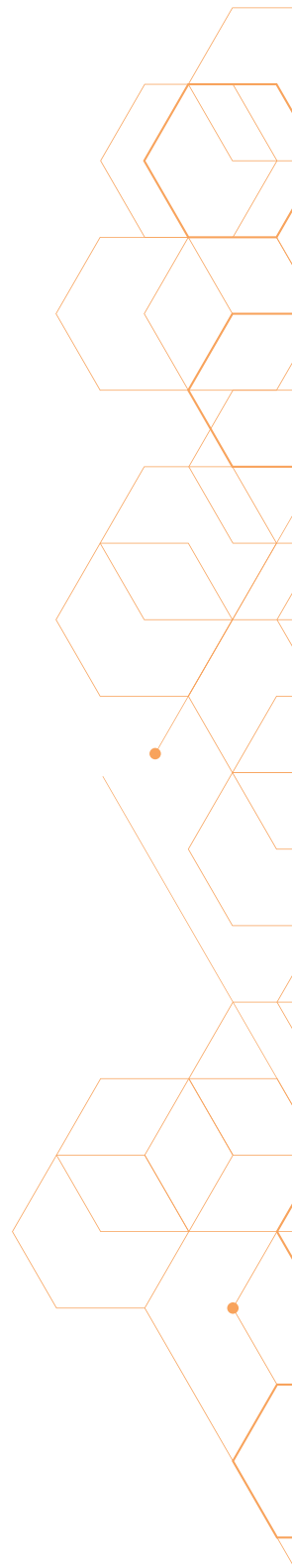
Importante ressaltar que este foi apenas um exemplo hipotético para diferenciar alguns tipos de abordagem encontrados na literatura, que nem sempre estão relacionadas à sistemas de envio de alertas antecipados.

## Em Sistemas de Monitoramento e Envio de Alertas

No que tange ao monitoramento e envio de alertas feito pelo Cemaden, a abordagem é diferente, tendo em vista que o monitoramento é feito em tempo real e cada cenário de risco encontrado pode deflagrar subsequentes ações entre os demais atores do sistema de gestão de risco (seja no nível federal ou local).

Pode-se dizer que a abordagem utilizada no monitoramento do Cemaden é dinâmica (pois se modifica com o passar dos minutos, horas e dias) e espacialmente variável entre os municípios monitorados – além de poder ser variável também de forma intramunicipal – pois os elementos utilizados dentro da análise, como a setorização das áreas de risco (instalado) – variam também para cada ponto do território.

Em outras palavras, os operadores da Sala de Situação do Cemaden adotam uma abordagem que considera o risco como uma função mais simples, e basicamente variável por conta da chuva acumulada e prevista, conforme a seguinte equação:



## Equação 2

No monitoramento feito pelo Cemaden, o foco é primeiramente direcionado para estimar a probabilidade de ocorrência (P) de um evento geo-hidrológico, tendo em vista que esta é a parte da equação que se tem mais capacidade de avaliar e é aquela que mais rapidamente varia com o tempo. Voltando a utilizar o exemplo de desastres causados por deslizamentos de terra para ilustrar, a avaliação da probabilidade de deflagração de deslizamentos de terra em um determinado município (que podem ser pontuais, esparsos ou generalizados) considera os valores dos respectivos limiares críticos como referência fundamental (**ver módulo VII do curso 2**).

Desta forma, a probabilidade de ocorrência (P) deve ser estimada para cada cenário de severidade/magnitude da ameaça avaliado. No exemplo de deslizamentos de terra, calcula-se as chances de os respectivos limiares serem ultrapassados a partir do cenário meteorológico definido pela chuva pretérita (já registrada), atual (no momento da análise) e a previsão para os momentos seguintes (minutos, horas ou dias, dependendo da situação).

**Reforçando:** cenários de risco são estabelecidos para cada tipologia de desastre e considerando diferentes níveis de severidade/magnitude da respectiva ameaça. Portanto, o ponto de partida para o cálculo da probabilidade de ocorrência (e, posteriormente, do impacto potencial) é dividir as análises por cenários de severidade/magnitude da ameaça analisada.

Imagine, por exemplo, que estivéssemos avaliando os cenários de risco de furacões para uma ilha na América Central. Não bastaria saber a probabilidade de um furacão atingir essa ilha, pois furacões podem ter diferentes níveis de severidade e os impactos subsequentes dependem fundamentalmente destas características. Conhecendo as características socioeconômicas e de infraestrutura dessa ilha, seria possível termos a condição hipotética em que as cidades que fossem preparadas o suficiente para receber um furacão de classe 1 (severidade baixa), mas que fossem extremamente vulneráveis para furacões de classe 4 ou 5. Desta forma, as análises proba-

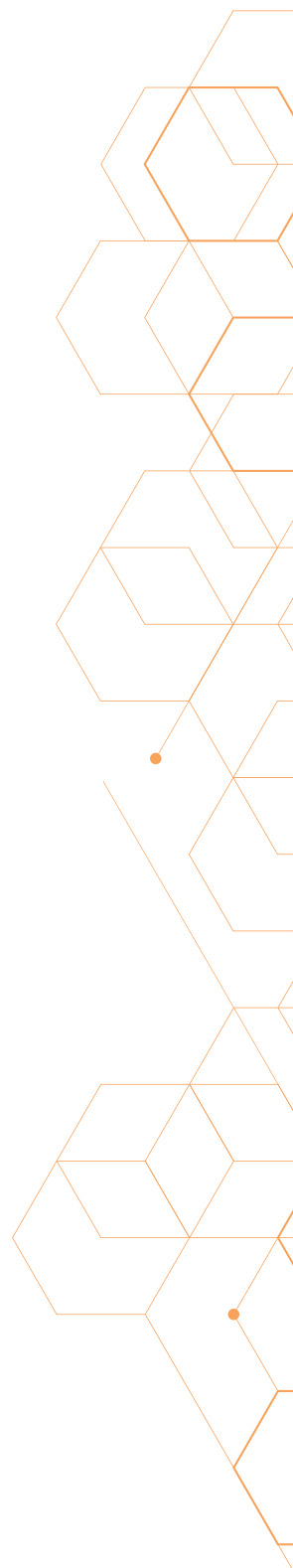


bilidades de ocorrência incorporadas por Sistemas de Alertas Antecipados (Early Warning System) não podem ser apenas relacionadas à chance de um furacão qualquer passar pelo território analisado, mas, sim, de um furacão classe 1, classe 2, classe 3 e assim por diante.

No caso do Cemaden, as análises são focadas para os eventos geo-hidrológicos. Para deslizamentos de terra, os cenários devem ser construídos a partir das probabilidades de os acumulados de precipitação ultrapassarem os limiares que definem a deflagração de eventos i) pontuais, ii) esparsos e iii) generalizados.

Para os cenários de risco de inundações, a probabilidade de ocorrência pode ser estimada considerando como referência as condições limites que caracterizem inundações de pequeno, médio e grande porte, por exemplo. Portanto, para inferir a probabilidade de ocorrência, seja para eventos de movimentos de massa ou processos hidrológicos, os operadores da Sala de situação do Cemaden utilizam fundamentalmente os seguintes tipos e fontes de informação:

- » dados diretamente observados de precipitação, especialmente os acumulados registrados pela rede de pluviômetros do Cemaden (atualizados a cada 10 minutos) e instituições parceiras (com atualização horária);
- » dados observados (indiretamente) de precipitação que são frutos de outros produtos, tais como o acumulado estimado pelo radar meteorológico, Hidroestimador, MERGE (CP-TEC/INPE), dentre outros;
- » previsões meteorológicas para momentos futuros ao da análise (minutos, horas ou dias) que podem se basear em diferentes elementos como: inferência da precipitação a partir da evolução das imagens de radares meteorológicos; previsões numéricas/nowcasting, câmeras de vídeo em tempo real; descargas elétricas; expertise do meteorologista, etc.



**Importante:** no monitoramento feito pelo Cemaden, os dados observados de precipitação e a previsão meteorológica são consideradas apenas como o mínimo que deve ser consultado para a definição dos cenários de risco. Os especialistas que avaliam cada tipologia de risco (relacionada aos movimentos de massa ou a processos hidrológicos) podem também consultar dados adicionais, que vão depender do tipo de processo avaliado e da disponibilidade, naquele momento, e na localidade de interesse.

No caso dos processos hidrológicos, os dados fluviométricos são fundamentais para uma avaliação mais profunda e assertiva do cenário de risco, especialmente para estabelecer as condições iniciais da análise e, então, mensurar a probabilidade de ocorrência do evento hidrológico de interesse, por exemplo, de uma inundação de pequeno porte. Outras informações que colaboram para estas análises são: régua de marés, níveis dos reservatórios, medidores de vazão, entre outros.

Já na avaliação dos cenários de risco relacionados aos movimentos de massa, o Cemaden também disponibiliza outras fontes de informações que podem ser importantes para a determinação dos cenários de risco e as subsequentes tomadas de decisão. Em alguns municípios monitorados há sensores geotécnicos que medem a umidade do solo em diferentes profundidades. Em outras localidades, sensores de Estações Totais Robotizadas podem ser eventualmente utilizados para medir deslocamentos de massa de solo através de pequenas alterações detectadas pela movimentação dos prismas de referência.

Além disso, durante a evolução dos cenários de risco, especialmente durante a vigência de uma alerta, os registros de ocorrências e informações vindas de campo (no local) também podem trazer informações adicionais a respeito de evidências que corroborem para a estimativa da probabilidade de um evento ainda mais severo ocorrer, além de ser fundamental para entender mais profundamente a relação dos eventos já deflagrados com os impactos potenciais associados (que é o tema explorado a seguir).



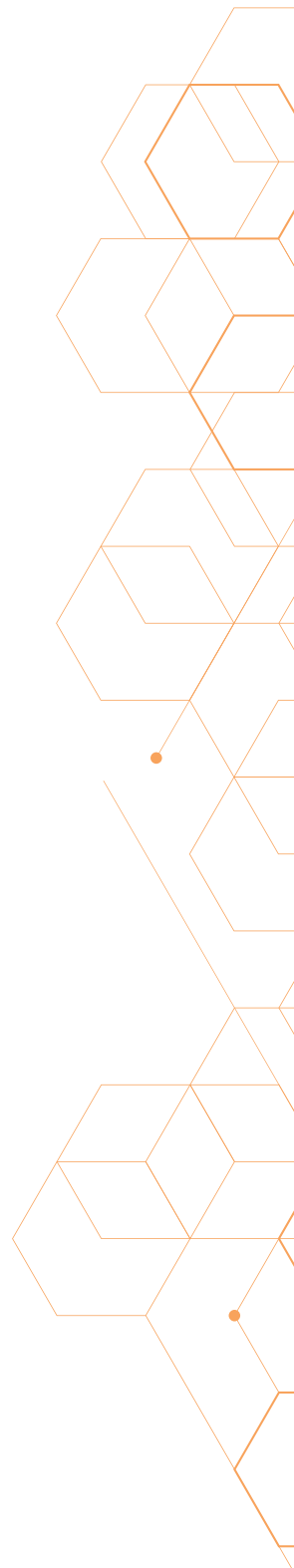
A segunda parte do termo à direita da equação 2 refere-se às consequências (C), sendo ela uma função da vulnerabilidade (V). Para a construção dos cenários de risco utilizados pelo Cemaden, essa parte da equação é entendida de maneira análoga, mas utiliza-se o conceito de impactos potenciais.

Nesse caso, os impactos potenciais representam perdas de vidas e prejuízos econômicos que podem vir a acontecer caso a ameaça (eventos geo-hidrológicos), com severidade/magnitude previamente definida, se concretize em uma determinada área (uma bacia hidrográfica, município, bairro, área de risco, etc.). Essa análise do impacto potencial depende basicamente do conhecimento prévio, ou inferência, de dois componentes:

- » da quantidade de pessoas e/ou elementos expostos à ameaça analisada, naqueles(s) território(s) de interesse; presumindo a concretização da ameaça com respectivo nível de magnitude/severidade previamente definido;
- » das vulnerabilidades locais (socioeconômicas, estruturais, etc.) das áreas expostas ao risco e que estão sendo analisadas.

## Matriz de Risco

A partir do conhecimento de todas as informações que foram apresentadas neste item (a respeito da probabilidade de ocorrência e dos impactos potenciais) e tomando como base à Equação 2, seria possível combinar as duas análises e inferir os níveis de risco. Normalmente, essa etapa é direcionada por uma Matriz de Risco, que direciona a definição de níveis de risco a partir do cruzamento de classificações qualitativas de suas duas dimensões, conforme apresentado na Figura 5.



EXEMPLOS DE CATEGORIAS DE RISCO	Probabilidade	Impacto Potencial				
		Muito Baixo (Desprezível)	Baixo (Marginal)	Médio (Moderado)	Alto (Crítico)	Muito Alto (Extremo)
MUITO ALTO						
ALTO	Muito Alta (Quase certa)	Verde	Amarelo	Laranja	Vermelho	Vermelho
MODERADO	Alta (Provável)	Verde	Amarelo	Amarelo	Laranja	Vermelho
BAIXO	Moderada (Possível)	Verde	Verde	Amarelo	Laranja	Laranja
	Baixa (Improvável)	Azul	Verde	Verde	Amarelo	Laranja
MUITO BAIXO	Muito Baixa (Rara)	Azul	Azul	Verde	Verde	Amarelo

Figura 5: Exemplo de uma Matriz de Risco hipotética. Fonte: Elaborado pelo autor

A matriz de risco deve ser entendida como uma ferramenta que norteia os tomadores de decisão, levando em consideração níveis de risco classificados previamente. No exemplo da Figura 5, foram utilizadas cinco classes de risco: muito baixo, baixo, moderado, alto e muito alto, representadas pelas cores azul, verde, amarelo, laranja e vermelho, respectivamente.

O eixo vertical indica níveis de probabilidade de ocorrência do tipo de ameaça/hazard que se deseja avaliar (ex: inundações bruscas de pequeno porte, deslizamentos de terra generalizados, etc.), enquanto o eixo horizontal refere-se a categorias de impacto potencial, que deve ser estimado considerando o nível de exposição e as vulnerabilidades à respectiva ameaça e sua severidade.

Tomando-se como base a matriz apresentada na Figura 5, é possível notar que um mesmo nível de risco pode ser determinado por diferentes combinações entre a probabilidade de ocorrência e o impacto potencial. Por exemplo, o nível de risco “moderado” pode ser encontrado na condição em

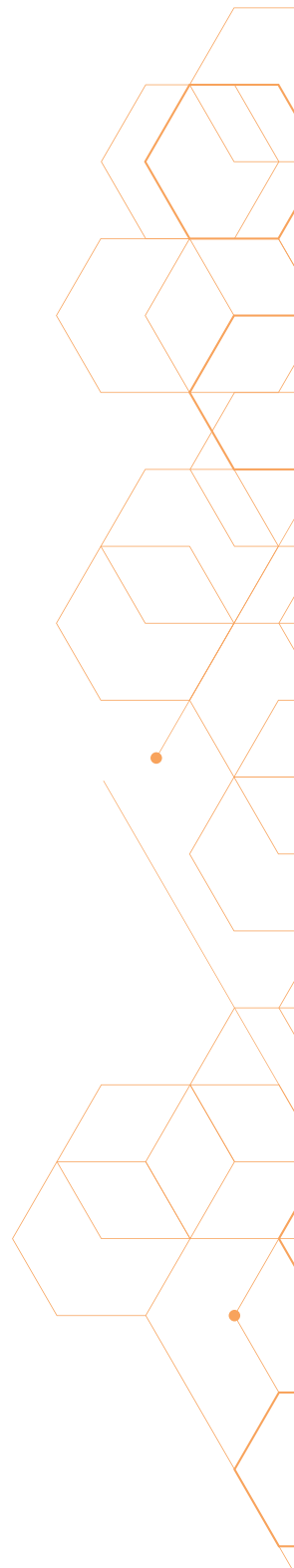
que um evento de impacto potencial médio tenha moderada probabilidade de acontecer, mas também quando um evento de alto impacto potencial tenha baixa probabilidade, entre outras.

É importante ter este tipo de observação para desapegarmos do uso comum do conceito de “risco” como sinônimo de probabilidade, fato este que – pela tabela – fica evidente que nem sempre é verdade. Na prática de ações de Gerenciamento de Risco a Desastres, os níveis de risco servem para direcionar ações de Defesa Civil que acontecem no nível local. E é por esta razão que os conceitos são combinados, tendo em vista que em cenários em que as consequências podem ser maiores e mais preocupantes, é plausível assumir maiores incertezas quanto à sua concretização (ou seja, menor probabilidade de ocorrência) visando antecipar ações que minimizem os impactos que podem vir a ocorrer.

Nos próximos itens falaremos especificamente da matriz de risco utilizada pelo Cemaden e das ações de Defesa Civil esperadas para cada nível de risco alertado. Por enquanto, vale dizer que nos cenários de risco “muito baixo” e “baixo” normalmente não há deflagração de nenhuma ação operacional de DC. Nesses casos, mantém-se o estado de normalidade e acompanhamento das condições geológico-geotécnicas, hidrológicas e meteorológicas.

Do cenário de risco “moderado” até o “muito alto”, o nível de mobilização vai aumentando diretamente e as ações de Defesa Civil vão se tornando cada vez mais importantes. Exemplos de ações que são normalmente deflagradas vão desde colocar as equipes municipais de prontidão e ativar Planos de Contingência, a preparação de abrigos, evacuação das áreas de risco, dentre outras.

Desta forma, é de total importância que os níveis de risco utilizados para a confecção de uma Matriz de Risco estejam alinhados com as ações de Defesa Civil que acontecem no nível local, e vice-versa, para garantir que estas ações consigam ter a antecipação e eficiência necessárias previstas para cada cenário.



Além disso, é ideal que também sejam considerados os aspectos inerentes aos sistemas de monitoramento e à escala de análise em que a matriz será utilizada, deixando-a com características que sejam mais ou menos conservadoras, conforme as limitações e potencialidades do sistema em que está inserida.

Isto é, quanto menor for o conhecimento dos processos físicos avaliados (ameaças/*hazards*), de suas interações com os sistemas sociais, econômicos e ambientais (vulnerabilidades e níveis de exposição) e quanto maior for a incerteza associada aos dados e às variáveis utilizados na análise, mais conservadora pode ser a Matriz de Risco, sendo a situação oposta também verdadeira.

**Observação:** Não se preocupe, pois os próximos itens apresentam detalhes sobre cada um dos principais elementos utilizados na construção dos cenários de risco e as fontes de informação que podem ser consultadas, quando ficará mais fácil de entender quais são as incertezas e limitações inerentes a este tipo de análise. Por enquanto, o objetivo é deixar claro que os cenários de risco podem ser estabelecidos de diferentes formas, e que estas observações devem ser consideradas para tal.

Para ajudar nesse entendimento, note que o maior nível de risco (“muito alto”, em vermelho) apresentado na matriz da Figura 1 pode ser encontrado em três situações distintas, sendo que, em uma delas, o nível de impacto está definido na categoria “alto”.

Em teoria (seguindo a Equação 2), o maior risco possível seria na situação em que a probabilidade do evento se concretizar fosse quase certa (muito alta) e o impacto potencial fosse extremo (muito alto), que seria o retângulo no extremo superior direito da matriz. No entanto, na prática do gerenciamento de risco à desastres, a inferência destas dimensões (e consequentemente do risco) não deve ser observada como uma área da ciência exata, pois muitos são os fatores que influenciam na análise de probabilidade e do impacto potencial, sendo que muitos destes possuem incertezas associadas.



Portanto, para a matriz hipotética apresentada na Figura 5, a estratégia de classificar categorias de risco de forma mais ampla poderia ser utilizada em casos nos quais a análise de risco demandasse ser mais conservadora. Esta poderia ser uma estratégia aplicada, por exemplo, em sistemas municipais de monitoramento e alerta de cidades com muitas pessoas expostas e com complexos e dinâmicos processos socioambientais e intraurbanos que dificultam o conhecimento e mapeamento dos riscos existentes, mas que houvesse bons investimentos para Defesa Civil.

Assim, havendo mais equipes e recursos disponíveis, algumas ações poderiam ser tomadas com maior frequência e antecipação, na expectativa de que, no médio e longo prazo, os impactos pudessem ser minimizados, sobretudo garantindo a salvaguarda de vidas humanas. Nestes casos, os “falsos alertas” são mais compreensíveis de serem entendidos, pois o preço a se pagar pela não atuação em situações como esta pode ser muito alto (perda de muitas vidas humanas).

**Importante:** Sempre há vantagens e desvantagens em escolher estratégias mais ou menos conservadoras. No exemplo anteriormente mencionado (matriz mais conservadora), alertas de nível “muito alto” poderiam ser enviados mesmo em situações em que o cenário de maior impacto não viesse a se concretizar (como na combinação que considera impacto “alto”).

Ou seja, neste caso hipotético, seria esperado que, eventualmente, planos de evacuação e retirada de pessoas em áreas de risco fossem acionados de forma antecipada, mas que, posteriormente ao evento, não fossem observados processos físicos de grande severidade para justificá-las.

Nesses casos, para que os alertas não entrem em descrédito, seria fundamental que a população estivesse envolvida e bem treinada aos planos de contingência, na expectativa de aumentar a percepção dos riscos com que convivem e reforçar que o objetivo fundamental das ações de Defesa Civil é protegê-los e salvar vidas.



Por outro lado, a situação oposta também é possível. Caso a estratégia fosse menos conservadora, a matriz poderia ser ajustada para limitar os níveis de risco aos níveis de impacto potencial, conforme apresentado a seguir:

EXEMPLOS DE CATEGORIAS DE RISCO

	Probabilidade	Impacto Potencial				
		Muito Baixo (Desprezível)	Baixo (Marginal)	Médio (Moderado)	Alto (Crítico)	Muito Alto (Extremo)
MUITO ALTO						
ALTO	Muito Alta (Quase certa)	Alto	Moderado	Moderado	Alto	Muito Alto
MODERADO	Alta (Provável)	Alto	Moderado	Moderado	Alto	Moderado
BAIXO	Moderada (Possível)	Alto	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
	Baixa (Improvável)	Alto	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
MUITO BAIXO	Muito Baixa (Rara)	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo

Figura 6: Outro exemplo de uma Matriz de Risco hipotética, menos conservadora. Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse caso, ilustrado pela composição da matriz da Figura 6, o foco seria atuar quando houvesse maior certeza dos impactos que estão por vir (note que não existem níveis de riscos que sejam menores ao nível de impacto potencial). Porém, no médio e longo prazo, haveria maior possibilidade das ações de Defesa Civil eventualmente falharem e não terem a antecipação e efetividade necessária para mitigar os impactos em situações mais críticas, pois se limitariam a serem deflagradas apenas em situações muito próximas da iminência dos desastres.

Nesses casos, os “falsos alertas” tenderiam a ser menores quando comparados com o exemplo anterior, e a mobilização da Defesa Civil aconteceria menos frequentemente. Este exemplo poderia se encaixar melhor em

situações em que os recursos alocados para Defesa Civil fossem menores (equipes reduzidas, poucos veículos, etc.), e os cenários de risco instalado no município não sofressem muitas alterações de um ano para outro (fiscalização eficiente, planejamento urbano adequado, etc.).

## Estabelecendo Cenários de Risco na rotina operacional do Cemaden

Este tópico explica como são aplicados os conceitos apresentados anteriormente dentro da rotina operacional da Sala de Situação do Cemaden, incluindo as adaptações necessárias, as premissas consideradas, as fontes de informação consultadas e as limitações envolvidas.

Importante começar reforçando que, atualmente, são mais de 1000 municípios prioritários monitorados pelo Cemaden, espalhados por todas as regiões e estados brasileiros, caracterizando uma grande quantidade de combinações entre contextos distintos relacionados tanto aos fatores deflagradores (induzidos e naturais) dos desastres monitorados quanto das vulnerabilidades; nível de exposição da população e capacidades de enfrentamento, preparação e resposta. Isto implica diretamente nas estratégias adotadas para o monitoramento e envio de alertas, tendo em vista que a metodologia utilizada há de ser a mesma para todos os casos e, portanto, deve considerar aspectos que sejam minimamente atendidos em todos eles.

## Matriz de Risco e Níveis de Alerta do Cemaden

Primeiramente vamos apresentar a matriz de risco utilizada pelo Cemaden (Figura 7), considerando que ela representa a síntese de toda a análise que será apresentada nos próximos itens e que define os níveis de alerta.



EXEMPLOS DE CATEGORIAS DE RISCO	Probabilidade	Impacto Potencial		
		Médio (Moderado)	Alto (Crítico)	Muito Alto (Extremo)
MUITO ALTO				
ALTO	Muito Alta (Quase certa)	Moderado	Alto	Muito Alto*
MODERADO	Alta (Provável)	Moderado*	Alto*	Alto
OBSERVAÇÃO	Moderada (Possível)	Observação	Moderado	Moderado

Figura 7: Matriz de Risco utilizada pelo Cemaden e os respectivos níveis de alertas. Fonte: Elaborado pelo autor

Mesmo havendo diferentes combinações para um mesmo nível de risco, os especialistas da Sala de Situação do Cemaden sempre enviam os alertas considerando o tipo de evento mais provável de acontecer, que estará relacionado à uma categoria de impacto específica para o município analisado. Ou seja, na prática, os alertas são normalmente enviados nas condições destacadas com asterisco (\*), pois as demais condições que estabelecem o mesmo nível de alerta possuem menor probabilidade de concretização e, conforme vão se tornando mais ou menos prováveis, podem caracterizar novos cenários de risco e, assim, os alertas são atualizados.

**Explicando melhor:** note que um mesmo nível de risco (no caso, “moderado” e “alto”) pode ser encontrado em diferentes cenários. No entanto, é preciso lembrar que, para um mesmo tipo de ameaça, a probabilidade de ocorrer um evento mais severo será sempre menor que a probabilidade de um evento mais brando. Por exemplo, quando houver alta probabilidade de eventos pontuais / pequeno porte acontecer, é esperado que a probabili-

dade de eventos esparsos / médio porte seja menor (moderada, por exemplo). Note na Figura 8 que os casos com mesma numeração se referem a situações que acontecem, aproximadamente, ao mesmo tempo. Ou seja, quando se envia um alerta moderado, é provável – ou quase certo – que ocorram impactos pequenos e moderados, mas também é possível, sob um nível de probabilidade menor, que impactos maiores (alto ou muito alto), eventualmente venham a ocorrer. Estas são as situações indicadas pelas numerações “1” e “2”, mas que também acontecem nos casos sinalizados pelo número “4” com alerta de nível “Alto”.

EXEMPLOS DE CATEGORIAS DE RISCO	Probabilidade	Impacto Potencial		
		Médio (Moderado)	Alto (Crítico)	Muito Alto (Extremo)
MUITO ALTO				
ALTO	Muito Alta (Quase certa)	Moderado <b>2</b>	Alto <b>4</b>	Muito Alto* <b>5</b>
MODERADO	Alta (Provável)	Moderado* <b>1</b>	Alto* <b>3</b>	Alto <b>4</b>
OBSERVAÇÃO	Moderada (Possível)	Observação <b>0</b>	Moderado <b>1 ou 2</b>	Moderado <b>2</b>

Figura 8: Matriz de risco com destaque para as situações que podem acontecer praticamente ao mesmo tempo, sinalizadas quando possuem a mesma numeração. Fonte: Elaborado pelo autor.

O cenário de risco para o nível “Moderado” do alerta normalmente está relacionado a ameaças pontuais e de pequeno porte (deslizamentos pontuais, enxurradas de curta duração e baixo poder de arrasto, alagamentos pontuais ou breve extravasamento de córregos), que podem causar impactos moderados à população.

No entanto, dependendo da grande quantidade de pessoas expostas ao risco e do alto nível de vulnerabilidade da população de um município, esses mesmos eventos de menor severidade (pontuais/pequeno porte) podem vir a causar impactos mais significativos (alto ou muito alto). Para estes casos, o cenário de risco moderado considera que a probabilidade para impactos dessa magnitude (alta e muito alta) seja moderada (maior incerteza que os demais mencionados anteriormente).

Ou seja, para uma situação que os impactos esperados sejam pequenos, é possível aguardar mais evidências e enviar este alerta com menos antecedência, pois boa parte dos impactos de pequeno porte podem ser absorvidos pela população sem maiores transtornos.

Por outro lado, nos municípios com muita população exposta em condições de alta vulnerabilidade, mesmo eventos pontuais e de pequeno porte podem causar impactos maiores e, nestes casos, espera-se que essa antecedência do alerta também seja maior, mesmo com mais incertezas. Na prática, tanto em um caso quanto no outro, as ações de Defesa Civil sugeridas para alertas de nível “Moderado” são aquelas previstas no Plano de Contingência, tais como: sobreaviso das equipes municipais, etc.

O cenário de risco contido nos alertas de nível “Alto” normalmente é caracterizado por ameaças/*hazards* esparsos e/ou de médio porte (deslizamentos ou alagamentos esparsos; enxurradas mais duradouras e com moderado potencial de arrasto; maior ou mais duradouro extravasamento de córrego/rios, etc.) e que podem causar um alto impacto na população. Nestes casos, recomendam-se as ações previstas no Plano de Contingência Municipal e demais ações previstas neste, tais como: verificação local nas áreas de risco, acionamento dos órgãos locais de apoio, preparação de abrigos e rotas de fuga etc.

Nota-se que a matriz de risco utilizada pelo Cemaden prevê apenas uma situação possível para que o alerta de maior criticidade, “Muito Alto”, seja estabelecido. O cenário de risco estabelecido ocorre somente na situação



em que há muitas evidências da concretização da ameaça/*hazard* avaliado (probabilidade “muito alta”), **normalmente** caracterizado por eventos generalizados e/ou de grande porte (deslizamentos, alagamentos e enxurradas generalizados; corridas de detritos, corridas de lama, inundações de grandes áreas e/ou com cota muito elevada, etc.) e que possam causar grandes impactos na população.

Nesse nível, recomendam-se aos órgãos municipais de proteção e Defesa Civil as ações previstas no Plano de Contingência Municipal, tais como:

- » ir a campo verificar de evidências nas áreas de risco;
- » acionamento de sistema de sirenes;
- » possibilidade de desocupação das áreas de risco;
- » deslocamento das equipes de resposta para as proximidades das áreas de risco, etc.

Com isso, de modo geral, sabemos como os níveis de alertas podem ser estabelecidos e quais os principais tipos de cenários de risco esperados para cada caso. No entanto, ainda falta explicarmos que tipos de informações mais específicas compõem esses cenários, como essas informações podem ser acessadas e como elas são inseridas dentro do alerta propriamente dito. Estes são os temas dos próximos subitens desta unidade.

## Avaliação do Nível de Probabilidade de Ocorrência

A probabilidade de ocorrência é um parâmetro que depende fundamentalmente do tipo de evento que pode ser deflagrado. Conforme já mencionado, não basta querermos calcular a probabilidade de ocorrência de



um fenômeno físico qualquer que possa causar prejuízos, mas, sim, de um fenômeno que possua características definidas como seu alcance, área de abrangência, magnitude e/ou severidade.

Para os eventos geo-hidrológicos monitorados pelo Cemaden, é usual dividir estas categorias em eventos pontuais e/ou de pequeno porte, esparsos e/ou médio porte, generalizados e/ou grande porte e utilizar de limiares críticos que possuam correlação com sua deflagração. Isto é, estes limiares podem ser entendidos como condições limites que, quando ultrapassados, representam uma grande probabilidade daquele evento, com as determinadas características, acontecer.

**Reforçando:** Embora seja comum utilizarmos limiares baseados em valores de precipitação acumulada para exemplificar, estes limiares também podem ser valores de umidade do solo, cotas fluviométricas, intensidade da chuva, entre outros (embora todos eles sejam dependentes, direta ou indiretamente, da chuva).

Partindo do pressuposto que estes limiares sejam sempre conhecidos, é importante ressaltar que os eventos geo-hidrológicos monitorados pelo Cemaden dependem, de uma forma ou de outra, da chuva para serem deflagrados. Isto é, o acumulado de precipitação (já observado/registrado e futuro/previsto) é o elemento principal a ser analisado, seja na forma de um dado de entrada para modelos geo-hidrológicos ou, principalmente, como referência direta para avaliar o quão próxima a situação, naquele momento da análise, se encontra para alcançar as condições limites (limiares).

No caso dos movimentos de massa, esta relação é sempre feita de forma direta, pois os limiares críticos normalmente são valores de acumulados a serem alcançados em determinados intervalos de horas ou dias. Há outras análises que podem ser feitas em paralelo (**Aula 6.5, do Módulo VI, Curso 2**), e que levam em consideração outros parâmetros importantes para a melhor representação do cenário de risco, mas o intuito aqui é reforçar que a análise de probabilidade de ocorrência de movimentos de massa



feita pelo Cemaden se debruça fundamentalmente no conhecimento dos dados de precipitação. Já para os eventos hidrológicos, essa relação pode ser maior ou menor conforme o evento analisado. Dependendo da localidade, alguns destes processos são melhor representados por variáveis hidrológicas (vazão, cotas fluviométricas, etc.) do que outros, o que pode definir um papel secundário para análise da chuva propriamente dita.

De qualquer forma, para avaliar a probabilidade de ocorrência é necessário ter conhecimento do cenário estabelecido pelo parâmetro avaliado (seja os acumulados de precipitação ou os demais, como umidade do solo, por exemplo) em três momentos distintos: passado, momento da análise e futuro. Para que isso seja possível, os operadores da Sala de Situação do Cemaden devem consultar diferentes fontes de informação para cada um destes horizontes temporais, com o objetivo de estabelecer níveis de probabilidade a partir da quantidade e qualidade de evidências que sugerem que a condição limite analisada será ultrapassada.

Estas fontes de informação podem variar conforme o parâmetro de referência escolhido (chuva, umidade do solo, cotas fluviais, etc.). Porém, considerando que a chuva sempre tem uma relevância nas análises, vamos seguir com os exemplos de fontes de informação utilizadas para analisar os acumulados de precipitação, como o que acontece na avaliação de eventos de movimentos de massa. Neste caso, as fontes de informações consultadas estão descritas a seguir:

**Chuva pretérita** (dados observados): pluviômetros do Cemaden e de instituições parceiras (baixa incerteza); acumulados de radar (moderada incerteza), outras ferramentas que combinam dados satelitais (alta incerteza), etc.

**Chuva incidente** (dados observados e inferência): pluviômetros e radares do Cemaden (baixa e moderada incerteza, dependendo do atraso); Redemet (alta incerteza); inferência através dos dados de descargas elétricas (alta incerteza), câmeras de vídeo (alta incerteza), avisos meteorológicos de outras instituições (incerteza variável);



**Chuva futura** (previsão meteorológica): nowcasting ou previsão de curtíssimo prazo (baixa ou média incerteza), modelagem numérica de rodadas anteriores (média ou alta incerteza, dependendo da localidade e horizonte temporal consultado);

Análise meteorológica feita pelos meteorologistas responsáveis pelo turno (incerteza variável, mas pode ser preponderante sob as demais), avisos meteorológicos de outras instituições (incerteza variável).

**Importante:** esta listagem deve ser considerada apenas uma referência, pois nem sempre todas as fontes de informação são consultadas ou disponibilizadas, além de que as incertezas associadas podem ser variáveis por diversos fatores técnicos relacionados.

Considerando todo este conjunto de informações disponíveis, os especialistas do Cemaden podem classificar/estimar o nível de probabilidade de forma qualitativa, combinando a quantidade de evidências disponíveis e suas incertezas. Pode-se dizer que, de maneira aproximada, a classificação dos níveis de probabilidade de ocorrência se refere às seguintes condições:

**Moderada Probabilidade (“possível”):** quando houver pelo menos uma fonte de informação indicando que o limiar será ultrapassado, considerando pelo menos um dado observado – de baixa ou média incerteza – na análise. Ou, se não houver qualquer dado observado registrado, espera-se que algumas (mais do que uma) fontes de informação indiquem que o limiar de referência será alcançado;

**Alta Probabilidade (“provável”):** quando houver algumas (mais do que uma) fontes de informação indicando que o limiar será ultrapassado, considerando pelo menos um dado observado de baixa incerteza (pluviômetros) na análise. Ou, se não houver dado observado registrado ou disponível no momento, espera-se que a maioria das fontes de informação indiquem a condição do limiar ser alcançado;



**Muito Alta Probabilidade (“quase certo”):** quando a maioria das fontes de informação indicar que o limiar será ultrapassado, considerando pelo menos um dado observado de baixa incerteza (pluviômetros) na análise. Ou, se não houver qualquer dado observado de baixa incerteza registrado ou disponível no momento, espera-se que quase todas (ou todas) as fontes de informação indiquem a condição do limiar ser alcançado.

A Figura 9 ilustra uma situação hipotética que colabora para o entendimento geral do que foi exposto anteriormente, considerando diferentes fontes de informações que podem ser consultadas para obter os dados do acumulado pretérito (linha preta contínua, pluma cinza), no momento da análise (linha preta tracejada, pluma em amarelo), e futuro (linhas pontilhadas coloridas, pluma em azul claro).

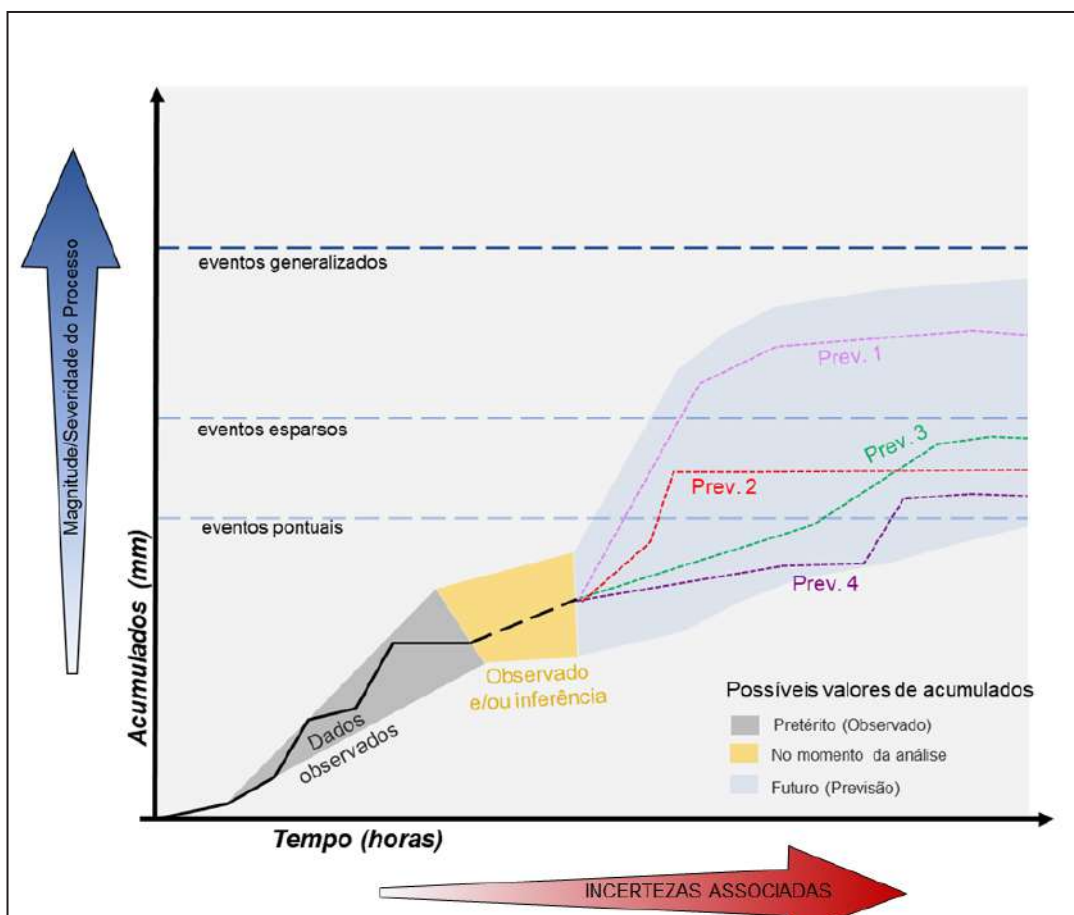


Figura 9: Exemplo de uma situação hipotética em que a análise de probabilidade depende de limiares críticos de precipitação (linhas tracejadas em azul). Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste exemplo, considere que as fontes de informações para a previsão dos acumulados (linhas pontilhadas coloridas) podem ser resultadas de modelos meteorológicos convencionais, nowcasting (previsão de curtíssimo prazo) ou mesmo a análise feita por um meteorologista.

Ao considerar os dados já observados e sua dispersão (definida pelos limites superiores e inferiores da pluma em cinza e em amarelo), note que em praticamente todas as situações possíveis o limiar para eventos pontuais será ultrapassado, o que define um nível alto ou muito alto de probabilidade deste limiar ser alcançado.

Note que para o caso de eventos esparsos esta probabilidade é nitidamente menor (seria possível, porém não provável), enquanto para eventos generalizados a probabilidade é praticamente nula.

Importante esclarecer que estas referências dos níveis de probabilidade considerando a quantidade e qualidade das informações disponíveis servem apenas para balizar, em linhas gerais, os procedimentos adotados pelos operadores da Sala de Situação do Cemaden. Na prática, os especialistas de geodinâmica e de hidrologia vão interpretando os dados disponíveis e consultando os meteorologistas a respeito das chances de os limiares serem ultrapassados.

Assim, a análise feita pelos meteorologistas pode ser preponderante sobre qualquer outra fonte de informação, pois existem diversas limitações dos dados observados e das previsões numéricas que somente os meteorologistas poderão identificar e interpretar. Adicionalmente, a experiência dos operadores permite identificar situações em que haja dados suspeitos e também priorizar novas fontes de informação mais acuradas que estejam disponíveis (por exemplo, algum repasse feito pela Defesa Civil) em detrimento de outras que sejam de pior qualidade, o que demanda que a definição dos níveis de probabilidade seja flexível conforme a situação observada no particular momento de análise.



# Produtos institucionais que podem colaborar na inferência da probabilidade de ocorrência dos eventos geohidrológicos

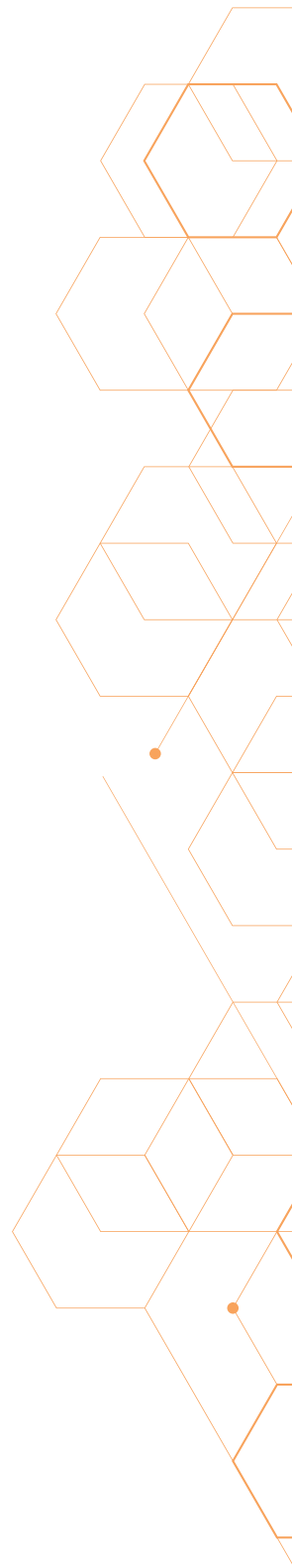
## Avisos Meteorológicos

Os avisos meteorológicos são enviados pelas instituições de meteorologia para informar a probabilidade de ocorrência de algum fenômeno intenso, como chuva, ventos, raios, granizo, temperaturas extremas e baixa umidade, entre outros.

Os avisos meteorológicos usualmente são elaborados com base nas previsões emanadas de modelos numéricos, que realizam previsões de tempo para vários dias. Por essa razão, os avisos meteorológicos podem ser enviados com uma boa antecedência, tipicamente entre um a três dias. A grande vantagem deste tipo de informação é justamente o prazo de antecedência, que permite uma preparação mais antecipada e organizada.

Contudo, existem também limitações, como a pouca precisão para determinar a intensidade do fenômeno avisado, por exemplo, do volume da chuva ou da velocidade dos ventos, além de dificuldades para especificar as áreas potencialmente atingidas. Por isso, os avisos meteorológicos normalmente se referem a áreas relativamente extensas do e mencionam parâmetros, como chuva e vento, dentro de um provável intervalo de ocorrência.

No Brasil os avisos meteorológicos oficiais são emitidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia, mas existem também instituições estaduais e, em alguns casos, municipais, que emitem avisos. Os avisos meteorológicos utilizam cores para indicar o nível de perigo que obedecem a padrões da Organização Meteorológica Mundial. A cor amarela normalmente indica “perigo potencial”, a laranja “perigo” e a vermelha “grande perigo”. A cor do aviso é determinada intensidade do fenômeno meteorológico previsto.



## Avisos Hidrológicos

Os avisos hidrológicos são enviados quando o nível (cota) do um rio representa uma ameaça potencial. Em muitos casos o aviso é elaborado a partir de medições do nível do rio (seja em forma convencional ou telemétrica, mostrar uma régua), mas existem também instituições que elaboram previsões das cotas dos rios.

Essas medições e previsões são realizadas para alguns pontos ao longo do rio [mostrar pontos de estações ao longo de um rio dentro de uma bacia grande] e normalmente se referem a rios de resposta lenta, ou seja, para casos de inundações graduais, que demoram muitas horas, dias ou até semanas.

Os avisos hidrológicos também utilizam cores para informar o nível de ameaça. A nível Federal, o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) emite boletins e alertas com medições e previsões de cotas de rio. O Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM) também emite alertas hidrológicos exclusivamente para rios amazônicos.

Existem, por outro lado, instituições estaduais, como a Agência Pernambucana de Águas e Clima o a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI, entre outras, que emite avisos hidrológicos, tanto para eventos de inundação como para problemas de estiagem.

## Avaliação do Nível de Impacto Potencial

A avaliação do impacto potencial corresponde à segunda etapa da análise de risco que, juntamente com a probabilidade de ocorrência, definirá os cenários e níveis de risco para um determinado local analisado.

Assim como no caso da avaliação da probabilidade, o nível de impacto potencial é sempre avaliado tendo como referência um ameaça específica.



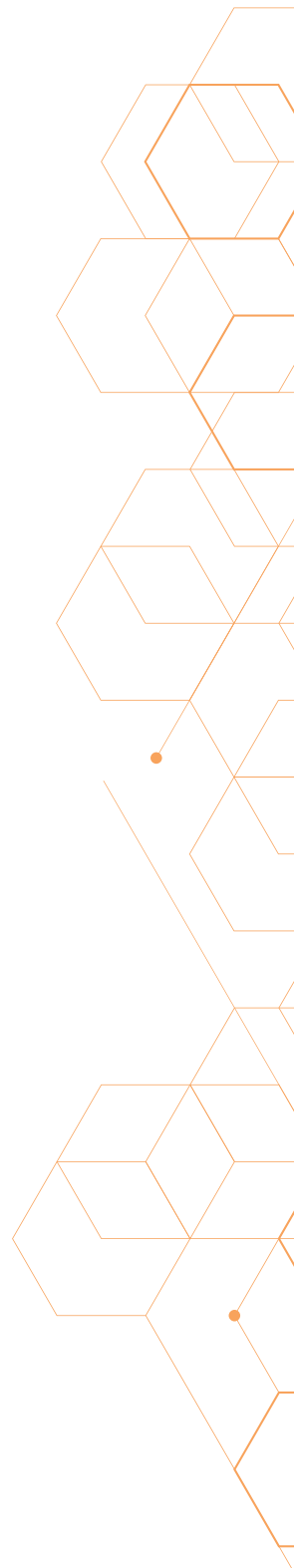
Isto é, diferentes análises deverão ser feitas para cada grau de severidade/magnitude da respectiva ameaça.

Importante notar que o grau de severidade/magnitude de um processo físico (ameaça) não implica diretamente no mesmo grau de impacto para a população, pois, conforme explicado anteriormente, a deflagração dos processos físicos são perturbações causadas nos sistemas sociais e econômicos, os quais poderão absorvê-las, abrandá-las, mitigá-las ou mesmo amplificá-las dependendo do grau de exposição e das vulnerabilidades locais, sendo estes os elementos fundamentais para a análise de impacto.

De qualquer forma, via de regra, quanto maior for o grau de severidade e a magnitude dos processos físicos, maior tende a ser o impacto potencial. Antes de partirmos para a explicação de quais elementos podem ser considerados na análise de impacto, é importante lembrar algumas premissas que são consideradas na rotina operacional do Cemaden.

A primeira delas é que consideramos que as características de vulnerabilidade e exposição não mudam drasticamente durante horas e dias. Salvo casos muito particulares, normalmente estes processos acontecem mais explicitamente ao longo dos anos e décadas, o que permite considerá-las estáticas dentro da análise operacional. Desta forma, havendo informações suficientes para conhecer o grau de exposição e as vulnerabilidades locais, é possível estimar previamente os níveis de impacto potencial para cada grau de severidade/magnitude dos eventos geo-hidrológicos que ocorrem na localidade de interesse.

A segunda premissa é que os impactos passíveis de serem estimados remotamente são aqueles que poderão ocorrer nas áreas de risco previamente mapeadas ou, se o mapeamento estiver desatualizado, em locais que se tenha conhecimento de ocorrências pretéritas registradas, via Cenad, S2iD, REINDESC, etc. **(Ver Módulo V deste curso).**



Na realidade, os impactos podem acontecer em qualquer situação que haja ao menos um elemento vulnerável exposto, independente do conhecimento prévio do risco. Porém, o Cemaden atualmente monitora mais de mil municípios brasileiros, o que torna praticamente impossível ter o conhecimento aprofundado sobre todas as interações socioambientais que ocorrem nestes territórios.

Existem dois tipos de avaliação do impacto potencial que podem ser feitas no âmbito do monitoramento e alerta feito pelo Cemaden. A primeira delas é quando o impacto potencial é estimado de uma maneira aproximada para todo o município que está sendo avaliado. A segunda é quando há uma área crítica dentro do território intramunicipal, seja ela qualificada por características particulares de exposição e vulnerabilidade, ou devido às condições hidro-meteorológicas muito acentuadas que ocorrem durante um evento, requerendo especial atenção.

Quando a análise é feita de forma mais ampla, ou seja, para todo o território municipal, a principal fonte de informação consultada para ter-se o conhecimento do grau de exposição e das vulnerabilidades locais são os mapeamentos e a setorização de riscos. No Cemaden, grande parte desta setorização é feita pela CPRM, mas pode contar também com produtos vindouros de outros órgãos e instituições, como:

- » O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT);
- » Instituto Geológico (IG);
- » Departamento de Recursos Minerais do Rio de Janeiro (DRM-RJ), entre outros.

Mais detalhes sobre esses mapeamentos podem ser encontrados nos **módulos V e VI do curso 2**. Basicamente, o mapeamento apresenta uma série de características locais que vão desde a suscetibilidade até vulnera-



bilidades estruturais, quantificação aproximada de residências e população exposta, evidências observadas em campo que favorecem a deflagração do processo, descrição de ocorrências pretéritas significativas, entre outros.

Com essas informações em mãos, é possível inferir o nível de impacto nos casos que eventos pontuais/pequeno porte, esparsos/médio porte, ou generalizados/grande porte ocorrerem. Não há uma regra fixa para definir cada nível de impacto potencial, mas a condição base de onde partem as análises é:

Eventos pontuais e/ou de pequeno porte tem baixo potencial de impacto, enquanto os eventos esparsos e/ou de médio porte tem moderado potencial de impacto; e eventos generalizados e/ou de grande porte tem alto potencial de impacto.

Então, a partir desta condição-base, consulta-se as informações locais de exposição e vulnerabilidade para saber se os impactos devem ser maiores ou menores para cada magnitude das ameaças avaliadas. De qualquer forma, considerando uma mesma ameaça (tipologia e magnitude/severidade), quanto maior for o grau de exposição e vulnerabilidade da população, mais alto poderá ser o nível de impacto potencial, e vice-versa.

Por exemplo, considere um município que possua apenas uma área de risco a inundações mapeada de nível R3 (**ver detalhes no módulo 6 do curso 2**), que fica localizada na área rural, com poucas famílias expostas e moderado grau de vulnerabilidade. Nestas condições, teríamos os seguintes níveis de impacto potencial: na possibilidade de uma inundação rápida de pequeno porte ocorrer, o impacto potencial seria caracterizado como muito baixo; uma inundação de médio porte e mais duradoura caracterizaria impacto potencial baixo ou moderado, e uma inundação de grande porte e mais duradoura caracterizaria um nível moderado ou alto de potencial de impacto.

Por outro lado, imagine um município com dezenas de milhares de pessoas com alta vulnerabilidade social residindo em encostas que sofreram interferência humana (antropizadas) e altamente suscetíveis a deslizamen-



tos de terra. Neste caso, mesmo eventos pontuais ou de pequeno porte poderiam causar impactos significativos. Assim, o cenário de vulnerabilidade e exposição levaria a condição base para níveis mais altos de impacto, de forma que: para um cenário de deslizamentos pontuais caracterizaria em moderado impacto potencial; de deslizamentos esparsos caracterizaria alto potencial de impacto; e para eventos generalizados e/ou corridas de detritos haveria um nível de impacto potencial muito alto (crítico).

Embora o mapeamento e setorização de risco seja uma das fontes de informação fundamental para a avaliação do impacto potencial, é preciso lembrar que este tipo de atividade acontece apenas de tempos em tempos, o que eventualmente pode deixar os mapeamentos desatualizados. Nestes casos, existem algumas alternativas para complementar as análises, tais como a consulta de banco de dados de registros de ocorrências, especialmente o S2iD e o REINDESC (**ver Módulo V**).

As informações a respeito de ocorrências pretéritas permitem acessar o conhecimento de eventos já concretizados que causaram impactos e, portanto, foram mensurados. Isto significa que estas informações fomentam, de forma prática, o direcionamento da definição no nível de impacto potencial e, conseqüentemente, na melhoria de qualidade da tomada de decisão.

Os casos anteriormente mencionados se referem a análises feitas para o município como um todo, considerando todas as áreas de risco conhecidas, para estabelecer um único cenário de risco. Porém, é também possível que a análise de impacto seja feita de forma mais detalhada, indo para o nível intramunicipal. Nesse caso, o sistema de interesse da avaliação passa da escala de município para a escala de áreas de risco.

Esse tipo de situação é menos usual que a anterior, pois só pode ser aplicada em algumas situações, e utiliza do Índice Operacional de Vulnerabilidade (INOV, mais detalhes no Módulo IV). De forma resumida, este índice classifica as áreas de risco de um mesmo município em níveis diferentes de vulnerabilidade, permitindo que o operador identifique áreas que podem



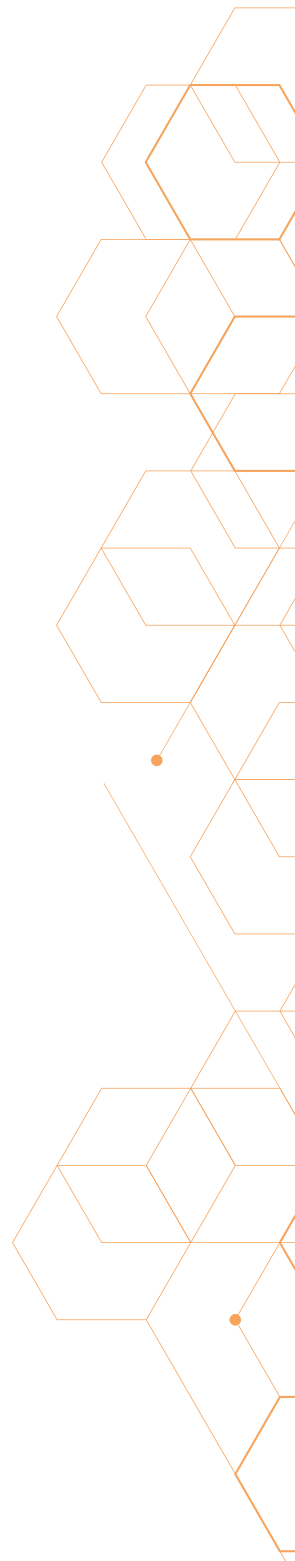
ser potencialmente mais impactadas devido a sua maior vulnerabilidade. Na prática, esta análise é feita no momento posterior àquela feita no âmbito municipal, e visa encontrar ainda mais contrastes do nível de impacto tomando este índice (INOV) como referência para tal.

Para exemplificar, vamos retomar o segundo exemplo mencionado nos parágrafos anteriores, de um município com dezenas de milhares de pessoas com alta vulnerabilidade social residindo em encostas antropizadas altamente suscetíveis à deslizamentos de terra.

Considerando o cenário com deslizamentos de terra pontuais, vimos que o nível de impacto potencial seria “moderado” ao observar o município como um todo. Ao verificar o INOV, seria possível identificar áreas de risco especialmente mais vulneráveis e, para este mesmo tipo de evento (deslizamentos pontuais), o nível de impacto potencial poderia ser considerado “alto” nestas áreas. Caso os operadores avaliem a situação e concordem com esta inferência, esse tipo de observação particular no território intramunicipal pode aparecer como um destaque no documento de alerta, normalmente destacado como uma área que requer especial atenção.

## Inserindo os Cenários de Risco nos Alertas do Cemaden

Os itens anteriores demonstraram quais os critérios utilizados para definir o nível de risco de um alerta, bem como as fontes de informações necessárias para estimar as dimensões do impacto potencial e probabilidade de ocorrência. Pode-se dizer, portanto, que é o conjunto de todas estas informações e suas relações, no momento do alerta, que definem o cenário de risco propriamente dito. Isto é, o cenário de risco contemplado em uma situação de alerta é composto pela interação dos fatores condicionantes (naturais e antrópicos); do grau de exposição da população e suas vulnerabilidades; e da chuva como principal agente deflagrador, considerando a



probabilidade de determinados acumulados serem alcançados num período de tempo específico.

A partir de então, o documento do alerta pode ser confeccionado. Mais detalhes sobre o documento completo podem ser encontrados no Módulo V, mas, neste item, vamos explicar como as análises feitas pelos especialistas do Cemaden são traduzidas para serem incorporadas ao alerta. A Figura 6 apresenta um exemplo de como o cenário de risco é descrito dentro do corpo do alerta. Note que a primeira informação do alerta se refere ao tipo de processo analisado (nesse caso, movimentos de massa) e o nível de risco (nesse caso, Alto), sendo que o campo “Cenário de Risco” vem logo em seguida para contextualizar o leitor a respeito do cenário que foi considerado.

Observe que o texto do campo “cenário de risco” descreve as principais características do município e suas áreas de risco, incluindo sua vulnerabilidade e fatores indutores do processo de movimentos de massa, que são informações extraídas dos mapeamentos pretéritos feitos pelas instituições parceiras (especialmente CPRM). A segunda parte do campo “cenário de risco” descreve brevemente o contexto meteorológico e indica que tipos de processos são esperados (deslizamentos induzidos e deslizamentos esparsos em encostas naturais).

Importante ressaltar que, embora exista um campo específico com o nome “Cenário de Risco”, este campo traz apenas as informações mais importantes e de forma sintetizada. Observe que todo o cenário de risco propriamente dito, no momento do envio do alerta, pode ser encontrado quando consideramos todo o conjunto de informações presentes nos campos subsequentes.

Por exemplo, no campo “Situação Atual” tem-se cenário meteorológico observado e com informações mais específicas a respeito dos acumulados registrados, complementado pelo campo “Tendência”, que fornece a previsão para as próximas horas. Estes dois campos estão intimamente relacionados com a análise de probabilidade de ocorrência feita pelos especialistas.



Já o campo “Recomendações” expõe característica a respeito do grau de exposição da população que, juntamente com a parte inicial que mencionou sobre as vulnerabilidades, representa a parte da análise de Impacto Potencial, que inclusive está explicitada no campo “Ações de Proteção e Defesa Civil recomendados pelo Cenad”.



**Cemaden**  
Centro Nacional de Monitoramento  
e Alertas de Desastres Naturais

**ALERTA**

ALERTA Nº	ABERTO EM	ATUALIZADO EM	MUNICÍPIO	UF
0542/2022 (Atualização 1)	30/01/2022 12h32	31/01/2022 11h30	CAMPOS DO JORDÃO	SP

**TIPO DE EVENTO/NÍVEL: MOVIMENTOS DE MASSA/ALTO**

**Cenário de Risco**  
As áreas de risco de movimentos de massa no município caracterizam-se por deslizamentos planares, induzidos em taludes de corte e aterro, e por rolamento de blocos em regiões onde há exposição de pessoas e moradias. Esta situação associada à precipitação incidente (ou acumulada) e a previsão e deslizamentos esparsos em encostas naturais.

**Situação atual**  
Os acumulados de precipitação são em até 48 mm em 24 horas(s) e de 139 mm 120 hora(s) no município. A estimativa de precipitação instantânea do radar São Roque indica áreas de instabilidade com potencial para chuvas de intensidade fraca a moderada sobre o município e região.  
Considere: chuva fraca < 10 mm/h, chuva moderada de 10 a 40 mm/h, e chuva forte > 40 mm/h

**Tendência**  
A previsão meteorológica indica chuva moderada ao longo do dia, podendo deflagrar deslizamentos. Nessas condições, o cenário de risco de movimentos de massa no município pode agravar.

**Recomendações:**  
Atenção às áreas de risco mapeadas pela IG (2014).

**Ações de Proteção de Defesa Civil recomendadas pelo CENAD:**  
Em caso de alerta de risco de nível ALTO, a **probabilidade de ocorrência do desastre é alta, assim como seu impacto potencial para a população**. Recomenda-se as ações previstas no Plano de Contingência Municipal e demais ações previstas neste, tais como: verificação in loco nas áreas de risco, acionamento dos órgãos locais de apoio, preparação de abrigos e rotas de fuga etc.

**FORMULÁRIO DE OCORRÊNCIAS:**  
Para constante melhoria dos alertas emitidos pelo Cemaden, solicita-se o preenchimento do breve questionário no link: <https://www.cemaden.gov.br/ocorrencias/index.php>

**PREVISÃO DE RISCO GEO-HIDROLÓGICO:**  
Para a Previsão de Risco Geo-Hidrológico, elaborada diariamente pelo Cemaden, Acesse o link: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-de-mcti/cemaden/conteudo/risco-geo-hidrologicos/>

Figura 10: Exemplo da descrição do cenário de risco contido em um alerta do Cemaden.  
Fonte: Cemaden.

Outras informações importantes ainda podem constar no corpo do alerta, como a tabela dos pluviômetros do Cemaden, imagens de satélite, informações adicionais de ocorrências nas últimas horas, o INOV, entre outras. Estas informações são inseridas conforme as especificidades locais, mas dependendo também da urgência que o alerta precisa ser enviado, tendo em

vista que a inserção de mais informações pode implicar em um tempo maior para sua confecção e gerar atrasos, que podem ser preciosos em situações de maior criticidade. Isto exposto, concluímos o conteúdo teórico desta unidade, que poderá ser mais bem compreendido e ilustrado através das videoaulas.

Como forma de complementar os conhecimentos e práticas que foram aqui expostos, apresenta-se o organograma da Figura 11, que traz uma síntese das principais etapas e fontes de informações consultadas, tomando como exemplo o caso de movimentos de massa. Note que as etapas superiores estão relacionadas às análises sobre probabilidade de ocorrência (campos em azul, amarelo e verde), enquanto as etapas inferiores correspondem às análises voltadas para a estimativa do impacto potencial (campos na cor laranja), culminando na definição do cenário de risco e nível dos alertas (campo destacado em rosa).



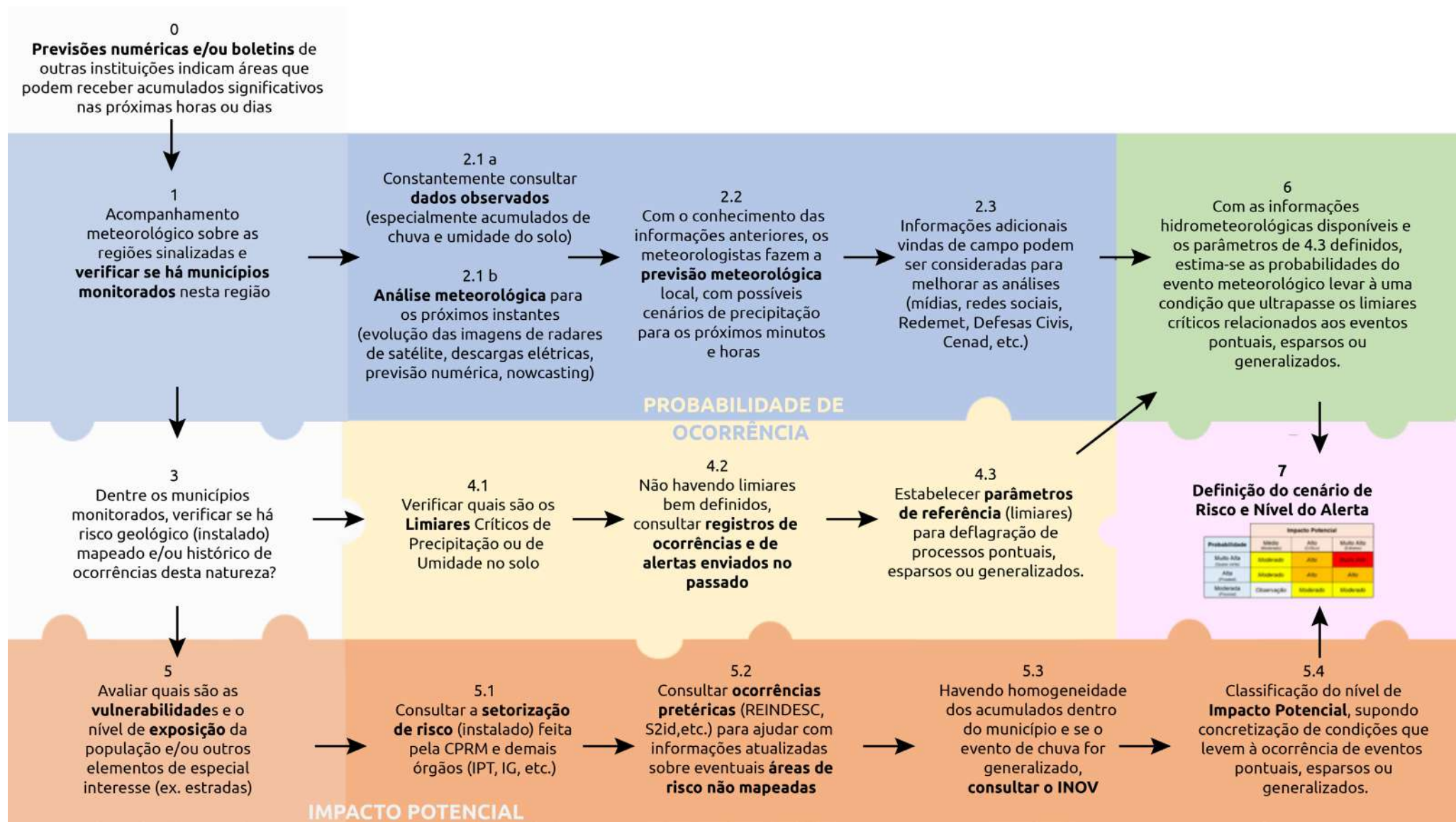
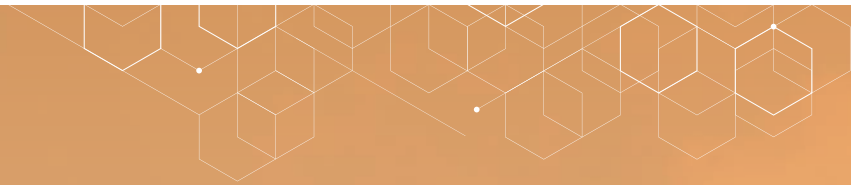


Figura 11: Organograma e fluxo de informações para sintetizar o processo de avaliação de cenários de risco utilizado no Cemaden, tomando como exemplo o caso particular relacionado aos movimentos de massa. Para avaliação de cenários de risco hidrológico a lógica é a mesma, mas utilizando-se de outros parâmetros de referência (ex: cotas fluviais de atenção) e outras fontes de informações adicionais (ex: estações fluviométricas). Fonte: Elaborado pelo autor.

## Metodologia de Concepção do Alerta: da teoria à prática

3



**Descrição e  
interpretação  
dos alertas do  
CEMADEN**

# Descrição e interpretação dos alertas do Cemaden

## Introdução

A previsão de riscos de desastres constitui tarefa complexa que demanda emprego de grande volume de dados numéricos, informações contextuais diversas e modelagens integradas para composição de cenários específicos regionalizados. A diversidade de agências de monitoramento com foco em diferentes tipos de ameaça, classificação de níveis dos alertas e terminologias requer atenção especial no intuito de obter uma sinergia a partir do uso dessas informações, de forma a se complementarem no auxílio às defesas civis para tomada de decisões.

Um aspecto peculiar dos alertas do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) é a análise conjunta de diferentes áreas de atuação para composição do cenário de risco de desastres em seu conceito teórico (Ministério das Cidades, 2017), considerando a ameaça ou fenômeno físico capaz de resultar em danos e a estimativa de impactos a partir da componente vulnerabilidade.

A análise das informações é feita por diferentes áreas passando pela meteorologia, estimativas de precipitação, geociências e hidrologia, avaliação dos deslizamentos, inundações e desastres naturais, para incorporação da componente de vulnerabilidade, completando o cenário de risco geral. Os resultados da análise de probabilidade de ocorrência e de impacto potencial (levando em consideração a magnitude, vulnerabilidade e exposição) são categorizados qualitativamente e suas combinações culminam em níveis de risco Moderado, Alto e Muito Alto.



Neste módulo, será apresentada a estrutura geral de monitoramento para composição do cenário e dos níveis de risco de alertas emitidos e o detalhamento dos campos contidos nos alertas do Cemaden. Por fim, será apresentada uma análise empírica da distribuição dos alertas por nível de risco e tendências de distribuição das ocorrências, a partir dos Registros de Eventos de Inundação e Deslizamentos do Cemaden (REINDESC).

## O alerta de riscos










O Cemaden é responsável por monitorar, em caráter permanente, o risco de eventos hidrológicos e geológicos em cerca de 1040 municípios (ano de 2022) distribuídos em todo o território nacional emitindo alertas de risco. Os alertas são encaminhados ao Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), que se encarrega de distribuí-los às defesas civis dos municípios envolvidos.



Figura 12: Sala de situação do Cemaden. Fonte: Cemaden.

As atividades operacionais de monitoramento e envio de alertas de desastres naturais na sala de situação são realizadas em regime contínuo, 24 horas por dia, todos os dias do ano. Na sala de situação, são integradas as informações disponíveis sobre as condições meteorológicas para as áreas de risco de ocorrência de desastres nos municípios prioritários. A partir da análise multidisciplinar desses dados é feita uma avaliação para emissão de alertas.

Os alertas indicam qualitativamente a possibilidade de ocorrência de eventos hidrológicos e geológicos com impactos significativos às comunidades envolvidas, ou seja, apresentam uma classificação de risco em 3 níveis qualitativos a partir da matriz de risco: risco Moderado, risco Alto e risco Muito Alto de eventos hidrológicos (inundações, enxurradas e alagamentos) e geológicos (deslizamentos, rolamento de blocos, corridas de massa). Eles permanecem vigentes enquanto durar o risco e são atualizados com aumento ou diminuição do nível de risco até o momento do Cessar, quando o risco não existir mais.

			Risco de deslizamento Moderado, Alto e Muito Alto
			Risco de enxurrada <sup>2</sup> Moderado, Alto e Muito Alto
			Risco de inundação <sup>2</sup> Moderado, Alto e Muito Alto

Quadro 1: Classificação de risco em 3 níveis qualitativos. Fonte: Cemaden.

É importante destacar que os **alertas do Cemaden** incorporam o **risco** em seu conceito teórico (Ministério das Cidades, 2017), ou seja, indicam, a partir das combinações na matriz de risco, a **possibilidade de ocorrência de eventos geológicos e hidrológicos (ameaças)** com potencial para gerar **consequências e impactos** para as comunidades envolvidas.

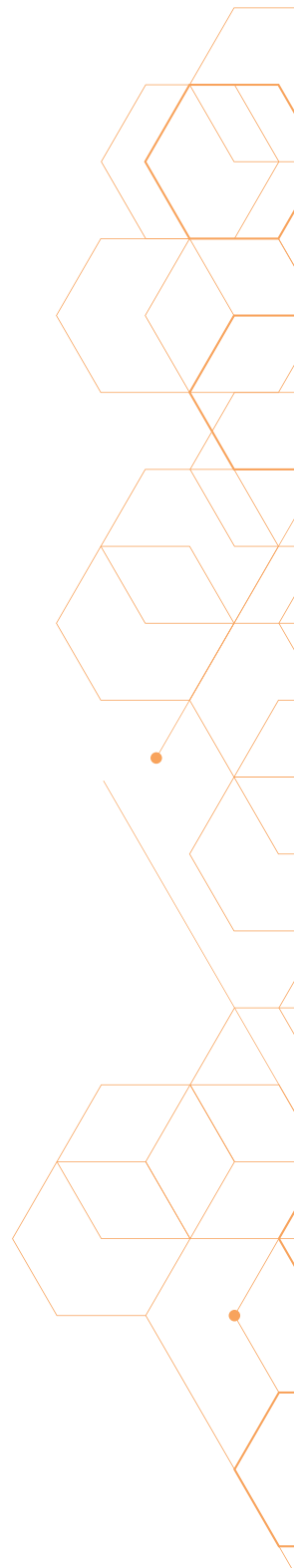
(2) Enxurradas, inundações e alagamentos são materializados no alerta como **ALERTA DE RISCO HIDROLÓGICO**.

## Breve comparação entre os alertas do Cemaden e principais agências nacionais de monitoramento

A diversidade de agências de monitoramento com foco em diferentes tipos de ameaça, classificação de níveis dos alertas e terminologias requer atenção especial no intuito de obter uma sinergia a partir do uso destas informações de forma a se complementarem no auxílio às defesas civis para tomada de decisões.

Os boletins, avisos e alertas emitidos pelas principais agências nacionais visam o fornecimento de informações úteis para o gerenciamento de eventos com potencial para causar danos às populações envolvidas. No entanto, há diferenças nas metodologias para as estimativas e foco principal do evento monitorado. Embora as informações geradas possam causar confusão à primeira vista, de maneira geral elas se complementam e reforçam a necessidade de atenção, uma vez que sempre derivam de eventos meteorológicos, os quais são responsáveis pela grande maioria dos impactos por eventos naturais no Brasil.

A título de exemplificação, vejamos uma situação de chuva extrema informada nos avisos do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Além dos riscos diretos da ameaça de chuva intensa como granizo e vendavais, estes eventos meteorológicos certamente irão provocar alteração nos níveis dos rios, resultando em alertas hidrológicos do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e relatórios hidrológicos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Finalmente, considerando que a precipitação é também a variável deflagradora de deslizamentos e inundações, o Cemaden, a partir de índices de vulnerabilidade, avaliará os possíveis impactos e emitirá alertas de risco para estes eventos.



(1) A Agência nacional das Águas emite também boletins do monitor de secas com 5 níveis indicadores – Seca fraca, moderada, grave, extrema e excepcional.

	CPTEC	INMET	CPRM	ANA <sup>3</sup>	CEMADEN
<b>Parâmetro estimado</b>	Chuva intensa, chuva excessiva, tempestade severa	Condição meteorológica extrema	Possibilidade de inundação	Evolução de chuvas e níveis de vazão	Risco hidrológico e geológico
<b>Critério de classificação</b>	Probabilidade	Limiares de chuva e vento	Cotas hidrológicas	Relatório hidrológicos	Matriz de risco
<b>Categorias</b>	Níveis de risco meteorológico	Níveis de criticidade	Cotas de referência	-	Níveis de risco
	Nível 1	Perigo potencial	Cota de atenção	-	Risco Moderado
	Nível 2	Perigo	Cota de alerta	-	Risco Alto
	Nível 3	Grande perigo	Cota de inundação	-	Risco Muito Alto
	Nível 4	-	Cota de inundação severa	-	-

Quadro 2: Boletins, alertas e avisos emitidos pelas principais agências nacionais. Fonte: Cemaden.

**Observação:** Considerando os diferentes tipos de alertas das principais agências, o alerta do Cemaden procura incorporar o risco em seu conceito teórico (Ministério das Cidades, 2017), incluindo as ameaças geológicas e hidrológicas e a componente de impacto a partir da vulnerabilidade, indicando possíveis áreas de especial interesse e número de pessoas envolvidas.

## Estrutura de monitoramento e integração das áreas na sala de situação do Cemaden

As equipes de monitoramento do Cemaden são compostas por especialistas nas áreas de meteorologia, geociências, hidrologia e desastres naturais, as quais se encarregam das observações de dados relacionados para integração e composição dos cenários de risco com base no conceito representado na matriz de risco.

A especialidade de meteorologia atua nas análises de modelos de previsão numérica de chuva, monitoramento de imagens de satélite, radares meteorológicos e **estações pluviométricas** para determinar as probabilidades de precipitação a níveis extremos com potencial para deflagrar processos hidrometeorológicos. Mais detalhes sobre os protocolos de previsão e análise de dados meteorológicos no contexto da sala de situação serão apresentados no curso II.

A partir dos parâmetros de precipitação, a especialidade de geociências atua na avaliação de modelos físicos (baseados em parâmetros de estabilidade de encostas) e empíricos (limiares e curvas de precipitação) para estimativa das probabilidades de ocorrência de processos de deslizamentos. Os procedimentos de análise detalhada para previsão de deslizamentos são tratados no módulo 2 deste curso.

Os dados meteorológicos também são usados pela área de hidrologia como dados de entrada para modelagens hidrológicas responsáveis pelas previsões

*Estações Pluviométricas são sistemas capazes de medir dados de precipitação, ou seja, quantidade e intensidade de chuva. Este tipo de Estação Meteorológica monitora dados pluviométricos em tempo real.*

e mensuração da magnitude de inundações, enxurradas e alagamentos. O curso II apresenta uma revisão detalhada dos procedimentos de análise para previsão das ameaças por inundações, enxurradas e alagamentos.

A área de desastres naturais, a partir do levantamento e registro de ocorrências e impactos no REINDESC, atua no desenvolvimento e avaliação de informações de vulnerabilidade e número de pessoas expostas nas proximidades das áreas de risco para estimar os possíveis impactos, resultando, assim, no risco geral representado no alerta pelas cores amarelo, laranja e vermelho.

O tema vulnerabilidade e pessoas expostas ao risco é apresentado no módulo 4 deste curso.

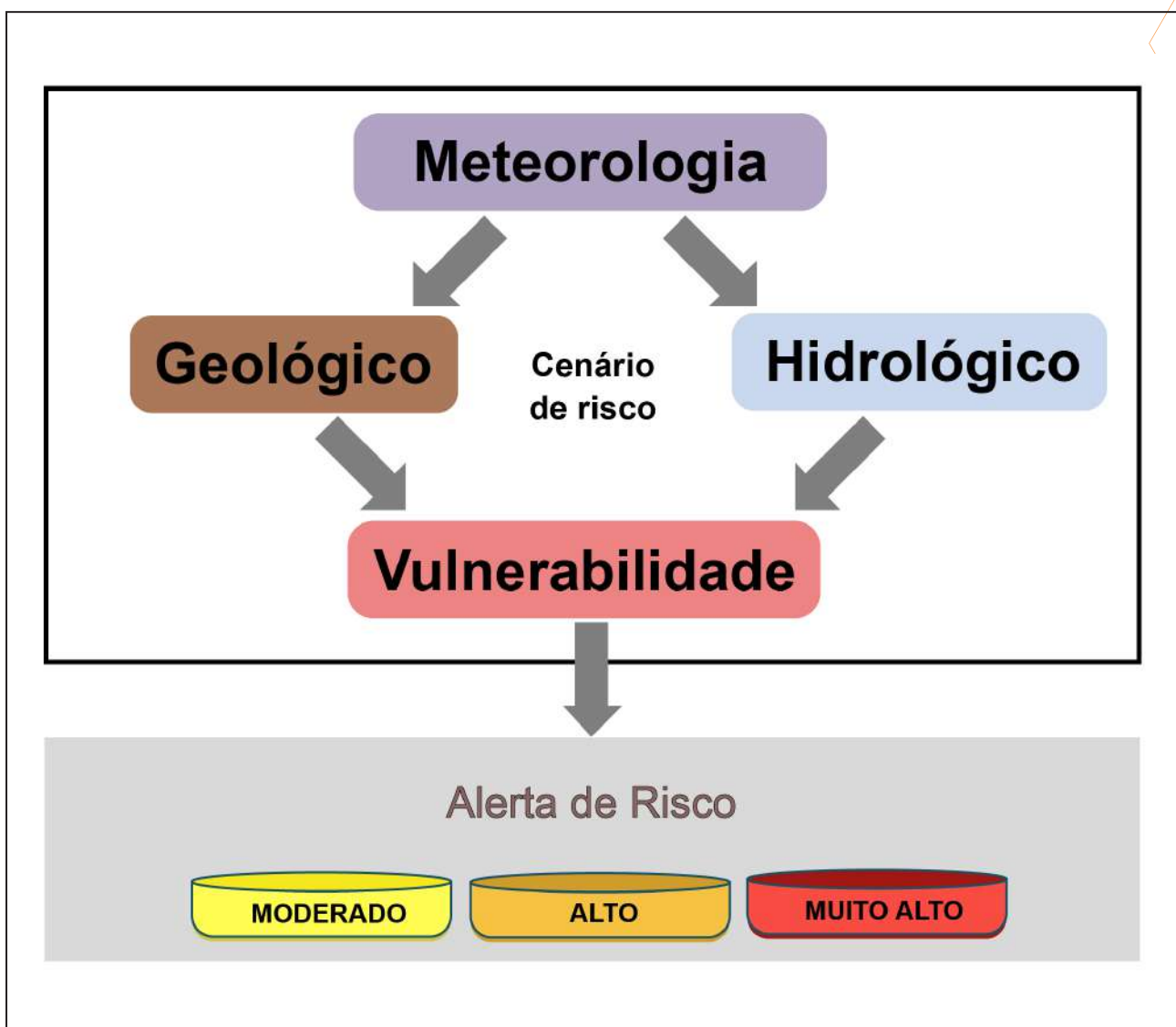


Figura 13: Fluxo de informação e integração dos dados na determinação de cenários de risco. Fonte: Cemaden.

## Descrição dos campos dos alertas

A seguir, apresentamos um exemplo com a descrição dos campos de um alerta do Cemaden, seguido da explicação de cada campo.

ALERTA				
ALERTA Nº	ABERTO EM	ATUALIZADO EM	MUNICÍPIO	UF
<b>0542/2022</b> (Atualização 1)	<b>30/01/2022</b> 12h32	<b>31/01/2022</b> 11h30	<b>CAMPOS DO JORDÃO</b>	<b>SP</b>

**TIPO DE EVENTO/NÍVEL:** MOVIMENTOS DE MASSA/**ALTO**

**Cenário de Risco**

As áreas de risco de movimentos de massa no município caracterizam-se por deslizamentos planares, induzidos em taludes de corte e acerro, e por rolamento de blocos em regiões onde há exposição de pessoas e moradias. Esta situação associada à precipitação incidente (ou acumulada) e a previsão e deslizamentos esparsos em encostas naturais.

**Situação atual**

Os acumulados de precipitação são em até 48 mm em 24 horas(s) e de 139 mm 120 hora(s) no município. A estimativa de precipitação instantânea do radar São Roque indica áreas de instabilidade com potencial para chuvas de intensidade fraca a moderada sobre o município e região.  
Considere: chuva fraca < 10 mm/h, chuva moderada de 10 a 40 mm/h, e chuva forte > 40 mm/h

**Tendência**

A previsão meteorológica indica chuva moderada ao longo do dia, podendo deflagrar deslizamentos. Nessas condições, o cenário de risco de movimentos de massa no município pode agravar.

**Recomendações:**

Atenção às áreas de risco mapeadas pela IG (2014).

**Ações de Proteção e Defesa Civil recomendadas pelo CENAD:**

Em caso de alerta de risco de nível **ALTO**, a probabilidade de ocorrência do desastre é alta, assim como seu impacto potencial para a população. Recomenda-se as ações previstas no Plano de Contingência Municipal e demais ações previstas neste, tais como: verificação in loco nas áreas de risco, acionamento dos órgãos locais de apoio, preparação de abrigos e rotas de fuga etc.

**FORMULÁRIO DE OCORRÊNCIAS**

Para constante melhoria dos alertas emitidos pelo Cemaden, solicita-se o preenchimento do breve questionário no link: <https://www.cemaden.gov.br/ocorrencias/index.php>

**PREVISÃO DE RISCO GEO-HIDROLÓGICO**

Para a Previsão de Risco Geo-Hidrológico, elaborada diariamente pelo Cemaden, Acesse o link: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/rede-de-mcti/cemaden/conteudo/risco-geo-hidrologicos/>

Figura 14: Exemplo de descrição dos campos do alerta do Cemaden. Fonte : Cemaden.

## Cenário de risco

Este campo de alerta indica o tipo de evento e descrição das condições gerais que compõem o cenário de risco. Descreve o contexto meteorológico com informações como precipitação instantânea elevada, acumulados próximos a limiares de deslizamentos, cotas de rios em elevação ou previsão e precipitação acumulada em uma bacia hidrográfica elevada, presença de áreas de risco indicando exposição à ameaças geológicas ou hidrológicas e população vulnerável nas proximidades das áreas de risco.

O mapeamento e descrição das áreas de risco, fornecidas pela CPRM, informa o tipo de risco envolvido (hidrológico ou geológico) incluindo níveis de risco – Moderado, Alto e Muito Alto. Esta classificação de risco refere-se ao processo específico e, em princípio, não incorpora explicitamente o potencial de impacto, ou seja, refere-se apenas à exposição ao processo.

Um exemplo típico de cenário de risco é composto por precipitação acumulada próxima a limiares críticos, previsão de chuva bem definida nas próximas horas ou dias, áreas de risco em regiões densamente ocupadas por população e índice de vulnerabilidade alto ou muito alto. Nesse caso, tanto os protocolos de estimativa de deslizamentos como de ocorrências hidrológicas indicarão grande probabilidade de ocorrência desses processos, e haverá histórico de eventos relacionados ao risco alertado no município com impactos conhecidos.

## Situação atual

Indica valores de índices de precipitação por radar ou pluviômetros e cotas de rios atuais localizados no município. A relação entre os valores de precipitação atuais e os limiares críticos deflagradores para o município é usada para definir o nível do alerta.



De maneira geral, este campo apresenta tipicamente informações meteorológicas atuais, as quais são tidas como o fator deflagrador principal de deslizamentos e inundações. No entanto, as características típicas das regiões podem demandar observações mais abrangentes, como no caso dos municípios da bacia amazônica, os quais dependem de regimes hidrológicos **a montante** e deslocamento de ondas de cheia por períodos de alguns dias até meses. Em outros casos, como em municípios com histórico de deslizamentos, a precipitação acumulada em até 72 horas e previsão de chuva com potencial para elevar os acumulados deverá ser considerada.

Portanto, este campo apresenta informações típicas dependendo das peculiaridades de cada município e do processo envolvido como:

- » Inundações graduais em municípios de grandes bacias – precipitação acumulada e cotas dos rios a montante com indicação do tempo de deslocamento da onda de cheia;
- » Enxurradas e inundações bruscas em áreas densamente ocupadas – intensidade de precipitação mais localizada e acumulados de até 12 horas;
- » Deslizamentos – intensidade de precipitação e precipitação acumulada (local) em até 72 horas.

## Tendências

Indica tendências meteorológicas como previsão de chuva, deslocamento de áreas de instabilidade em direção ao município e descargas atmosféricas atuando na região. Os modelos de previsão apontam volumes elevados de precipitação nos próximos dias. Também podem ser indicadas as expectativas de elevação de nível de rios e deslocamento de ondas de cheia.

*Montante é o lugar que está acima do ponto considerado ou se refere à sua nascente no referido curso d'água. Utiliza-se a expressão a montante. Montante é o mesmo que rio acima.*  
*Fonte: CAMPESTRINI, Hildebrando et al. Enciclopédia das Águas de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS: IHGMS, 2014.*

## Recomendações

Indica áreas de especial atenção em função do número de pessoas expostas ou áreas de vulnerabilidade relevantes. O Cemaden utiliza essas áreas de risco para verificar a exposição e vulnerabilidade das comunidades envolvidas. A análise inclui a metodologia do Índice Operacional de Vulnerabilidade (InOV) desenvolvido no Cemaden (Assis et al., 2019) e estimativas de população exposta às áreas de risco (Assis et al., 2019). Mais detalhes sobre as estimativas de pessoas expostas são apresentados no módulo 4 deste curso – Vulnerabilidade e percepção de riscos.

Deve-se destacar que os índices de vulnerabilidade são avaliados em conjunto com a precipitação acumulada e previsão. Assim, em caso de chuva generalizada de forma homogênea em um município, as áreas de vulnerabilidade alta e muito alta serão indicadas como de especial atenção. Contudo, em casos de chuva distribuída de forma heterogênea, as áreas de maior vulnerabilidade podem não ser indicadas como de especial atenção caso não haja grandes volumes de precipitação acumulada ou prevista naquelas áreas.

## Ações de Proteção e Defesa Civil recomendadas

As recomendações sugerem ações iniciais a serem tomadas pela Defesa Civil para cada nível de risco indicado no alerta.

**Em caso de alerta de risco de nível MODERADO:** não se descarta a possibilidade do fenômeno alertado e, caso ocorra, espera-se impacto moderado para a população. Recomendam-se ações previstas no plano de contingência, tais como: sobreaviso das equipes municipais, etc.



**Em caso de alerta de risco de nível ALTO:** a probabilidade de ocorrência do desastre é alta, assim como seu impacto potencial para a população. Recomendam-se as ações previstas no Plano de Contingência Municipal, tais como: verificação in loco nas áreas de risco, acionamento dos órgãos locais de apoio, preparação de abrigos e rotas de fuga etc.

**Em caso de alerta de risco de nível MUITO ALTO:** existe probabilidade muito alta de ocorrência do fenômeno alertado e com potencial para causar grande impacto na população. Recomendam-se aos órgãos municipais de proteção e Defesa Civil as ações previstas no Plano de Contingência Municipal, tais como: verificação in loco nas áreas de risco, acionamento de sistema de sirenes, possibilidade de desocupação das áreas de risco, deslocamento das equipes de resposta para as proximidades das áreas de risco etc.

## Formulário de ocorrências

Este campo contém o link de acesso ao Formulário de ocorrências solicitando a indicação do tipo de evento ocorrido, localização e horário para auxílio às atividades de monitoramento e atualização do alerta. É solicitado o preenchimento de um formulário para cada tipo e localização/horário em caso de múltiplas ocorrências. As informações são armazenadas no banco de dados – REINDESC. Mais detalhes deste formulário são apresentados no módulo 5 deste curso.

## Previsão de risco geo-hidrológico

O último campo do alerta contém o link para acesso à previsão de risco geo-hidrológico elaborado diariamente pelo Cemaden, indicando as condições previstas para o dia seguinte no tocante aos riscos de inundações e deslizamentos. O documento original também é enviado diariamente ao CENAD. A previsão é elaborada após análise interdisciplinar das 4 áreas de



atuação e apresenta cenários de risco regionalmente espacializados, incluindo os níveis Moderado, Alto e Muito Alto para eventos geológicos e hidrológicos separadamente.



Figura 15: Previsão de riscos geo-hidrológicos elaborada diariamente pelo Cemaden.  
Fonte: Cemaden.

## Análise dos níveis dos alertas e proporção de ocorrências observadas

Todo processo de previsão, seja ele pautado em modelagens físicas ou análises integradas de diversos fatores, será, em última instância, validado a partir de ocorrências no mundo real dos processos modelados.

Uma metodologia robusta de avaliação dos alertas deve incluir considerações sobre características locais de cada município, padrão de eventos típicos na região e análises regionalizadas de acordo com estas peculiaridades. Contudo, uma avaliação preliminar do conjunto de alertas como um todo pode ser feita pela verificação da quantidade de alertas onde foram observadas ocorrências dos eventos previstos.

O percentual de alertas com ocorrências para cada nível de risco pode ajudar no entendimento do significado dos níveis em termos práticos, no sentido de se obter uma tendência de expectativas de ocorrências para cada nível.

Avaliaremos agora informações obtidas a partir do REINDESC, relacionadas aos alertas emitidos pelo Cemaden, como forma de obter as tendências indicativas da distribuição dos alertas com ocorrências para cada nível de risco previsto. Tais tendências podem servir de referência para entender melhor os níveis de risco em termos práticos.

As ocorrências registradas no REINDESC indicam prioritariamente o processo físico – geológico ou hidrológico, horário e localização. Embora nem sempre estejam disponíveis informações claras sobre os impactos, algum indicador de magnitude como quantidade de eventos, solicitação de auxílio federal ou abrangência dos eventos (**Módulo 5 – Banco de dados**) constituem, na maioria das vezes, uma referência para a estimativa dos impactos de cada evento, de forma a auxiliar na validação do risco alertado, considerando a ameaça e os impactos.

Entre os anos de 2017 a 2020, foram enviados pelo Cemaden aproximadamente 9944 alertas dentre os quais cerca de 81 indicavam risco Muito Alto de ocorrência de deslizamentos ou inundações, 1547 indicavam risco Alto e 8316 risco Moderado, sendo que 73 alertas de risco Muito Alto, 839 alertas de risco Alto e 1408 alertas de risco Moderado tiveram ocorrências verificadas. A Figura abaixo apresenta o percentual de alertas em que foram verificadas ocorrências dos eventos alertados para cada nível de risco.

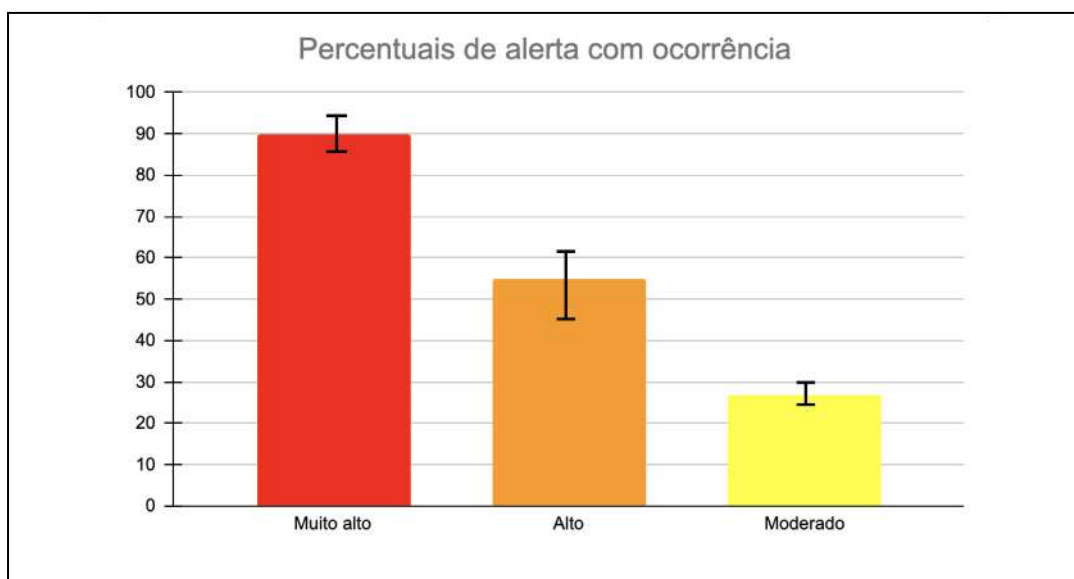


Figura 16: Percentuais de alertas com ocorrências verificadas para cada nível de risco. Fonte: Cemaden.

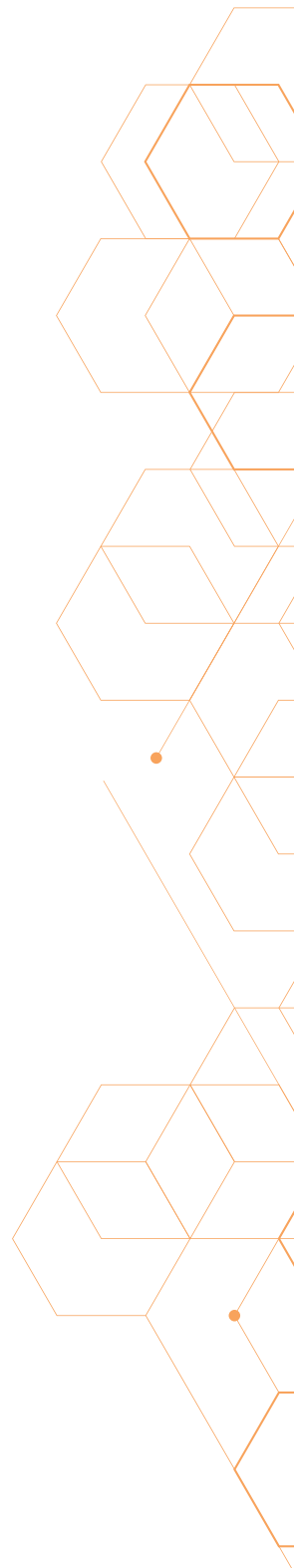
A interpretação dos níveis dos alertas a partir destas observações indica que no geral, dentro do período de quatro anos observado, 90% dos alertas de risco Muito Alto, 54% dos alertas de risco Alto e 28% dos alertas de risco moderado apresentaram ocorrências com desvios de 5, 8 e 2% respectivamente. Essa distribuição não implica diretamente na probabilidade de concretização do risco para cada nível de alerta enviado individualmente. No entanto, representa uma referência indicativa da probabilidade para o conjunto como um todo, o que pode auxiliar na interpretação.

Esta análise tem por objetivo apresentar uma referência, para dar valores numéricos à expectativa de concretização dos riscos alertados, sobre as categorias qualitativas representadas em 3 níveis gerais. Até o momento apenas 4 anos de alertas enviados foram avaliados e não se pode descartar a possibilidade de perda de informações sobre ocorrências, especialmente, em localidades remotas.

Espera-se que o incremento de informações nos anos futuros possa reforçar e até mesmo melhorar a qualidade das tendências observadas quanto às expectativas numéricas de concretização dos riscos alertados para cada nível de alerta. Deve-se ressaltar que municípios muito pequenos, em regiões mais isoladas ou sem grandes eventos historicamente definidos, apresentam ocorrências sem grande detalhamento de impactos, ou seja, os impactos são estimados, nestes casos, de forma qualitativa.

Assim, a distribuição observada inclui, algumas vezes, apenas a componente Ameaça – geológica e hidrológica – sem especificar os impactos, os quais são incorporados no conceito de risco. Contudo, de maneira geral, os alertas de risco Muito Alto apresentam predomínio de eventos de grande magnitude, pressupondo maiores impactos, os alertas de risco Moderado apresentam predomínio de eventos de pequeno porte, sem impactos, e os alertas de risco Alto apresentam um misto de eventos com e sem impactos.

Com base nas informações do banco de dados REINDESC, os alertas de risco Moderado possuem o menor percentual de ocorrências, sendo que



a maioria delas resultam em baixo ou nenhum impacto. Assim, esses alertas podem ser interpretados como o primeiro estágio na classificação de riscos, a partir do qual um agravamento das condições meteorológicas pode levar a riscos reais com impactos relevantes esperados.

De fato, a recomendação no Guia Prático de Utilização de Alertas do Governo Federal para Ações de Preparação para Desastres (Brasil, 2021) é que esses alertas, em conjunto com os alertas de Nível 1 do CPTEC, Perigo Potencial do INMET e Cota de Atenção da CPRM, sirvam de gatilho para o “início dos processos de planejamento da preparação, que envolve o desenvolvimento de capacidades, instrumentos e mecanismos que permitem antecipadamente assegurar uma resposta adequada e efetiva aos desastres” (Brasil, 2021, p. 34).

Os alertas de risco Alto apresentam um percentual de verificação acima de 50% e com distribuição variada entre eventos esparsamente distribuídos sem e com impactos. Portanto, este nível de risco, como a própria denominação indica, já é necessária grande atenção e início de providências para mitigação e atendimento de ocorrências. Dentre as ações recomendadas no Guia Prático de Utilização de Alertas do Governo Federal para Ações de Preparação para Desastres estão a “coordenação e possível acionamento dos órgãos locais de apoio, início à preparação de abrigos e rotas de fuga” e “...verificação in loco das áreas de risco e realização de vistorias técnicas de campo” (Brasil, 2021, p.35).

Para os alertas de risco Muito Alto, embora a estatística de verificação não tenha resultado em 100%, espera-se a ocorrência de eventos com impactos relevantes em praticamente todos os casos. Dentre as ações recomendadas no Guia Prático de utilização de alertas do Governo Federal para ações de preparação para desastres, para esse nível de alertas, estão o “estímulo e auxílio à saída preventiva dos moradores de áreas de risco, coordenando a abertura dos pontos de apoio e preparação de instalações (abrigos e posto de comando) para fazer frente a uma possível evolução da emergência” (Brasil, 2021, p.36).



# Metodologia de Concepção do Alerta: da teoria à prática

4

**Vulnerabilidade e  
percepção de riscos**

## Introdução

Nesta unidade, são apresentados os conceitos de percepção de riscos e de vulnerabilidade, bem como índices de vulnerabilidade e suas associações com o eixo monitoramento e alerta no âmbito do sistema de gestão de riscos e respostas a desastres.

Considerando que no contexto dos desastres deflagrados por extremos hidrometeorológicos, deslizamentos de terra, inundações, enxurradas e enchentes são as tipologias que mais impactam o Brasil, além de escassez hídrica e da seca, a abordagem apresentada é proposta no escopo do tema geral do curso “Metodologia de Concepção do Alerta: desafios e limitações do monitoramento e emissão de alertas”; logo, as informações específicas apresentadas foram extraídas de estudos desenvolvidos/coordenados com foco em aprimorar o monitoramento e alertas conduzidos em âmbito nacional no Brasil.

## Percepção de Riscos

O termo “percepção do risco” bastante destacado no contexto de monitoramento e alertas de desastres, entre outros eixos, tem sido abordado no escopo de várias áreas do conhecimento (sociologia, psicologia, geografia, meio ambiente, entre outros); logo, muitas abordagens e enfoques estão associados às suas definições (Twigg, 2013). Portanto, há variações consideráveis na percepção de risco de perigo entre indivíduos e grupos sociais.

Estudos e debates sobre percepção de risco de perigo têm sido conduzidos desde 1960 (Smith, 1996; Cutter 1993)e, desde então, muitas pesquisas têm sido priorizadas para avaliar as dimensões sociais da percepção de risco e a diversidade de visões que o termo gera. Segundo Twigg (2004), a percepção de risco é um elemento-chave da gestão de risco de desastres individual e



coletiva. Ao aumentar a compreensão pública dos riscos de perigo, os planejadores e gestores de desastres procuram estimular as comunidades e os indivíduos a tomarem as ações de proteção adequadas antes e durante as crises.

Nas duas últimas décadas, diversos autores têm priorizado estudos com foco em percepções de riscos e desastres (Slovic, 2000; Rohrman e Renn, 2000; Bird, 2009; Burns e Slovic, 2012; Vasvári, 2015; Albuquerque e Zaccarias, 2016; Ardaya et al. 2017; Medeiros e Barbosa, 2016; Marchezini et al. 2017a, entre outros), inclusive com abordagem no contexto rural (Safi et al., 2012; Mabuku et al., 2018; Ribeiro et al., 2020; Ullah et al, 2020).

Fernandez (2021), que abordou percepções de risco e estratégias de gestão em um cenário pós-desastre na Guatemala, considera que *“a percepção de risco pode ser entendida como uma avaliação da probabilidade de perigo e a probabilidade dos resultados (na maioria das vezes - as consequências negativas) percebidos pela sociedade”*, conforme definido por Lechowska (2018).

Especificamente no contexto dos sistemas de alertas precoces de desastres, a percepção do risco é um dos fatores mais importantes que influenciam as suas eficácias, ou seja, como aqueles que estão em risco de perigos percebem esse risco e como isso, por sua vez, influencia sua resposta aos avisos/alertas.

Pessoas em risco fazem escolhas racionais sobre como se proteger de desastres, desde que tenham uma visão do risco a que estão submetidas. Não se pode entender as respostas aos alertas sem primeiro ter uma boa compreensão disso. Embora a percepção de risco de perigo venha sendo estudada e debatida, pesquisas adicionais continuam sendo prioritárias, particularmente em contextos de países menos desenvolvidos.

## Vulnerabilidade a desastres

Na literatura científica existem vários conceitos de vulnerabilidade, os quais se associam a aplicações em diversas áreas do conhecimento; entre-



tanto, na maioria deles, há um ponto de convergência: a vulnerabilidade significa potencial de perda diante da ocorrência de um desastre (Cutter, 2003). Nesse contexto, destaca-se a importância em definir qual o tipo de perda e de quem são essas perdas, ou seja, o que está exposto e quem são as pessoas expostas.

Saito (2011) apontou que além das perdas materiais e dos moradores expostos, também é essencial identificar as condições de vida que os colocam capazes de se restabelecer após a ocorrência de um desastre. Indicadores de exposição e capacidade de resposta são, portanto, essenciais em estudos de vulnerabilidade social a desastres.

Cutter et al. (2003) elencaram os indicadores de vulnerabilidade social mais frequentemente encontrados na literatura e identificaram que algumas características individuais são amplamente incorporadas nos indicadores, como idade, gênero, raça e rendimento. Por outro lado, aspectos da comunidade podem também impactar as respostas individuais, como nível de urbanização e taxas de desenvolvimento econômico a que determinados grupos estão expostos.

No escopo da Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres (UNISDR, 2017), vulnerabilidade é definida como “as condições determinadas por fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de um indivíduo, uma comunidade, ativos ou sistemas aos impactos de ameaças”.

Segundo Marchezini et al. (2017b), a vulnerabilidade corresponde a um conjunto de condições sociais, econômicas, políticas, culturais, técnicas, educativas e ambientais que deixam as pessoas mais expostas ao perigo. Em outras palavras, ser vulnerável é estar fisicamente sensível a uma ameaça/perigo e apresentar fragilidade diante do dano. Entre os fatores significativos de vulnerabilidade incluem-se as formas de usos e ocupação de terrenos; má qualidade da construção de casas/prédios; o desconhecimento das ameaças; rede precária de serviços básicos, entre outros.



A crise socioambiental, intensificada pelas mudanças no clima, aumenta a intensidade e frequência de desastres socioambientais que, por sua vez, exacerbam as vulnerabilidades existentes, destruindo vidas e alterando a distribuição e fornecimento de recursos básicos.

Nesse escopo, ressaltam que a redução de algumas vulnerabilidades conjunturais só será possível se o planejamento de medidas de mitigação envolver os indivíduos e grupos sociais. A educação constitui um caminho privilegiado para isso. De acordo com o recente relatório do grupo de trabalho de especialistas intergovernamentais sobre indicadores e terminologia relacionadas à redução do risco de desastres, vulnerabilidade é definida como as *"condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de um indivíduo, uma comunidade, ativos ou sistemas aos impactos de perigos"* (UNIDRR/ISC, 2020).

Os estudos científicos focando a vulnerabilidade da população a desastres envolvem três abordagens: (i) identificação das condições de exposição que aumentam a vulnerabilidade a desastres (Salvati et al., 2018; Hossain, 2015); ii) a premissa de que a vulnerabilidade é uma condição social e pode ser medida por meio da resiliência da sociedade aos perigos (Moghadas et al., 2019); iii) a integração das condições de exposição e medidas de resiliência (Mohanty et al., 2019; Rufat et al., 2015; Usamah et al., 2014).

Na última abordagem, o foco está em análises integradas entre os aspectos de exposição e resiliência; no entanto, eles são limitados a estudos detalhados para um local ou região específica (Cutter et al, 2003; Fuchs et al., 2017). O objetivo comum entre as três abordagens está na inclusão do diagnóstico da vulnerabilidade da população, ou seja, a identificação e compreensão das características da população que aumentam a vulnerabilidade, o seu potencial de perda diante de um desastre, a fim de propor medidas de mitigação e redução do risco de desastres.

Uma metodologia pioneira, para avaliar a vulnerabilidade social em todos os condados americanos, com base em dados do censo, foi desenvolvi-



da por Cutter et al. (2003). O índice, denominado Índice de Vulnerabilidade Social (SoVI), incluiu indicadores de exposição e resiliência da população após um desastre. Os resultados destacaram os principais componentes capazes de aumentar a vulnerabilidade da população aos desastres.

Nos últimos anos, vários outros estudos focando diferentes regiões do mundo têm adotado a mesma metodologia proposta por Cutter et al. (2003) (por exemplo, Hummel et al, 2016; Gautam, 2017; Dintwa et al, 2019). Por outro lado, outros estudos foram propostos, concomitantemente com o desenvolvimento de estudos voltados para o diagnóstico de vulnerabilidade (Usamah et al, 2014; Hossain, 2015; Rufat et al, 2015; Salvati et al, 2018; Moghadas et al, 2019; Mohanty et al, 2019), principalmente considerando a inclusão de informações de vulnerabilidade na análise de risco integrada em sistemas de monitoramento e alerta, a fim de apoiar o planejamento de emergência, bem como para alertar a população em risco.

Sistemas de monitoramento e alerta referem-se a um sistema integrado de monitoramento de perigo, previsão e predição, avaliação de risco de desastre, sistemas e processos de atividades de comunicação e preparação que permite que indivíduos, comunidades, governos, empresas e outros tomem medidas oportunas para reduzir os riscos de desastres antes de eventos perigosos (UNISDR, 2017).

Conhecimento sobre o risco de desastres; monitoramento e previsão dos perigos e possíveis consequências; disseminação e comunicação dos riscos por uma fonte oficial; preparação em todos os níveis para responder aos avisos recebidos, são os quatro elementos-chave inter-relacionados de um sistema de monitoramento e alerta eficaz centrado nas pessoas.

No contexto de sistemas de monitoramento e alerta, vários estudos têm defendido o uso de informações de vulnerabilidade (Castillo-Rodríguez et al, 2016; Fathani et al, 2016; Hofflinger et al, 2019) no que tange às ações voltadas para o conhecimento sobre o risco e monitoramento de perigos.



Por exemplo, mapas de risco de inundação e dados de vulnerabilidade foram combinados para quantificar os riscos da cidade de Oliva, Espanha, considerando a população afetada esperada, anualmente, lesões potenciais, número de fatalidades e danos econômicos (Castillo-Rodríguez et al, 2016).

Os resultados providos por modelos de risco hidrológico são úteis para subsidiar o planejamento de ações locais e avaliar os benefícios de medidas estruturais (representadas por obras de engenharia, por exemplo: muros de contenção) e não estruturais (ações que não dependem de obras, como o planejamento urbano, implementação de políticas públicas, educação ambiental, entre outras) de redução de riscos.

Os autores argumentam que a identificação dos grupos de alta vulnerabilidade (por exemplo, idosos, crianças em idades escolares) poderia ajudar a definir campanhas específicas de educação pública e procedimentos de alerta. Os resultados do modelo de risco também podem ser usados para apoiar a comunicação de risco e aumentar a consciência de risco.

Uma metodologia foi desenvolvida para a cidade de Huaraz, Peru, a fim de permitir a inclusão da vulnerabilidade social no modelo tradicional de evacuação-mobilização. A metodologia combina uma série de módulos com informações que interagem durante uma evacuação (ou seja, curvas de taxa de evacuação, mobilização, modelos de inundação e índices de vulnerabilidade social) para criar um mapa integrado da taxa de evacuação para um determinado local (Hofflinger et al, 2019).

Ressalta-se que os dados censitários obtidos no Peru forneceram informações sobre as famílias e as características da população, que foram combinadas em um modelo de inundação para gerar um modelo de evacuação e que visava identificar as áreas que requerem maior atenção, bem como estimar o tempo de evacuação da população dessas áreas, de forma a promover um processo de evacuação eficiente. Especificamente, para aviso prévio de deslizamento de terra, uma metodologia integrada foi desenvolvida para Java Central, uma província da Indonésia (Fathani et al, 2016).



Para o conhecimento do risco, os autores incluíram informações socioeconômicas e culturais obtidas por meio de pesquisas. Eles consideraram que as informações sobre potenciais habitantes vulneráveis (por exemplo, número de pessoas por idade, sexo, nível de educação) e infraestrutura devido a deslizamentos de terra são importantes para determinar o nível de risco em uma determinada área.

Os resultados foram usados para indicar o local onde os dispositivos de detecção precoce de escorregamentos devem ser instalados; para o desenvolvimento de mapas de evacuação com indicativos sobre zonas de perigo (baixo a alto risco); rota de evacuação; bem como informações detalhadas do chefe da família.

Ressalta-se que nesses estudos, a escala de abordagem foi restrita a municípios ou comunidades, bem como a literatura científica é escassa a respeito de como as informações de vulnerabilidade poderiam ser incorporadas no sistema de monitoramento e alerta em nível nacional (Alvalá et al, 2019).

No Brasil, as ações de redução integrada de riscos de desastres e de monitoramento e alerta foram definidas no âmbito do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres (PNGRRD), lançado em 2012 (Bertone e Marinho, 2013). Especificamente, no âmbito do PNGRRD, o eixo de monitoramento e alerta precoce de desastres naturais, voltado para municípios críticos, ou seja, municípios com um histórico de ocorrências de desastres desencadeados por eventos hidrometeorológicos extremos, é de responsabilidade do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN/MCTI) (Horita et al., 2018).

Os alertas sobre a provável ocorrência de deslizamentos, enchentes e enxurradas que afetam os sistemas sociais são encaminhados pelo Cemaden ao Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Respostas a Desastres (CENAD) da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC)/MDR. O CENAD, por sua vez, envia os alertas para a Defesa Civil municipal, que é responsável pelas ações de comunicação e resposta em nível local (Marchezini et al,



2017c). O alerta antecipado emitido pelo Cemaden tem como foco a escala intramunicipal, ou seja, considera as áreas de risco de desastres mapeadas de cada município monitorado.

Ressalta-se que antes da fase de comunicação do risco, é necessário conhecer a suscetibilidade das áreas de risco, monitorar os perigos, bem como a vulnerabilidade da população exposta; portanto, o sistema brasileiro de monitoramento e alerta precoce requer a integração das informações geradas por diferentes instituições. Por outro lado, apenas recentemente foi possível estimar a população exposta ao risco de deslizamentos, inundações e enchentes no Brasil, por meio da disponibilidade de bancos de dados considerando a população em risco (IBGE, 2018; Alvalá et al., 2019).

A metodologia desenvolvida permitiu estimar a população em risco de forma mais realista, uma vez que foi baseada nos dados do censo populacional, diferentemente do apurado anteriormente (com base na contagem de domicílios e um número fixo de moradores por domicílio). A base de dados gerada tem se tornado útil para o desenvolvimento de metodologias que visem integrar a vulnerabilidade da população residente em áreas de risco às implementadas pelo Cemaden para monitoramento de áreas de risco. Conseqüentemente, a base de dados subsidiou o desenvolvimento de um índice sintético de vulnerabilidade para a escala da área de risco, possibilitando a inserção de informações detalhadas para monitoramento e alertas antecipados.

Considerando a busca por eficiência e fortalecimento do sistema de monitoramento e alerta precoce brasileiro, destaca-se a possibilidade de conhecer a população em risco e compreender as situações mais críticas de vulnerabilidade da população a desastres e a inclusão dessas informações nos alertas antecipados. Este tipo de informação pode subsidiar as atividades de monitoramento dos perigos. Além da utilização efetiva no monitoramento e análise de riscos, tal conhecimento pode subsidiar outras ações. Por exemplo, ações podem ser direcionadas visando à melhoria das



condições de vida e redução da vulnerabilidade, assim como informar as situações de risco nas quais as pessoas estão expostas, bem como a possibilidade de estruturação de sistemas participativos com inclusão do conhecimento da população vulnerável.

Ressalta-se que no contexto do sistema de monitoramento e alertas, a vulnerabilidade é considerada o princípio orientador para indicar as áreas de risco que são mais críticas à ocorrência de desastres, considerando a combinação de residentes com baixa capacidade de resposta e alta exposição.

## Indicadores de vulnerabilidade

Neste tópico, apresentam-se uma contextualização geral sobre indicadores de vulnerabilidade, bem como os resultados associados ao índice de vulnerabilidade proposto para uso no contexto de monitoramento e alertas de desastres.

Especificamente, em estudos de vulnerabilidade social considera-se que os grupos populacionais mais vulneráveis têm maior potencial de sofrer perdas e danos. Ou seja, na iminência de um desastre os mais vulneráveis têm maior potencial de morrerem, se ferirem, dificuldade para restabelecer a situação de normalidade após o evento, de perdas materiais, menor capacidade de resposta, entre outros aspectos.

Importante destacar que diante de um cenário de desastre espera-se respostas diferenciadas entre a população exposta, composta por homens e mulheres, crianças, idosos e adultos (Mazurana et al, 2013). Conhecer tais características e o que os tornam mais ou menos vulneráveis é essencial para o desenvolvimento de índice de vulnerabilidade.

Entre os grupos etários, crianças e idosos concentram o grupo populacional mais vulnerável, por necessitarem de cuidados especiais, considerando a sua maior dependência para locomoção autônoma e menor capacidade de resistir



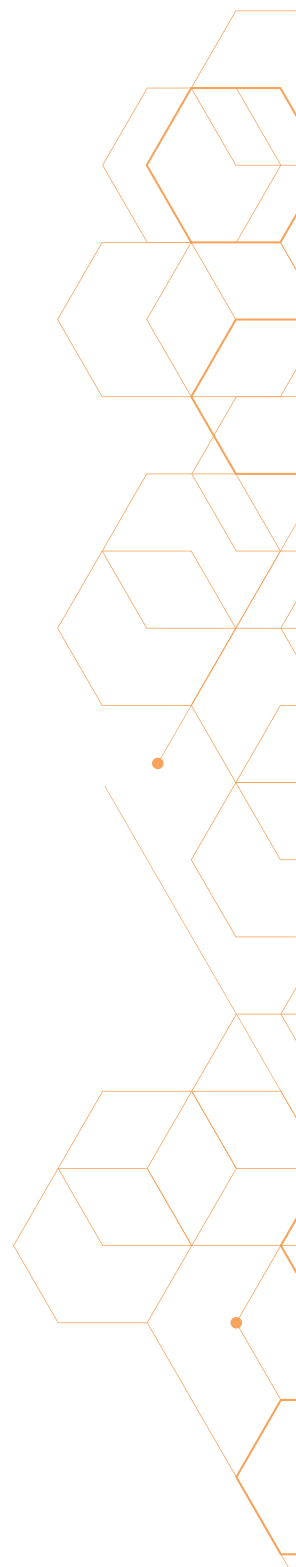
a possíveis ferimentos (Wisner et al., 2003); portanto, são os dois grupos demográficos mais afetados por desastres (Cutter et al., 2003; Naylor et al., 2018).

Considera-se que crianças estão em desenvolvimento físico, cognitivo e emocional. Se por um lado o acesso à educação com temas relacionados à redução do risco de desastres contribuem para a disseminação de conhecimento e informações sobre os perigos e vulnerabilidades, o que pode minimizar a exposição aos riscos e tornar as crianças resilientes aos desastres (Wisner, 2006; Tatebe and Mutch, 2015; Mitchel et al., 2013), por outro lado a ausência dessas informações e orientações de como agir na iminência de um desastre as tornam mais vulneráveis (UNICEF e UNISDR, 2011; Akther et al., 2015; Liu et al., 2002). Assim como o risco de sofrer danos físicos e efeitos negativos dos desastres é maior para essa faixa etária.

Por exemplo, um estudo realizado em Bangladesh demonstrou que crianças que foram impactadas por desastres tiveram piora no quadro de nutrição, maior exposição às doenças, como diarreia, pneumonia e doenças de pele, perda de interesse nos estudos, uma vez que escolas podem ser utilizadas como abrigos por longos períodos e isso pode causar desmotivação e incentivar a evasão escolar (Akhter et al., 2015). Assim como o risco de sofrer danos físicos e efeitos negativos dos desastres é maior.

Quanto ao grupo populacional composto por idosos, há décadas estudos têm evidenciado a necessidade de tratá-los como um grupo alvo para ações de redução da vulnerabilidade (Ngo, 2001). As pessoas idosas apresentam mobilidade física prejudicada, consciência sensorial reduzida, condições de saúde pré-existentes, restrições sociais e econômicas que impactam negativamente o capital social desse grupo (Ngo, 2001; Fernandez et al., 2002; Peek, 2010; Meyer, 2016).

Além disso, esses grupos etários tendem a permanecer mais tempo em seus domicílios e, assim, podem estar mais expostos ao risco. Esse grupo é especialmente crítico no contexto brasileiro de trajetória de envelhecimento da população. Recente estimativa apontou que no ano de 2039 o Brasil



terá maior número de idosos acima de 65 anos do que crianças até 14 anos vivendo no país e, em 2060, cerca de 25% da população será composta por pessoas idosas (IBGE, 2018 - pesquisa sobre envelhecimento da população).

Especificamente quanto à comunicação do alerta de risco pode haver limitações conforme ocorra o envelhecimento da população como: dificuldades na percepção, atenção, memória, compreensão de texto e tomada de decisão diante da materialização do risco (Mayhorn, 2005). Assis Dias et al. (2020) ressaltaram que, associado à proposição de índice de vulnerabilidade a deslizamentos de terra, a classificação por faixa etária pode auxiliar na definição de áreas prioritárias para ação da Defesa Civil no momento da iminência de desastre.

Para a definição de idade de crianças mais vulneráveis, consideraram aquelas menores de 5 anos, uma vez que no Brasil, até o ano de 2013, a obrigatoriedade do ingresso à educação infantil era aos 6 anos de idade, de acordo com a Lei nº 12796, de 2013 (Brasil, 2013). Consideraram ainda como idosos aqueles indivíduos com idade superior a 60 anos, em conformidade com o estabelecido no Estatuto do Idoso disposto na lei nº 10741, de 2003 (Brasil, 2003).

No estudo, destacou-se que a quantificação do número de pessoas expostas segundo sexo e faixa etária poderá ajudar na definição de ações para evacuação na iminência de um desastre. Localidades com a maior concentração de crianças e idosos, dada a maior vulnerabilidade desses grupos, merecem atenção especial e maior prontidão na retirada dessas pessoas.

Em adição, a capacidade de resposta e de proteção dos grupos sociais pode ser afetada pelo seu nível de renda, conforme destacado por Torres (2000) e por Marandola e Hogan (2005). Considerando o caso de ocorrência de um desastre, a falta de rendimento do chefe de família indica uma menor capacidade de resposta e dificulta o restabelecimento da situação de normalidade (Wisner et al., 2003).



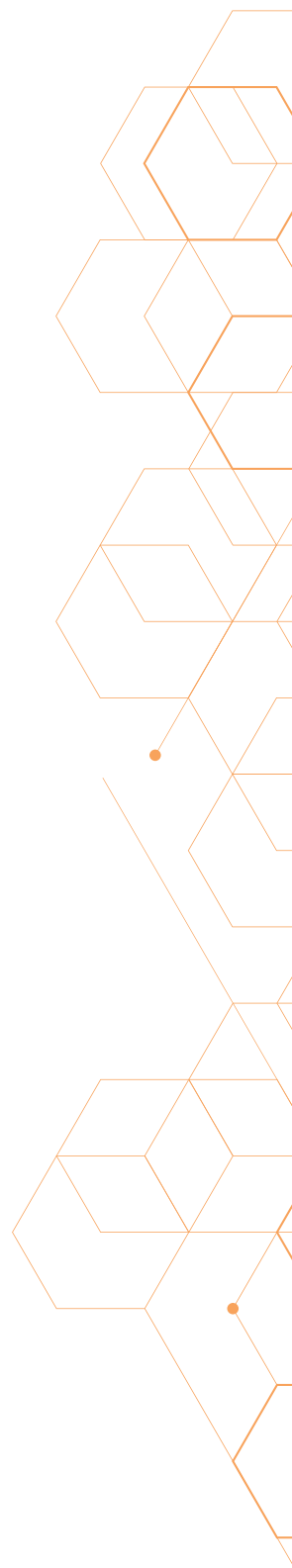
Neumayer e Plümpert (2007), analisando o impacto dos desastres naturais na expectativa de vida de homens e mulheres, apontaram que o maior impacto foi verificado com o sexo feminino, principalmente em mulheres em situação de baixa renda.

Por outro lado, Wamsler et al. (2012) destacaram o papel crucial do nível de educação da mulher como determinante para a situação de risco em que elas estão expostas, ou seja, mulheres com maior nível de escolaridade podem ter maior renda e melhor capacidade de adaptação ao risco. Eklund e Tellier (2012) discutem sobre a importância da coleta, análise, disseminação e utilização da informação por gênero. Os autores apontam que os casos de mortalidade em decorrência de desastres e morbidade pós-desastre têm afetado mais as mulheres.

Assis Dias et al. (2020) destacaram também que a exposição do morador, de acordo com as características do domicílio, pode revelar situações de precariedade e maior exposição ao risco de desastre. A presença de domicílios nas áreas de risco sem abastecimento de água por rede geral pode propiciar o aumento da saturação do terreno, especialmente em caso de acesso informal, o que pode levar a consequente potencialização de deslizamentos.

É iminente também a atenção aos domicílios com outras formas de esgotamento que não sejam por meio da rede coletora ou fossa séptica, pois além de revelar a precariedade das condições dos domicílios pode ajudar a compreender melhor as intervenções humanas que favorecem a ocorrência de deslizamentos e, por sua vez, aumentam a exposição da população.

A relação entre esgotamento sanitário inadequado e a presença de fossas rudimentares em áreas de risco de deslizamentos foi abordada por autores como um dos condicionantes antrópicos que favorecem a ocorrência de desastres (Alheiros, 2003; Armesto, 2012; Carvalho et al., 2007; Mirandola e Macedo, 2014).



## A questão da escala para a investigação da vulnerabilidade a desastres (escalas municipal x intramunicipal)

Índices de vulnerabilidade foram desenvolvidos para diferentes contextos no Brasil; no entanto, tais índices foram propostos considerando escalas em nível de município ou dados agregados por setores censitários (Almeida et al, 2016; Hummell et al. 2016; Almeida et al., 2020; Debortoli et al, 2017), ou mesmo considerando metodologias não focadas em estudos sobre desastres (SEADE, 2010; Costa e Margutti, 2015).

Estes índices consideram um conjunto de indicadores que se aplicam a todo o país, o que permite um diagnóstico inicial de vulnerabilidade na escala municipal. No entanto, os resultados não são especificamente destinados a representar cenários de risco de desastres em nível local. Um trabalho inédito que visou à identificação da população vulnerável na escala intramunicipal foi desenvolvido pelo Cemaden & IBGE e será detalhado a seguir (Assis Dias et al., 2020).

### Índice de vulnerabilidade no contexto do sistema de monitoramento e alerta de risco de desastres – Índice Operacional de Vulnerabilidade (InOV)

A base de dados organizada por IBGE e Cemaden (IBGE, 2018) foi concebida considerando-se o menor nível de desagregação do dado censitário e, portanto, contemplou o melhor detalhamento possível. A metodologia desenvolvida pelas instituições proporcionou a associação entre os dados demográficos censitários aos polígonos de áreas de risco, agrupando os dados em uma nova base territorial para estudos de risco de desastres com interesse no conhecimento da população exposta ao risco.



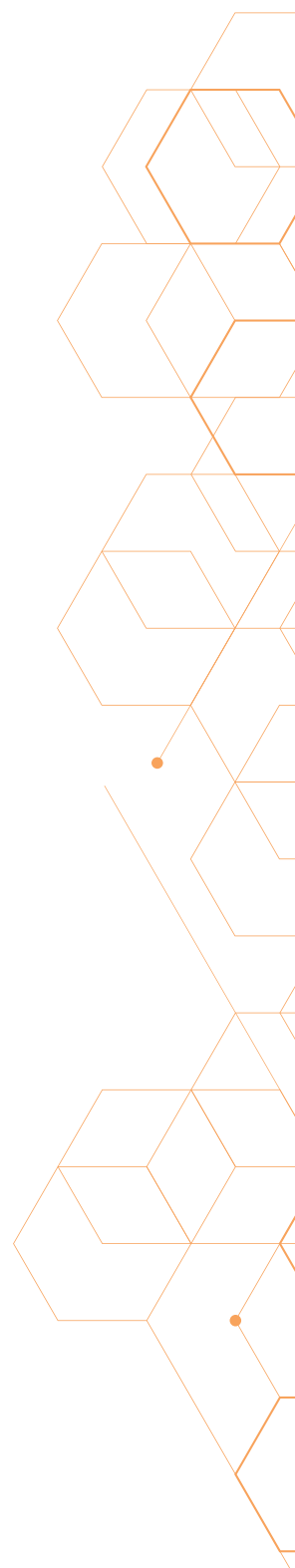
Essa nova base territorial é denominada BATER (Base Territorial Estatística de Risco). A escala de trabalho é um diferencial da base de dados, pois a utilização e combinação dessas variáveis podem ajudar a identificar as áreas mais vulneráveis no território intraurbano. Afinal, para o desenvolvimento de índices de vulnerabilidade na escala de áreas de risco é essencial dispor de uma base de dados que contemple informações detalhadas da população residente em tais áreas.

A partir da associação de dados populacionais do censo demográfico com as áreas de risco de deslizamentos, inundações e enxurradas mapeadas, foi possível estimar a população vivendo em áreas de risco de desastres em 825 municípios brasileiros, incluindo detalhamento de suas características, em uma escala mais próxima possível das áreas de risco (Assis Dias et al., 2018; Alvalá et al., 2019). Ou seja, além das informações de quantitativo da população residente e suas características, como número de pessoas por classes de renda, por idade, por sexo, por alfabetização, foi possível estimar o número de domicílios expostos nessas áreas e as condições de acesso aos serviços básicos, como abastecimento de água, esgotamento sanitário, energia elétrica e coleta de lixo.

O desenvolvimento de um índice sintético de vulnerabilidade no contexto do sistema brasileiro de monitoramento e alerta precoce tem como objetivo identificar as áreas que concentram maior número de pessoas vulneráveis e, portanto, em condições mais críticas em cada município. Essas áreas demandam maior atenção e ação prioritárias dos agentes de proteção e Defesa Civil na iminência de um desastre.

O índice sintético proposto baseia-se em indicadores de vulnerabilidade que caracterizam as condições de exposição física do morador a processos geodinâmicos e a capacidade de resposta da população para se restabelecer após a ocorrência de um desastre.

O índice de vulnerabilidade na escala intramunicipal foi desenvolvido para municípios monitorados do Cemaden que dispunham de áreas de risco



de deslizamentos e, por isso foram excluídas as áreas de risco hidrológico (total de 1.618 polígonos BATER), resultando em 4.817 polígonos BATER contendo apenas áreas de risco de deslizamentos ou deslizamentos e inundações. Importante ressaltar que a metodologia visou identificar as áreas críticas dentro do território municipal; assim, é proposto um índice relacional considerando as áreas de risco de cada município.

A comparação entre as áreas para aqueles municípios com apenas um polígono BATER não foi possível; então, eles foram excluídos da análise. O índice de vulnerabilidade, denominado “Índice Operacional de Vulnerabilidade (InOV)”, é composto por 4.575 polígonos BATER distribuídos em 443 municípios (Assis Dias et al, 2020).

Considerando (i) a base de dados disponível para o desenvolvimento do índice de vulnerabilidade; (ii) a estrutura do sistema de monitoramento e alerta precoce brasileira; (iii) os indicadores sugeridos na literatura; foram selecionadas quatro indicadores que identificam situações críticas de exposição e capacidade de resposta ao risco de desastres no Brasil, isto é, o número de pessoas expostas, o número de crianças e idosos expostos, o número de pessoas expostas sem rendimento ou com rendimento per capita até  $\frac{1}{2}$  salário mínimo, e o quantitativo de pessoas expostas em domicílios com esgotamento sanitário inadequado.

Importante ressaltar que o conjunto de indicadores foi selecionado com base na maior concentração de pessoas expostas levantada nos estudos realizados previamente (IBGE, 2018; Saito et al., 2019; Alvalá et al., 2019). Não foi encontrada correlação estatística significativa entre os quatro indicadores apontados anteriormente, razão pela qual foram mantidos com o objetivo de auxiliar na identificação das áreas de risco que concentram o maior número de pessoas vulneráveis.

O indicador “pessoas expostas” refere-se à porcentagem da população que reside no polígono de BATER, em relação à população total em risco do município. Foi estabelecido um nível de significância maior para este indi-



gador em relação aos demais, adotando-se um fator multiplicativo de dois para este indicador, considerando especialmente as dificuldades relacionadas à evacuação dos moradores em resposta a desastres.

Para a definição da faixa etária de maior vulnerabilidade de crianças, considerou-se aquelas menores de 5 anos, bem como consideraram-se como idosos aqueles indivíduos com idade superior a 60 anos, conforme previamente ressaltados. Foram consideradas, portanto, 4 variáveis (moradores com idade inferior a 1 ano; idade de 1 a 5 anos; idade de 60 a 69 anos, e moradores acima de 70 anos) e gerados os respectivos percentuais de pessoas expostas em cada polígono de BATER em relação à população total exposta na BATER.

Quanto ao indicador rendimento, foram agrupadas 3 variáveis para compô-lo: número de pessoas residentes em domicílios sem rendimento nominal mensal per capita; número de pessoas residentes em domicílios com rendimento mensal per capita até  $\frac{1}{4}$ ; e número de pessoas residentes em domicílios com rendimento mensal per capita até  $\frac{1}{2}$  salário mínimo.

A partir do somatório dessas variáveis, obteve-se a porcentagem de pessoas expostas sem rendimento ou com renda de até  $\frac{1}{2}$  salário mínimo em cada polígono de BATER, em relação à população total exposta naquela Base Territorial Estatística de Risco (BATER). A porcentagem de pessoas expostas sem rendimento ou com renda de até meio salário mínimo de cada polígono de BATER foi obtido a partir do somatório dessas variáveis em relação ao total de população exposta naquela BATER.

As condições de esgotamento sanitário dos domicílios dividem-se entre dois grupos: esgotamento sanitário adequado e esgotamento sanitário inadequado. O sistema adequado agrupa 2 variáveis: via rede geral de esgoto ou pluvial e via fossa séptica. Esgotamento sanitário via fossa rudimentar, vala, rio, lago, mar ou outro escoadouro refere-se às condições de esgotamento inadequado. Para compor o indicador, foi considerada a porcentagem de pessoas expostas vivendo em domicílios com esgotamento sanitário inadequado em cada polígono de BATER.



Os percentuais calculados para cada indicador foram transformados em valores adimensionais, isto é, sem grandeza física associada. Nessa etapa, os dados foram normalizados linearmente em uma escala de 0 a 1 (em que 0 e 1 são os valores mínimo e máximo, respectivamente).

Os valores mínimo e máximo de cada indicador de vulnerabilidade foram calculados para cada município com base no conjunto de dados de todos os polígonos BATER encontrados.

Os valores adimensionais foram calculados e os resultados subsequentes foram normalizados em uma escala de 0 a 1 para obtenção do InOV. Este índice pode ser espacializado e a vulnerabilidade é representada em uma escala relacional.

Assim, os valores mais próximos de zero representam um nível inferior de exposição física e uma maior capacidade de resposta (ou seja, menor vulnerabilidade), enquanto os valores mais próximos de um representam um maior nível de exposição física e uma menor capacidade de resposta, indicando assim áreas de maior vulnerabilidade.

Uma vez que o InOV é um índice relacional na escala intra-urbana, permite uma comparação entre as condições de exposição e a capacidade de resposta dos residentes em todos os polígonos BATER. O resultado final é diretamente proporcional ao maior percentual de pessoas em condições críticas, que são classificadas em três classes: vulnerabilidade média, alta e muito alta.

O InOV foi calculado para cada uma das 27.116 áreas de risco dentro dos 443 municípios avaliados. O uso de dados desagregados nos polígonos de BATER permite a construção de um índice de vulnerabilidade que atende aos seguintes propósitos: i) preserva a heterogeneidade das áreas de risco; ii) permite a comparação dentro do mesmo município, ou seja, permite a identificação das áreas mais vulneráveis com base nas condições de exposição das famílias e capacidade da população residente para resposta.



Em relação à população total de 71.711.679 residentes em 443 municípios, cerca de 9% da população era vulnerável a risco de deslizamentos em 2010 (tabela 1 e figura 16).

Região	Número de municípios com InOV	População total dos municípios com InOV	População vulnerável e % da população vulnerável em relação à população total
N	42	3.359.994	70.619 (12,9%)
NE	95	17.339.933	2239069 (12,9%)
SE	227	41.398.239	3.564.424 (8,6%)
S	74	8.428.996	351.667 (4,2%)
CO	8	1.184.517	1961 (0,2%)
<b>Total</b>	<b>443</b>	<b>71.771.679</b>	<b>71.711.679</b>

População em muita alta vulnerabilidade	População em alta vulnerabilidade	População em média vulnerabilidade
54.741 (77,5%)	3708 (5,2%)	12.170 (17,3%)
993.753 (44,4%)	786.991 (35,1%)	458.325 (20,5%)
1.354.907 (38%)	1.335.842 (37,5%)	873.675 (24,5%)
186.063 (52,9%)	84.429 (24%)	81.175 (23,1%)
1476 (75,3%)	0 (0%)	485 (24,7%)
<b>2.590.940</b>	<b>2.210.970</b>	<b>1.425.830</b>

Tabela 1: Estimativa de população vulnerável aos deslizamentos de terra por classes de vulnerabilidade e por regiões do Brasil. Fonte: Adaptado de Assis Dias et al. (2020).

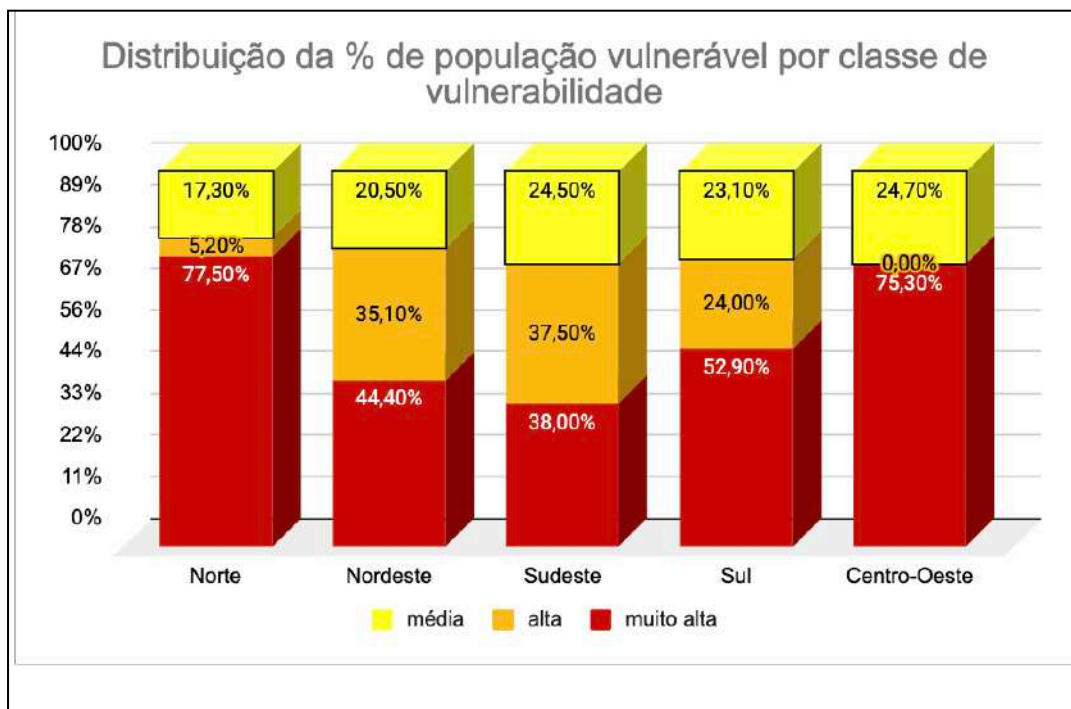


Figura 16: Distribuição da % de população vulnerável por classe de vulnerabilidade segundo as regiões do Brasil. Fonte: elaborada pela autora.

As Regiões Nordeste e Sudeste tinham populações vulneráveis que compreendiam 12,9% e 8,6%, respectivamente, de sua população total nos 95 e 227 municípios avaliados em cada. Entre as 6.227.740 pessoas vulneráveis a deslizamentos nos municípios avaliados, aproximadamente, 42% viviam em áreas classificadas como de vulnerabilidade muito alta, enquanto 35% e 23% viviam em áreas classificadas como de vulnerabilidades alta e média, respectivamente.

O Sudeste concentra o maior número de municípios avaliados (um total de 227), com 15.992 áreas de risco de escorregamento e o maior contingente de pessoas vulneráveis, resultando em mais de 3,5 milhões de pessoas. Desse total, cerca de 38% e 37,5% da população residiam em áreas classificadas como de muito alta e alta vulnerabilidade, respectivamente.

O segundo maior grupo vulnerável localizava-se na região Nordeste, no qual foi estimado um total de 2.239.069 pessoas, das quais 44,4% (35,1%) da população vivia em áreas classificadas como de muito alta vulnerabilidade (alta). Do total de 70.619 pessoas vulneráveis que vivem na região Norte, cerca de 77% viviam em áreas classificadas como de alta vulnerabilidade em 42 municípios.

## Estudos de caso para avaliação da eficácia do InOV

Para apoiar o fornecimento de alertas de risco antecipados que incluam informações detalhadas sobre populações vulneráveis em áreas de risco de deslizamento, faz-se necessário a identificação dessas áreas, incluindo nomes de ruas e bairros, bem como das suas localizações espaciais (Assis Dias et al., 2020). Estas informações complementares podem ser enviadas às autoridades de Defesa Civil no contexto do sistema de monitoramento e alerta precoce brasileiro.

Antes de incorporar o InOV ao protocolo de operação, um procedimento de validação foi executado: a relação entre as áreas identificadas como de atenção especial, com base em classes de vulnerabilidade e incidências de perdas humanas causados por deslizamentos de terra, foi avaliada. Uma análise inicial foi realizada usando ocorrências de deslizamentos de terra documentados no banco de dados REINDESC do Cemaden e relatado entre janeiro 2016 e junho de 2019.

Durante esse período, o Cemaden emitiu diversos alertas de risco geodinâmico, dos quais 172 foram registros de deslizamentos com vítimas ou pessoas afetadas. Houve 283 registros de deslizamentos ocorridos dentro dos polígonos BATER. Verificou-se que as áreas classificadas como de vulnerabilidades alta e muito alta representaram 76,3% das ocorrências relatadas, aproximadamente 91% das pessoas afetadas, e 28 das 35 fatalidades (ver figura 17).

Esses dados mostram que o InOV poderia ter sido incluído nos avisos/alertas, uma vez que demonstram um alinhamento das áreas caracterizadas por vulnerabilidades alta e muito alta e perdas humanas. A maioria das ocorrências registradas durante o período de análise foi associada com eventos de pequenas magnitudes, ou seja, pequenos deslizamentos de terra induzidos por atividade humana, o corte e aterro de encostas e/ou eventos re-



sultando em baixos impactos, com pouco ou nenhum dano e/ou número de vítimas relatadas (238 - 84%).

O fato de que mesmo pequenos deslizamentos de terra resultaram em fatalidades ou pessoas impactadas reforça a influência da vulnerabilidade social nesses eventos. Em relação aos registros do REINDESC, também como evidência empírica das atividades de monitoramento do Cemaden, a preponderância de desastres de baixa magnitude também foi verificada e está alinhada com a UNISDR (2013), que destacou que mais da metade das mortes, bem como 90% das perdas materiais nas Américas nos últimos 22 anos, foram devido a eventos recorrentes e de pequena escala.

**Este cenário no Brasil, que é consistente com a tendência mundial, destaca a importância de investir em metodologias que incluam a vulnerabilidade da população em áreas de risco.**

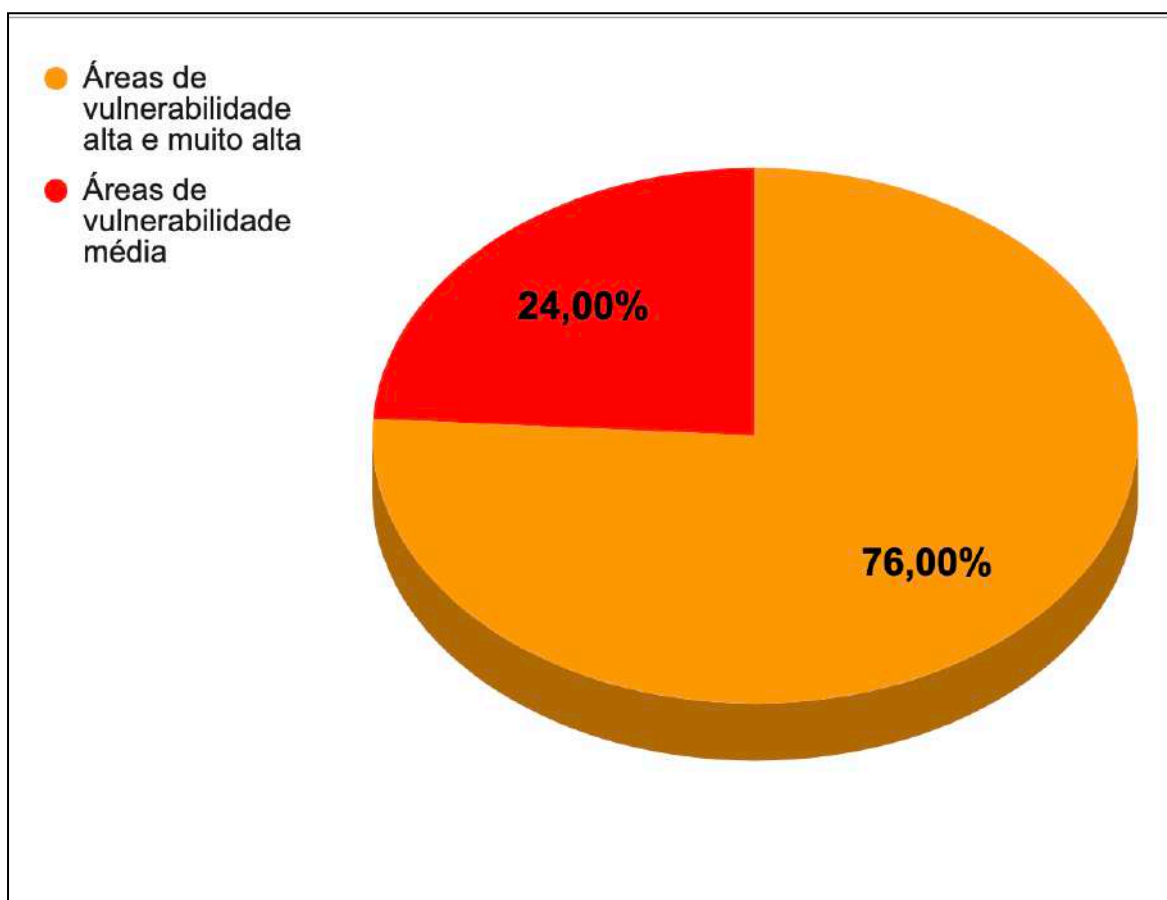


Figura 17: Percentuais totais de registros de deslizamentos de terra distribuídos entre as classes de vulnerabilidade. Fonte: Elaborado pela autora.

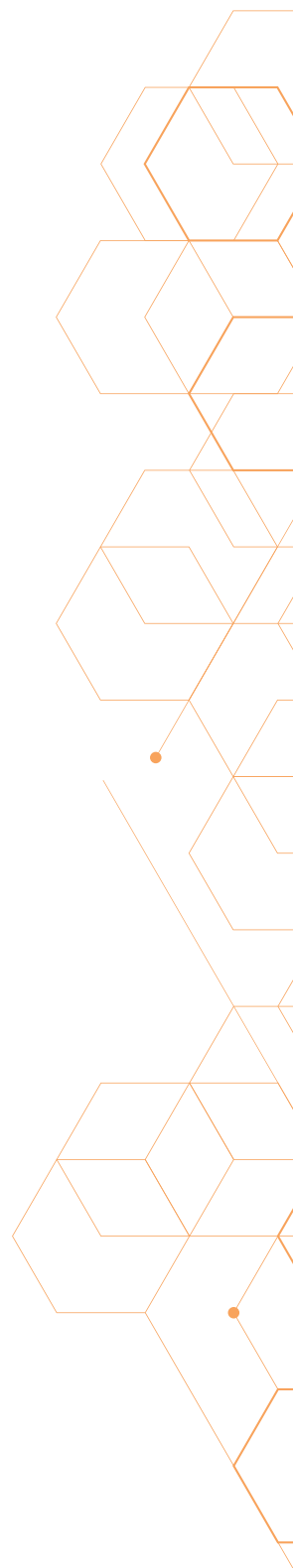
Uma análise mais detalhada focando o registro de ocorrência após um alerta de risco emitido pelo Cenaden foi realizada para o município de Mauá, que está situado na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e está entre os quatro municípios da região com o maior número de desastres de deslizamentos e inundações registrados em décadas recentes [66].

De um total de 417.064 residentes no ano de 2010 (IBGE, 2010), estimou-se que 36.478 estavam expostos nas 34 áreas de risco que foram mapeadas (Alvalá et al. 2019). Chuvas fortes foram registradas em várias localidades dentro do município entre 16 e 17 de fevereiro de 2019 (Figura 18), que combinada com a suscetibilidade e a vulnerabilidade da população nas áreas de risco resultaram em deslizamentos.

Entre os desastres, dois eventos causaram quatro vítimas (crianças de 1 ano, 4, 7 e 8 anos) e ocorreram na rua Ane Altomar e Avenida Cidade Mauá no bairro Jardim Zaíra. Conforme ilustrado na Figura 18, ambos os deslizamentos ocorreram em áreas classificadas como de vulnerabilidade muito alta. Este cenário foi caracterizado por precipitação generalizada ao longo do município, que acumulou aproximadamente 130 mm de chuva em mais de 48 h, nas áreas de risco localizadas no Jardim Zaíra, onde as mortes foram relatadas. Tais áreas de risco teriam sido classificadas como de alta ou muito alta vulnerabilidades, bem como outras áreas, como Jardim Oratório, Jardim Cerqueira Leite, Jardim Rosina, Jardim Éden, Vila Feital e Vila Nova.

Nessas áreas, estimou-se que 28.133 pessoas vulneráveis viviam em 7.704 domicílios. Se as áreas com vulnerabilidade alta ou muito alta fossem mencionadas nos avisos, autoridades de Defesa Civil poderiam ter concentrado suas respostas nas áreas mais críticas, ou seja, 23 áreas de risco dentro de 1,4 km<sup>2</sup>, em vez de 34 áreas de risco distribuídas em aproximadamente 2 km<sup>2</sup> ou ainda, em todo o município de Mauá. Dessa forma, a ação pode ser mais efetiva.

Três diferenças principais são destacadas em relação ao InOV em comparação com outros índices: i) a finalidade operacional para identificar vul-



nerabilidade e a sua aplicação em um sistema de monitoramento e alerta precoce de desastres no Brasil; ii) refinar ainda mais uma análise de uma escala de análise intramunicipal que compreenda os municípios que efetivamente apresentaram deslizamento em áreas de risco; e iii) utilizar registros de desastres em uma escala compatível para validar o índice.

A validação do InOV mostrou que o índice pode identificar de forma eficiente áreas vulneráveis e que ao serem identificadas em um alerta de risco podem ser priorizadas durante uma emergência e resposta a desastres em uma escala local.

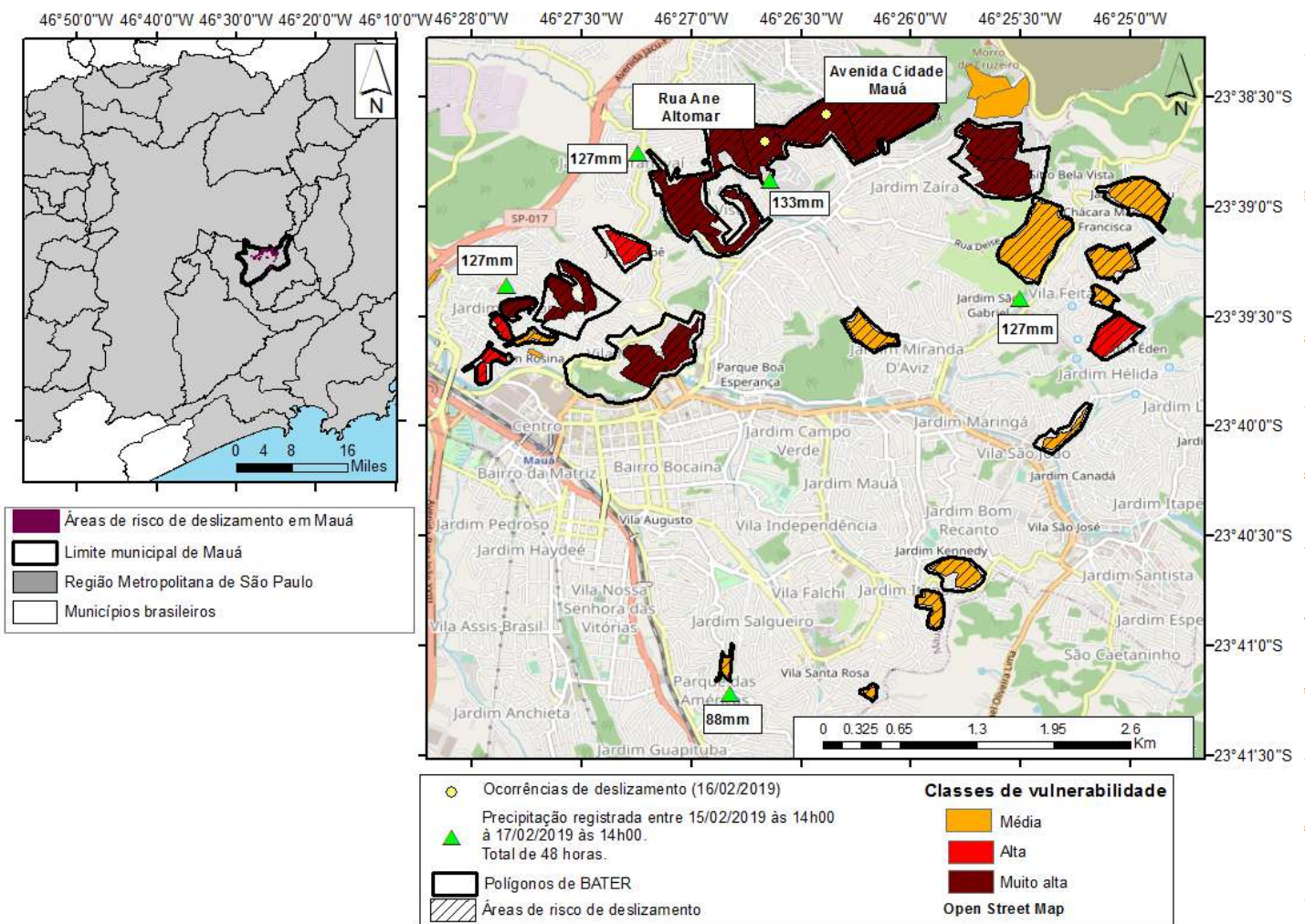


Figura 18: Distribuição espacial das classes de vulnerabilidade, ocorrências de deslizamentos de terra e chuvas registradas pelos pluviômetros instalados em Mauá, SP, entre 16 e 17 de fevereiro de 2019. Fonte: Assis Dias et al. (2020).

Conforme ressaltado em Assis Dias et al. (2020), informações sobre a vulnerabilidade podem ser associadas às condições meteorológicas e previsões de chuvas, que também estão associadas com vários aspectos de

suscetibilidade que caracterizam as áreas de riscos mapeadas em um determinado município. Incorporar informações sobre a vulnerabilidade da população em áreas de risco subsidia o fornecimento de avisos detalhados de desastres. Assim, o InOV constitui-se em um importante índice adicional, uma vez que contempla informações sócio-demográficas relevantes que contribuem para complementar o conteúdo dos alertas emitidos por especialistas no Cemaden.

Uma nova camada de informações estáticas permite a indicação das áreas de riscos de determinado município (Figura 19), definidas como aquelas onde as condições de uma população vulnerável a deslizamentos são mais críticas.

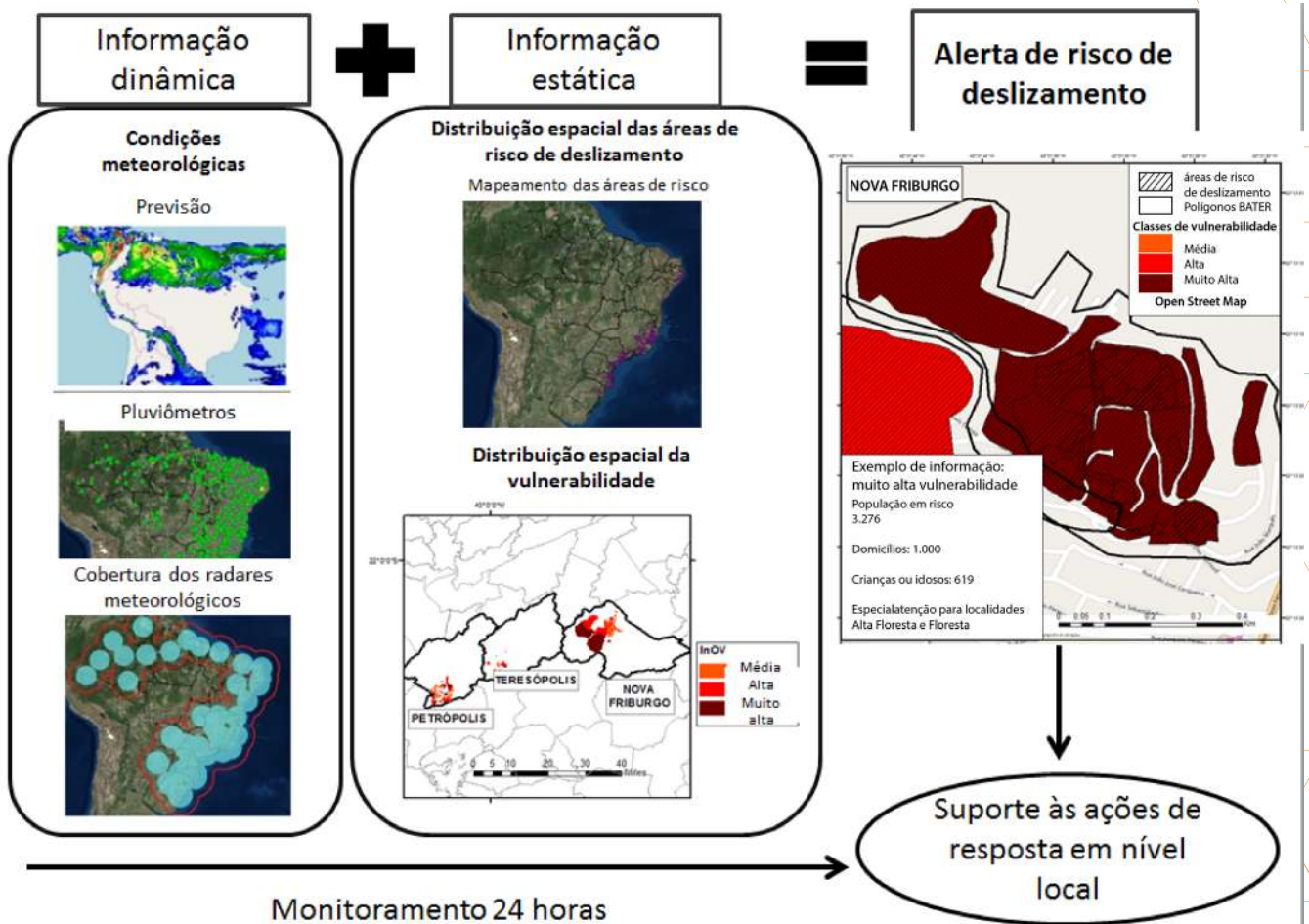


Figura 19: Proposta do modelo conceitual do monitoramento e alertas antecipados incluindo o InOV. Fonte: Adaptada de Assis Dias et al. (2020).

Por exemplo, em um cenário dinâmico de chuvas generalizadas em um determinado município, os especialistas podem avaliar as áreas de riscos mais críticas em termos de condições de vulnerabilidade da população. Isto permite que eles determinem aquelas áreas que requerem atenção especial das autoridades municipais de Defesa Civil.

Portanto, a identificação explícita de áreas de risco classificadas como de alta e muito alta vulnerabilidades é relevante em ações de resposta. Por exemplo, para o município de São Paulo- SP, onde as áreas de risco somam mais de 16 km<sup>2</sup>, as áreas de vulnerabilidade muito alta e alta estão distribuídas em uma área de 9,8 km<sup>2</sup> (Figura 20); portanto, as autoridades de Defesa Civil podem concentrar seus esforços naquelas áreas mais críticas em caso de iminência de chuvas extremas que possam deflagrar deslizamentos de terra.

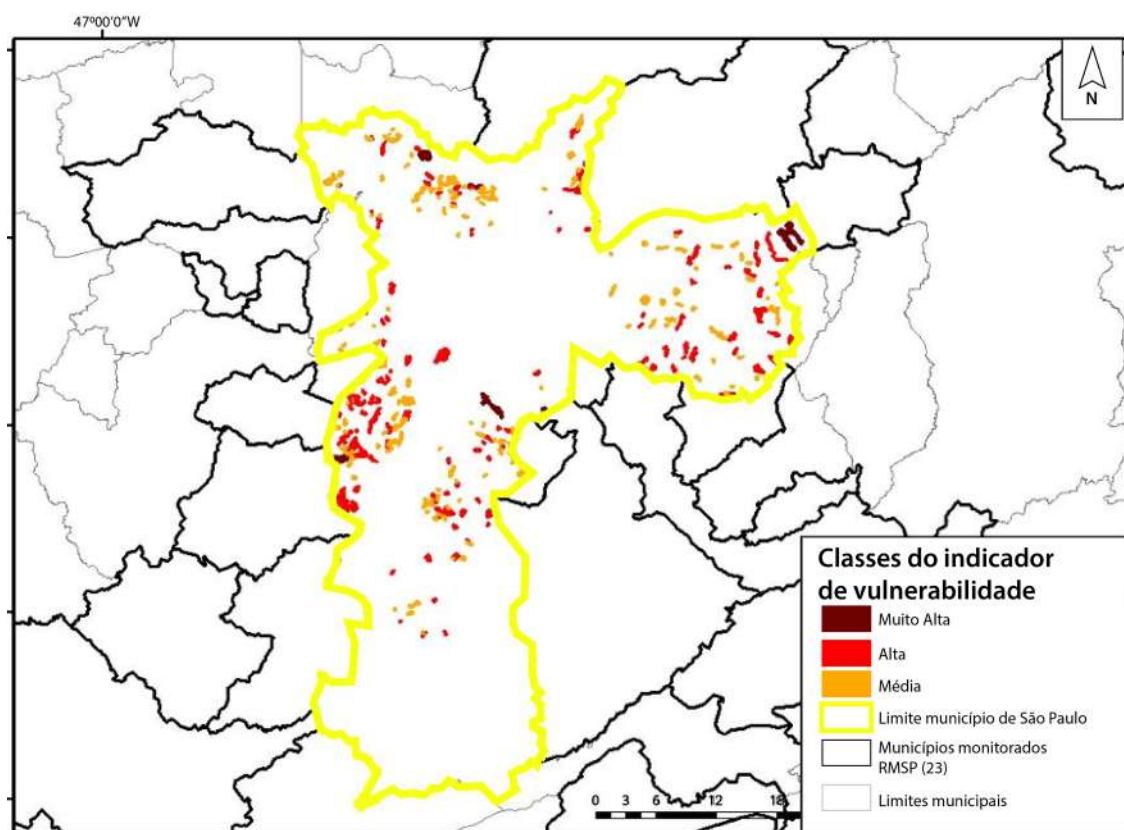


Figura 20: Distribuição espacial das áreas de risco no município de São Paulo de acordo com as classes de vulnerabilidade. Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base na vulnerabilidade da população, bem como na suscetibilidade às condições das áreas de risco, destaca-se que os resultados do InOV são úteis na

identificação de áreas que requerem atenção especial, particularmente quando sob condições de chuva generalizada (uniformemente distribuída).

Nessas condições, quando a maioria das áreas de risco têm taxas de chuvas que se aproximam de valores críticos, conhecer as áreas de maior vulnerabilidade pode ser de extrema importância na tomada de decisões estratégicas (por exemplo, definir as áreas que devem ter prioridade em ações de respostas, evacuação de residentes, ativação de sirenes, etc.).

Isso é especialmente relevante no Brasil, pois os eventos de precipitação nas regiões Sul e Sudeste do país estão principalmente associados a sistemas meteorológicos de escala sinótica, ou seja, têm uma extensão horizontal de mais de 1000 km (Seluchi e Chou, 2009; Teixeira e Satyamurty, 2007). Essas regiões contêm 301 municípios (aproximadamente 4 milhões de pessoas vulneráveis em áreas de risco de escorregamentos) para as quais o InOV foi estimado.

## Considerações Finais

Conforme também ressaltado por Assis Dias et al. (2020), a percepção de riscos não é incorporada em monitoramento e alertas no presente momento. No contexto da gestão de riscos e respostas a desastres, a percepção de riscos é fundamental para atividades de preparação, resposta e comunicação de risco.

Tanto quanto conhecer os riscos, é fundamental que as pessoas expostas reconheçam os riscos a que estão expostas, para que isso, associado a uma gestão integrada de monitoramento e alerta, contribua para a diminuição da vulnerabilidade. Trata-se de uma medida não estrutural essencial que deve ser priorizada, o que demanda investimentos em educação para percepção de riscos e que ainda é um desafio para o sistema de monitoramento e alertas de desastres do sistema nacional de gestão de riscos e respostas a desastres.



## Metodologia de Concepção do Alerta: da teoria à prática

5

**Importância da estruturação  
do banco de dados de  
ocorrências para avaliação  
de alertas**

# Bases de dados e fontes de informações Tendências de eventos de desastres nos países em desenvolvimento

Informações sobre eventos de desastres naturais são fundamentais para o planejamento e avaliação de sistemas de prevenção, mapeamento, monitoramento e resposta a estes eventos. Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010 (Brasil, 2013), os principais desastres naturais no Brasil em termos de ocorrência, afetados e óbitos são seca ou estiagem, inundações/enxurradas, vendavais e movimentos de massa. Considerando-se apenas os óbitos, as inundações e movimentos de massa são os mais relevantes.

Agências nacionais de diferentes áreas possuem bases de informações sobre desastres para aplicações específicas como o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos – CENAD e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT.

Em escala global existem diversas bases de informações sobre desastres sendo o Emergency Events database – EM-DAT a principal delas. Os registros são compilados de fontes variadas como agências das nações unidas, organizações não governamentais, órgãos de pesquisa, companhias de seguro, instituições de pesquisa e agências de notícias.

Atualmente o EM-DAT contém registros de ocorrências de desastres naturais e tecnológicos que resultaram em mais de 10 óbitos e/ou mais de 100 pessoas afetadas, feridos ou desabrigados e/ou solicitação de ajuda internacional. Os registros são de acesso irrestrito através do endereço ele-



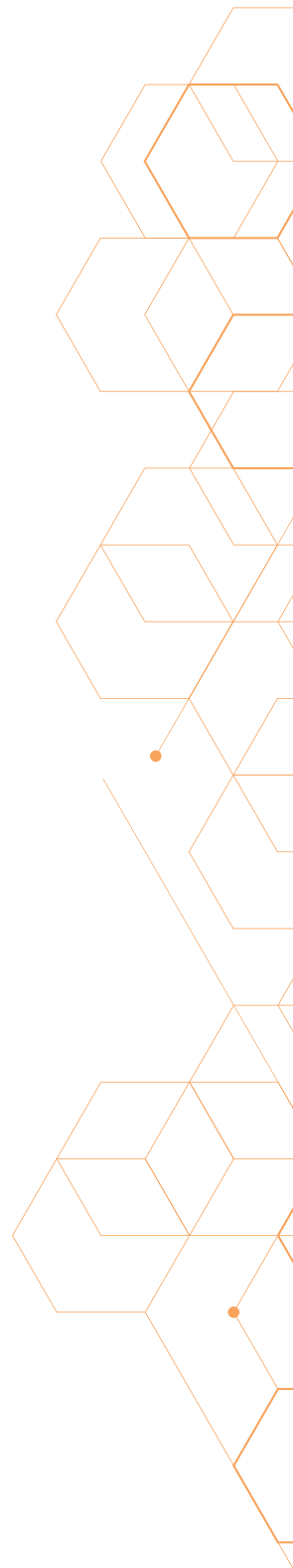
trônico <http://www.emdat.be>. Com relação a desastres geotécnicos, mais especificamente deslizamentos, o *Landslide Reporter do Goddard Space Flight Center - NASA* (Kirschbaum et al., 2010), apresenta uma compilação de eventos extraídos de relatórios de notícias, artigos acadêmicos, mídia online regional e nacional e bases institucionais.

Artigos de notícias online são vasculhados na rede como fonte primária de informação sobre deslizamentos com auxílio da ferramenta de busca do Google – Google Alerts (<http://www.google.com/alerts>) e outros mecanismos de busca. Os autores apresentam ainda uma lista de web links com relatórios de eventos de deslizamentos em nível regional e global.

Em escala nacional, Pennington et al. (2015) apresentam a estrutura de aquisição e comunicação da base de dados de deslizamentos da Grã-Bretanha, cuja inovação consiste na busca não apenas de fontes oficiais e relatórios de notícias, mas também de informações coletadas em redes sociais e outras fontes online. Redes como o Twitter são monitoradas pela ocorrência de palavras-chave como escorregamento, deslizamento, corrida de massa, queda de blocos, etc.

Limitações na qualidade destas informações decorrentes da menção por não especialistas são tratadas por meio de buscas adicionais junto às agências oficiais e referências cruzadas para confirmação. Esta abordagem permitiu não somente um aumento significativo do número anual de registros, mas também a criação de categorias de informação aplicáveis a diferentes tipos de atividades.

Com relação à inundações, o Global Active Archive of Large Flood Events (<http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/index.html>) do Dartmouth Flood Observatory (DFO) – Universidade do Colorado apresenta uma compilação de informações derivadas de agências de notícias e governamentais, medições de instrumentos e dados de sensoriamento remoto.



O arquivo é considerado ATIVO porque eventos atuais são imediatamente adicionados. Nesta base, óbitos e desalojados decorrentes de grandes tempestades são incluídos, mas danos de tempestades sem inundações relevantes são descartados. Assim como outras bases globais, as informações são registradas apenas para eventos altamente destrutivos e que impactam grandes áreas, ou seja, eventos locais e de pequeno ou médio impacto são desconsiderados.

Em compilação de eventos entre 1998 e 2008, denominada Global Flood Inventory (GFI) Adhikari et al. (2010) coletaram registros de inundações de bases como o DFO, EM-DAT, ReliefWeb, IFNET, bases de dados nacionais e online e noticiários locais.

A maior preocupação dos autores foi: i) atribuir coordenadas geográficas ao centro de cada polígono envolvendo a área inundada e verificar estas localizações com relatórios e notícias adicionais mais detalhadas e ii) padronizar os dados por meio de um conjunto de parâmetros previamente estabelecidos permitindo a integração de eventos reportados em diferentes escalas de impacto.

Definidas as localizações, são apresentadas análises espaciais do fenômeno inundação como distribuição de fatalidades, exposição e variações sazonais. A base georreferenciada é disponibilizada por solicitação direta via email ou através do link <http://hydro.ou.edu>.

Visando à criação de uma base integrada para eventos geo-hidrológicos -deslizamentos e inundações - na Itália, Napolitano et al. (2018) desenvolveram uma estrutura para armazenar, organizar e manipular informações sobre estes eventos derivadas de fontes como registros bibliográficos, mídia convencional e online, dentre outras.

São apresentados os modelos conceitual, lógico e físico que permitem a integração dos eventos, padronização e organização de informações tão heterogêneas em uma base única. A base de dados foi denominada *LANDS-*



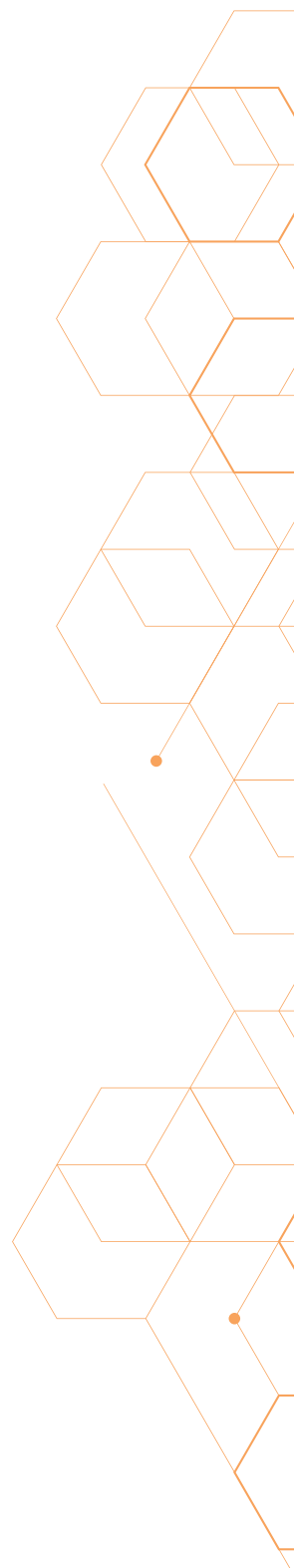
*lides and Floods National Database (LAND-deFeND)* e é aberta para consultas através do endereço <http://geomorphology.irpi.cnr.it/tools>.

Outra base de dados importante é o sistema DesInventar, desenvolvido por grupos de pesquisadores e atores institucionais ligados ao grupo LA RED - Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, que incorpora bases de dados de escala local a global. O grupo desenvolveu um sistema de aquisição, consulta e exibição de informações de desastres de pequeno, médio e grande impacto baseado em informações de agências de notícias e relatórios de instituições de 9 países da América Latina (<https://www.desinventar.org>).

Há flexibilidade para criação de inventários paralelos por diversas instituições nacionais e subnacionais integrados em uma estrutura conceitual que permite a comparação entre eles. É grande a lista de bancos de dados dedicados ao registro de eventos de desastres variando em especificidade, abrangência espacial ou temporal, detalhamento, fontes e propósitos. Após a criação do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (Cemaden) em 2011, deu-se início à criação de um inventário com foco em eventos de inundação e deslizamento como ferramenta de auxílio às diversas atividades do centro.

Um dos objetivos do projeto é a incorporação de informações das mais variadas fontes, incluindo dados oficiais de agências governamentais e Defesas Civis, agências de notícias e mídia online. Além de grandes eventos, são registrados também eventos menores, que não chegam a ser considerados desastres, mas que podem causar danos econômicos e interrupção de atividades rotineiras ou de serviços básicos das comunidades envolvidas.

Trataremos neste módulo dos critérios, ferramentas e aplicações da iniciativa do Cemaden como um modelo para a demonstração da importância do registro padronizado de ocorrências de deslizamentos e inundações e referência para possíveis colaborações com agências de Defesas Civis. Algumas vantagens e desafios na construção de bancos de dados de desastres:



V A N T A G E N S	Mapeamento e avaliação da distribuição espacial dos eventos para efeitos de planejamento urbano e medidas de prevenção e mitigação.
	Avaliação da efetividade de sistemas de previsão e monitoramento — o conhecimento da localização e horário de ocorrências dos eventos é fundamental para verificação da efetividade dos sistemas de previsão e para subsidiar ações de reavaliação e atualização de alertas.
	Elaboração de intervalos de recorrência de eventos de inundações e de correlações entre eventos de deslizamento e chuva acumulada para uso em previsões destes eventos - atividades de pesquisa e desenvolvimento de modelos de previsão e estimativas de impactos passa invariavelmente pela análise de histórico de ocorrências e associação com os valores de chuva relacionados.
D E S A F I O S	Identificação de eventos de pequeno porte, baixo impacto e ocorrência em regiões remotas — em contraposição aos grandes desastres, eventos de pequeno porte, embora causem impactos significativos quando somados, não costumam constar regularmente em bases de dados de desastres devido, principalmente, à sua grande frequência de ocorrência e diversidade de formatos e padrões reportados. Por outro lado, ocorrências em áreas remotas podem ser negligenciadas devido à dificuldade de acesso e conhecimento da decorrência de forma tão clara como divulgada nos grandes centros.
	Determinação de localização exata e impactos associados a eventos generalizados sem especificação da causa direta — muitas vezes eventos meteorológicos extremos resultam em danos generalizados, dificultando a distinção exata de impactos por cada tipologia de desastre. Deslizamentos generalizados, inundações, enxurradas, alagamentos e vendavais, quando ocorrem simultaneamente, impedem ou dificultam a determinação exata do número de afetados, forçando a realização de estimativas totais de afetados e impactos gerais.
	Padronização e integração de fontes diversas em uma estrutura única - sem dúvida o maior desafio na estruturação de bancos de dados de ocorrências é a variedade de fontes de informação e o emprego de terminologias diferentes, variáveis, parâmetros e objetivos diversos e metodologias de contabilização de impactos.

Quadro 3: Vantagens e desvantagens de um banco de ocorrências. Fonte: Elaborado pelo autor.

# REINDESC - Registros de Eventos de Inundação de Deslizamentos do Cemaden

Como modelo para ilustração da estruturação de bancos de dados de desastres naturais no Brasil é descrito a seguir o banco de dados do Cemaden que compila informações de diversas fontes em uma base única.

O objetivo aqui não é apresentar o REINDESC como base de dados nacional que abarca todo tipo de informação sobre desastres naturais, mas sim demonstrar algumas etapas da construção e, principalmente, os principais desafios desta tarefa, dado o tamanho do território nacional, grande diversidade de eventos, padrões de informação e complexidade de identificação de impactos, a partir de eventos generalizados com ocorrência simultânea de diferentes tipologias de desastres. São apresentados alguns critérios para levantamento e padronização de informações, ferramentas de integração e recursos de visualização, consulta e exportação para diferentes finalidades de aplicação.

É importante ressaltar que o conteúdo apresentado a seguir faz parte das atividades de registro de ocorrências pelos tecnologistas da Sala de Situação do Cemaden e não deve ser confundido com os registros no S2iD

## Municípios monitorados

Os registros de ocorrências do REINDESC referem-se a 1040 municípios monitorados atualmente pelo Cemaden (2022) distribuídos nas 5 regiões do país. Os critérios para inclusão dos municípios ao monitoramento são: i) histórico de ocorrências de deslizamentos e/ou inundações no referido município e ii) presença de áreas de risco mapeadas para estes processos.



REGIÃO	SUDESTE	NORTESTE	SUL	NORTE	CENTRO-OESTE	TOTAL
MUNICÍPIOS	405	333	154	117	31	1040

Tabela 2: Municípios monitorados por região no Brasil. Fonte: Cemaden.



Figura 21: Distribuição espacial dos municípios monitorados pelo Cemaden. Fonte: Cemaden

## Formatação e estruturação do banco de dados

Ainda que em muitos casos os distúrbios de origem antropogênica, como cortes e aterros com modificação de encostas, cortes de estradas, desmatamentos e ocupações urbanas em áreas marginais, subdimensionamento ou acúmulo de lixo em redes pluviais urbanas, interfiram ou mesmo determinem a ocorrência de processos de deslizamento e inundação, de maneira geral, o fator desencadeador destes processos no Brasil é um evento de chuva.

*Ações derivadas de atividades humanas*

Portanto, os processos ocorrem quase sempre durante ou após um evento de **precipitação pluviométrica** intenso ou prolongado. Kirschbaum (2010) utiliza o termo EVENTO para se referir a uma ocorrência simples ou ao agrupamento de processos de deslizamentos durante um evento chuvoso sobre uma determinada área.

Napolitano et al. (2018) consideram fenômeno um processo geo-hidrológico isolado, seja ele deslizamento ou inundação, enquanto o termo EVENTO também é reservado ao agrupamento de processos de inundação ou deslizamento em uma dada área geográfica e período de tempo. Em ambos os casos o termo EVENTO parece adequado para determinar um ou mais processos geo-hidrológicos ocorridos em um período de tempo e área geográfica coerente com um evento pluviométrico.

Assim, no REINDESC um EVENTO refere-se à ocorrência de processos isolados de inundação ou deslizamento ou o agrupamento destes processos na área de abrangência de um município, durante um determinado período, enquanto uma OCORRÊNCIA constitui cada registro dentro do banco de dados.

*Precipitação pluviométrica ou chuva é o processo pelo qual a água condensada na atmosfera atinge gravitacionalmente a superfície terrestre.*

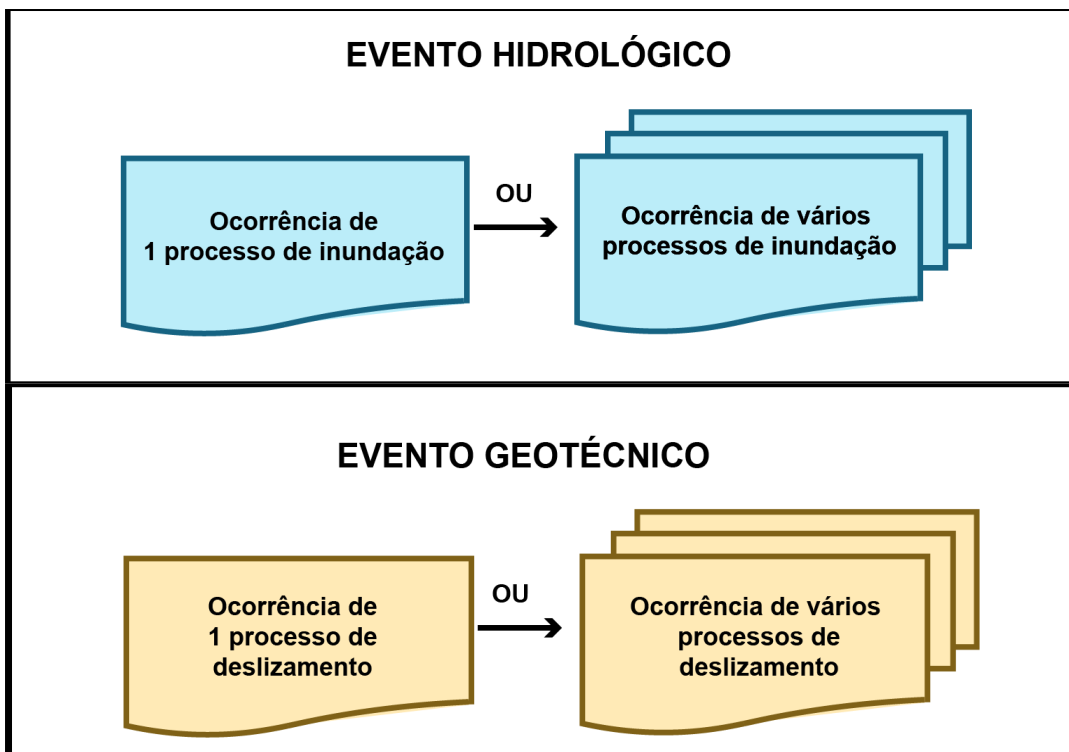


Figura 22: Terminologia para representação dos registros no REINDESC. Fonte Cemaden

## Busca de informações – fontes e parâmetros de entrada

Prioritariamente as fontes de informações oficiais : o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos – CENAD (relatórios enviados diariamente e registros da base de dados online), sites de agências oficiais (defesas civis estaduais, agências federais de gerenciamento de recursos e serviços específicos) e formulários de ocorrências enviados sob demanda às defesas civis de municípios monitorados pelo Cemaden são usadas para início dos registros. Em caso de ausência de dados oficiais, sites de notícias online nacionais e regionais são vasculhados na rede em busca de informações para criação de novos registros. Em ambos os casos as diferentes fontes são usadas para confirmar ou complementar aquelas usadas inicialmente de forma a preencher o mais detalhadamente possível os parâmetros necessários à descrição dos eventos.

### BOX 1 – Formulários de ocorrência:

Ressalta-se aqui a importância do conhecimento dos formulários de ocorrência emitidos pelo Cemaden no corpo dos alertas para comunicação de ocorrências durante o período de vigência dos mesmos. Estes formulários possuem campos simplificados para identificação de tipo, horário e localização e representam informação valiosa para monitoramento atual dos eventos e auxílio à atualização dos alertas.

Adicionalmente, um link para acesso ao formulário pode ser encontrado na página do Cemaden para comunicação de ocorrências em caso de alertas não enviados no link <http://www2.cemaden.gov.br/ocorrencias/index.php>. Solicita-se o preenchimento de um formulário para cada tipo de ocorrência (inundações, enxurradas, alagamentos, deslizamentos, etc.) e tantos quantos o número de ocorrências pontuais forem acontecendo, com indicações de localizações e horários conforme o nível de precisão possível.



  
**Cemaden**  
 Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

**Coordenação-Geral de Operações e Modelagem (CGOM)**  
 Divisão de Monitoramento e Alertas (DMA)

## Formulário de Ocorrências de Desastres Naturais

As respostas são muito importantes para avaliar e melhorar a qualidade dos alertas emitidos pelo Cemaden, e ajudar na redução do número de pessoas afetadas por desastres naturais. Mesmo ocorrências pequenas (que não gerem ocorrências formais) são de extrema importância para avaliar a qualidade dos alertas. O que não puder ser respondido deixar em branco, mas qualquer informação será muito relevante.

**ATENÇÃO**  
 Em caso de mais de uma ocorrência de desastre, registrar primeiro a de maior impacto. Caso possível registrar o tipo, data, horário e local das demais ocorrências no campo "Observações sobre o alerta".

Número do Alerta:	Ano:		
<input type="text"/>	<input type="text" value="2021"/>		
Estado:	Município:		
<input type="text" value="v"/>	<input type="text" value="v"/>		

Figura 23: Link de acesso ao formulário para registro de ocorrências. Fonte: Cemaden

Identificadores de documentos oficiais e formulários de ocorrência e hiperlinks de notícias online são armazenados de forma a permitir checagem e reavaliação das informações. No caso de informações online, além dos hiperlinks das notícias, os textos na íntegra, fotos ou seções específicas referentes aos eventos, são integrados a um relatório em formato pdf.

Esta integração visa evitar a perda da informação em caso de desativação ou perda dos hiperlinks ao longo do tempo. Cada ocorrência ou processo individual é composta de um conjunto de:

- » Parâmetros de identificação (Data e horário GMT, tipo de processo, magnitude e localização);

- » Indicadores de precisão (de horário e localização);
- » Danos causados (óbitos, feridos/enfermos, desabrigados, desalojados, desaparecidos e outros);
- » Parâmetros adicionais (vinculação a áreas de risco mapeadas, nível e nome do rio, solicitação de auxílio em instâncias superiores de governo e fontes de informação).

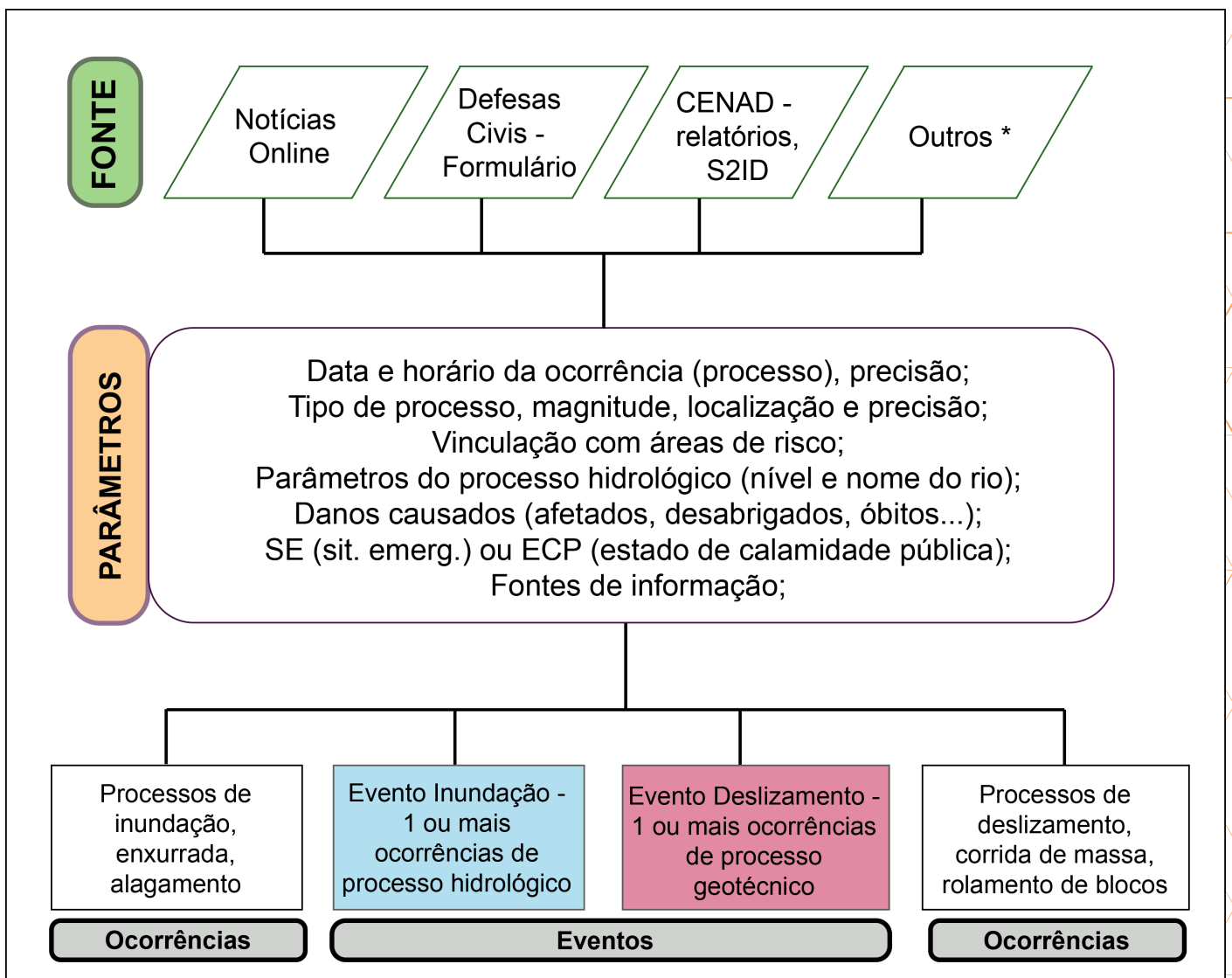


Figura 24: Estruturação das fontes, parâmetros e registros de ocorrências no REINDESC.  
Fonte: Figura elaborada pelo autor.

A magnitude é associada à ocorrência conforme legenda individual indicada na tabela 2 para processo hidrológico e geológico.

A data e horário referem-se à ocorrência do processo e estão associados a 4 níveis de precisão: **Alta precisão** – a informação fonte indica o horário específico da ocorrência; **Média precisão** – informação fonte indica o horário aproximado da ocorrência ou horário de atendimento das equipes de resgate; **Baixa precisão** – informação fonte cita apenas o período do dia em que o processo ocorreu; **Ausente** – informação fonte não faz referência ao horário e assume-se apenas a data da ocorrência.

O tipo de processo indica a tipologia do processo hidrológico – inundação (gradual ou brusca), enxurrada, alagamento ou outro processo hidrológico – ou geotécnico – deslizamento, corrida de massa, rolamento de blocos ou outro processo geotécnico. A localização muitas vezes imprecisa, à semelhança do horário, também necessita de rótulos indicadores de precisão determinados a partir de critérios e convenções indicativos de 4 níveis:

**Alta precisão** – informação fonte indica o local específico com possibilidade de identificação da coordenada geográfica como a indicação de endereço exato ou com auxílio das imagens do google por exemplo. A coordenada registrada refere-se ao ponto exato.

**Média precisão** – informação fonte refere-se à ocorrência em nível de localidade ou rua. A coordenada geográfica é registrada no centro de um raio de 1km a partir do centro da localidade ou rua.

**Baixa precisão** - informação fonte refere-se à ocorrência em nível de bairro ou região. A coordenada geográfica é registrada no centro de um raio de 3km a partir do centro do bairro/região.

**Ausente** – informação fonte faz referência à ocorrência em município sem detalhamento da localização. A coordenada geográfica é registrada no centro do polígono limítrofe do município. Novamente, aqui, a legenda visa dar um direcionamento à interpretação e transcrição da grande variabilidade de formatos de informações disponíveis, as quais, muitas vezes, não indicam a localização ou o fazem de forma genérica.



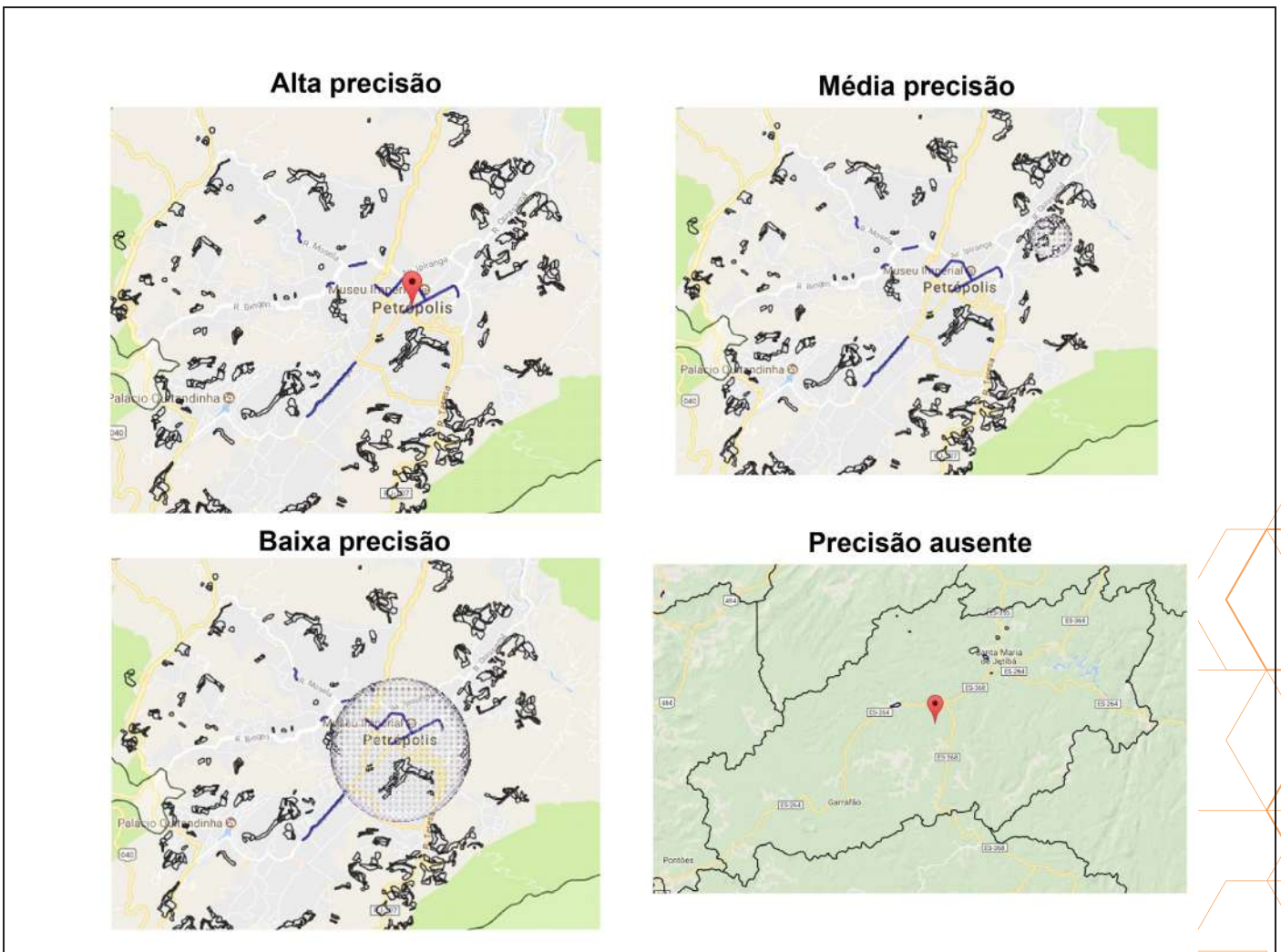


Figura 25: Ilustração do significado dos rótulos de precisão para a localização das ocorrências no banco de dados. Fonte: Cemaden.

Os danos registrados referem-se apenas a danos humanos e seguem o padrão informado nos Formulários de Informações de Desastres (FIDE's) preenchidos pelos municípios como parte dos procedimentos de solicitação de reconhecimento federal de Situação de Emergência (SE) e Estado de Calamidade pública (ECP). Assim, quando os eventos são registrados a partir de fontes oficiais descritas nos FIDE's o preenchimento é facilitado. No entanto, quando os eventos são registrados a partir de outras fontes como notícias online, alguns destes parâmetros devem ser deduzidos ou até mesmo deixados em branco.

A partir do mapeamento de áreas de risco hidrológico e geotécnico realizados majoritariamente pela Companhia de Prospecção e Recursos Minerais (CPRM), após a plotagem da localização das ocorrências dos processos

é indicado se houve ou não sobreposição destas informações, ou seja, se os processos ocorreram ou não em áreas de risco. Este parâmetro é especialmente útil para validação do mapeamento e indicação de possíveis novas áreas de risco.

No caso de eventos de inundação, são registrados, quando possível, os nomes dos rios e seus parâmetros como cota atingida pela inundação e cotas de transbordamento e de alerta. Como auxílio à indicação dos níveis de magnitude e grau de impacto dos eventos, são registradas as informações de declaração de Situação de Emergência (SE) e Estado de Calamidade Pública (ECP) pelos municípios.

Por fim, são registradas e armazenadas todas as fontes de informações utilizadas para preenchimento dos registros.



# Critérios para indicação da magnitude

## Eventos geológicos

- Pequeno Porte** - deslizamentos **PONTUAIS** e **INDUZIDOS**, queda de barreiras, talude e/ou eventos com danos pontuais; pequenos deslizamentos; sem declaração ou reconhecimento de situação de emergência e não há informação sobre grandes danos e vítimas.
- Médio Porte** - deslizamentos **ESPARSOS** e/ou com danos significativos em nível local; deslizamentos médios com material remobilizado, em encostas naturais e/ou vários deslizamentos em taludes e quedas de barreiras em rodovias; o município declarou ou foi reconhecido **SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA** e há informação sobre danos e vítimas.
- Grande Porte** - deslizamentos **GENERALIZADOS**, eventos com danos regionais e/ou grandes deslizamentos e/ou corridas de detritos de grande extensão; o município declarou ou foi reconhecido **SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA** ou **ESTADO DE CALAMIDADE PÚBLICA** e há informação sobre danos e vítimas (inclusive fatais).

## Eventos hidrológicos

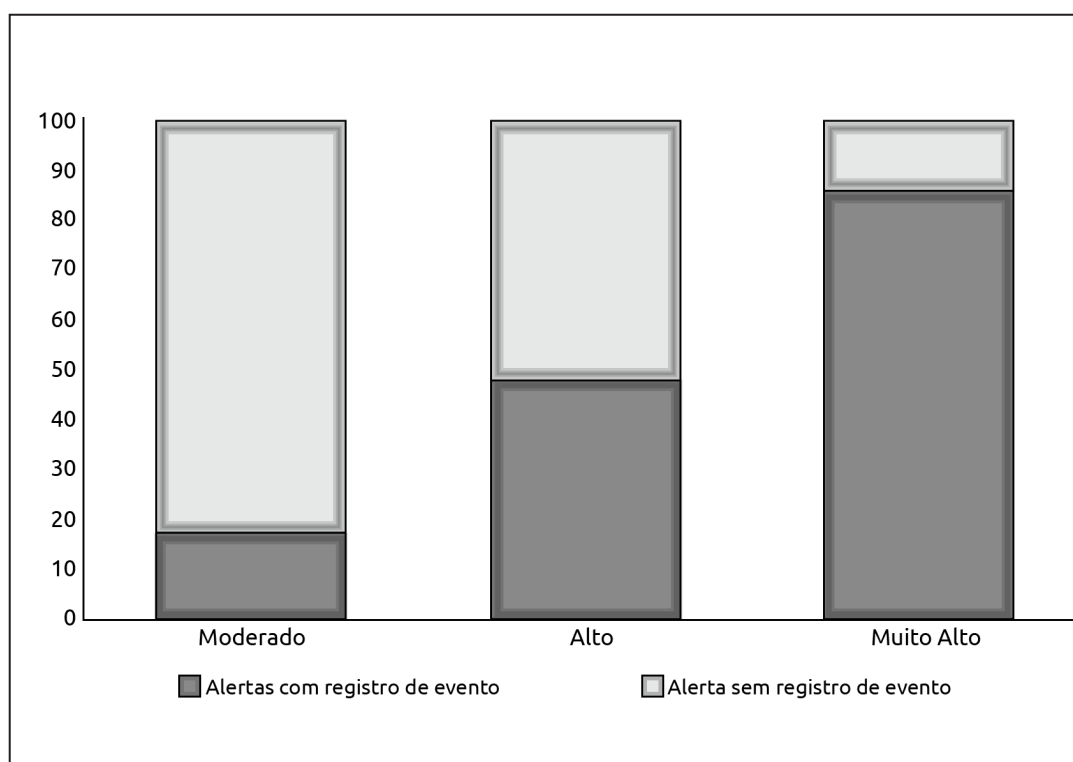
- Pequeno Porte** - ocorrências isoladas (pequenos e rápidos) de alagamentos, transbordamento de córregos/rios, enxurradas e/ou eventos com danos em nível de ruas e bairros e com resposta rápida; sem declaração ou reconhecimento de situação de emergência e não há informação sobre grandes danos e vítimas.
- Médio Porte** - ocorrências significativas, enxurradas e/ou inundações bruscas ou graduais e/ou com danos em nível de bairros com resposta mais lenta e interrupção de tráfego; o município declarou ou foi reconhecido **SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA** e há informação sobre danos e vítimas.
- Grande Porte** - ocorrências de grande impacto e danos atingindo serviços essenciais em nível de município (com grande número de desabrigados ou desalojados/vítimas); o município declarou ou foi reconhecido **SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA** ou **ESTADO DE CALAMIDADE PÚBLICA** e há informação sobre danos e vítimas (inclusive fatais).

Quadro 4: Eventos hidrológicos e geológicos registrados por magnitude. .Fonte: Elaborado pelo autor.

## Aplicações de bancos de dados em pesquisa e monitoramento de desastres no Cemaden

Dentre as diversas aplicações para informações em um banco de ocorrências de desastres está o desenvolvimento de metodologias de avaliação de alertas. O anuário da sala de situação do Cemaden, primeira versão publicada para o ano de 2017, apresenta um diagnóstico geral dos alertas enviados pelo centro, incluindo percentual de alertas com ocorrências, padrões de ocorrências predominantes para cada nível de alerta e estatísticas gerais de afetados por eventos de deslizamentos e inundações.

Tais estatísticas constituem material fundamental para o diagnóstico de alertas e ocorrências relacionadas no Brasil servindo de base para uma avaliação mais aprofundada e aprimoramento do sistema de envio de alertas. No ano de 2017, foram observadas ocorrências em cerca de 20% dos alertas de risco moderado, 50% dos alertas de risco alto e 90% dos alertas de risco muito alto (Anuário da sala de situação do CEMADEN, 2017).



<b>Nível do alerta</b>	<b>Total de alertas</b>	<b>Alertas com eventos registrados</b>
<b>Moderado</b>	1.604	279
<b>Alto</b>	473	231
<b>Muito Alto</b>	14	12
<b>Total</b>	2.091	522

Quadro 5: Eventos hidrológicos e geológicos registrados por magnitude, precisão local e precisão de horário. Fonte: Cemaden.

Os dados do anuário da sala de situação têm permitido, por exemplo, identificar os percentuais de alertas com ocorrências verificadas e padrões de ocorrências predominantes para cada nível de alerta em termos de magnitude e número de afetados. Conforme será discutido na unidade sobre interpretação dos níveis dos alertas, o padrão de distribuição de ocorrências para cada nível de alerta constitui uma abordagem útil na interpretação de cada nível de alerta, uma vez que é possível observar tendências de padrões de magnitude de eventos para cada nível de alerta e também mensurar o percentual de alertas emitidos que possuem ocorrências verificadas.

Embora uma análise de anos isolados não permita identificar tendências consistentes, o acúmulo de informações ao longo de vários anos será de grande valia no desenvolvimento de metodologias de avaliação mais robustas capazes de indicar a eficiência do sistema em termos de precisão e tempestividade dos alertas.

O boletim trimestral de impactos publicado pelo Cemaden permite um diagnóstico com as principais características da distribuição espaço-temporal dos alertas, e uma análise das principais ocorrências registradas e impactos causados pelos eventos alertados, utilizando dados do REINDESC e do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) da SEDEC/MDR.

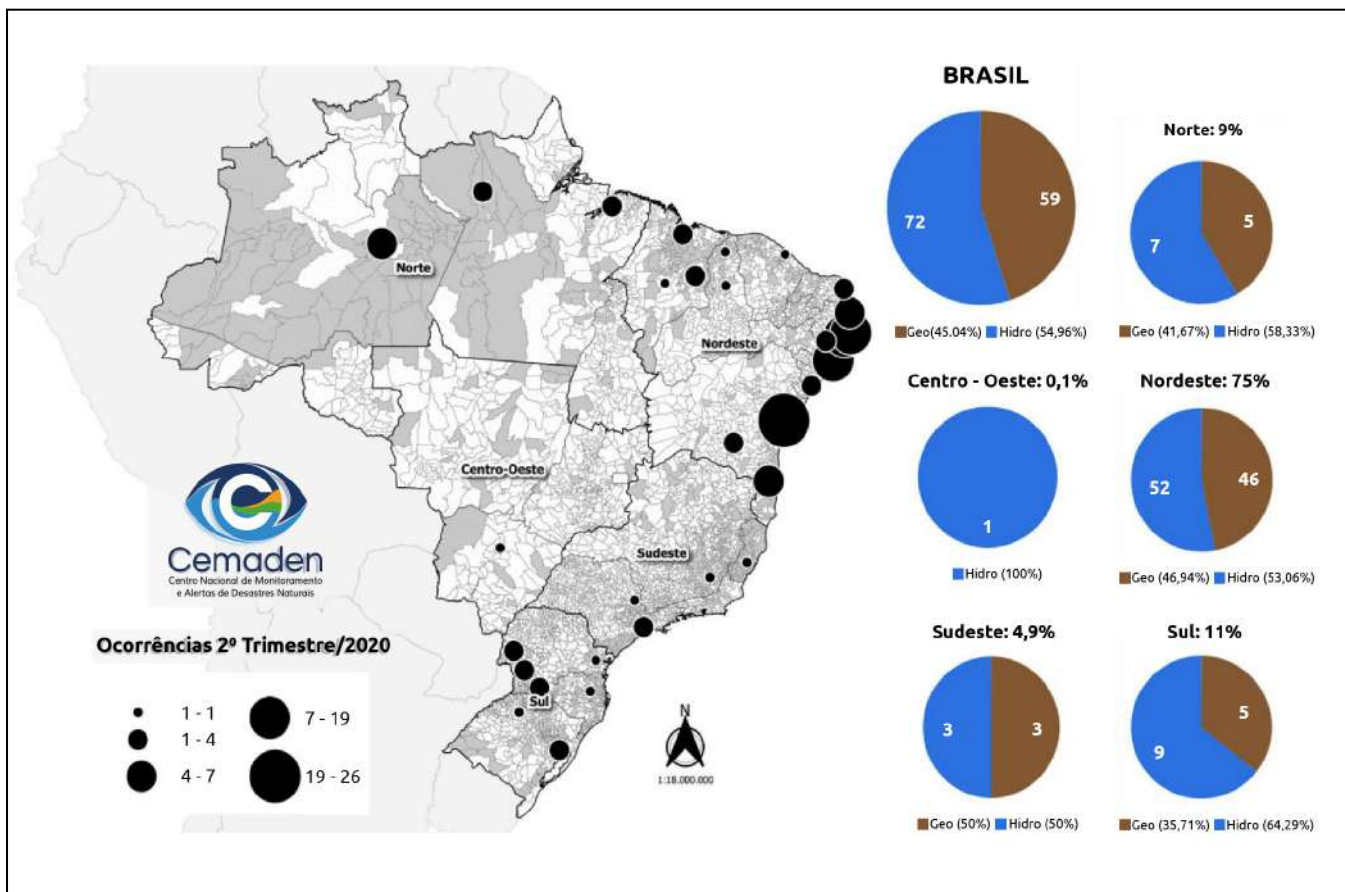


Figura 33: Ocorrências de deslizamentos e inundações no Brasil no segundo trimestre de 2020. Fonte: Cemaden.

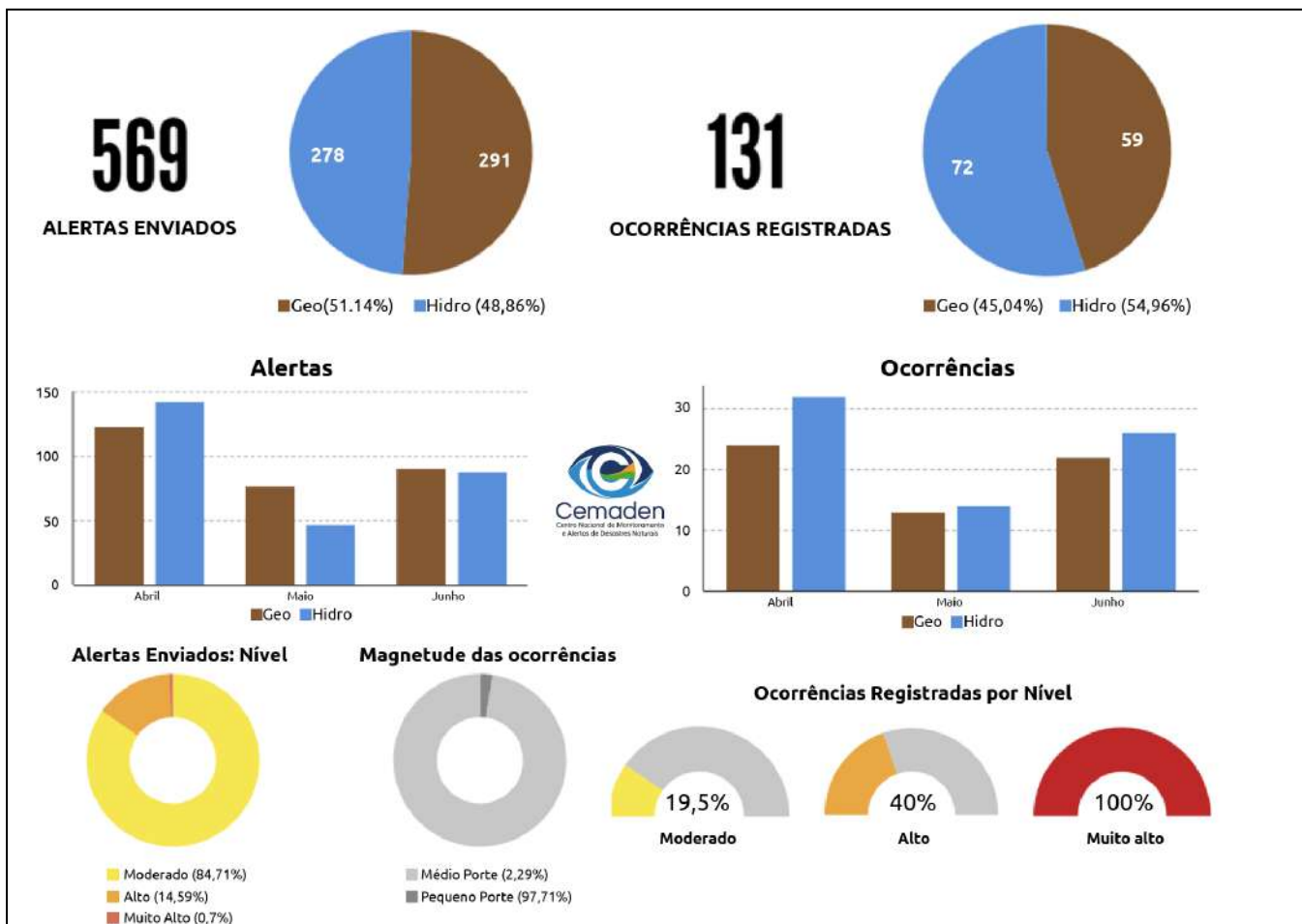


Figura 34: Alertas enviados e ocorrências registradas no Brasil no segundo trimestre de 2020. Fonte: Cemaden.

O desenvolvimento de limiares de chuvas com potencial para causar eventos de deslizamentos, a partir de informações de ocorrências e valores de precipitação acumulada, é outro exemplo de aplicação valiosa.

Em estudo publicado pela equipe de pesquisadores em geociências do Cemaden (METODIEV et. al., 2018), a partir das informações de ocorrências de deslizamentos e valores de chuva associados, foi possível obter curvas para os limiares de ocorrências de diferentes magnitudes em municípios da baixada santista. Os modelos desenvolvidos indicam ocorrência de deslizamentos de grande magnitude com médio a alto impacto a partir de índices de precipitação acumulada a partir de 50mm em 72h.

Estes valores podem servir de referência para a Defesa Civil destes municípios para ações de preparação em situações de risco iminente.

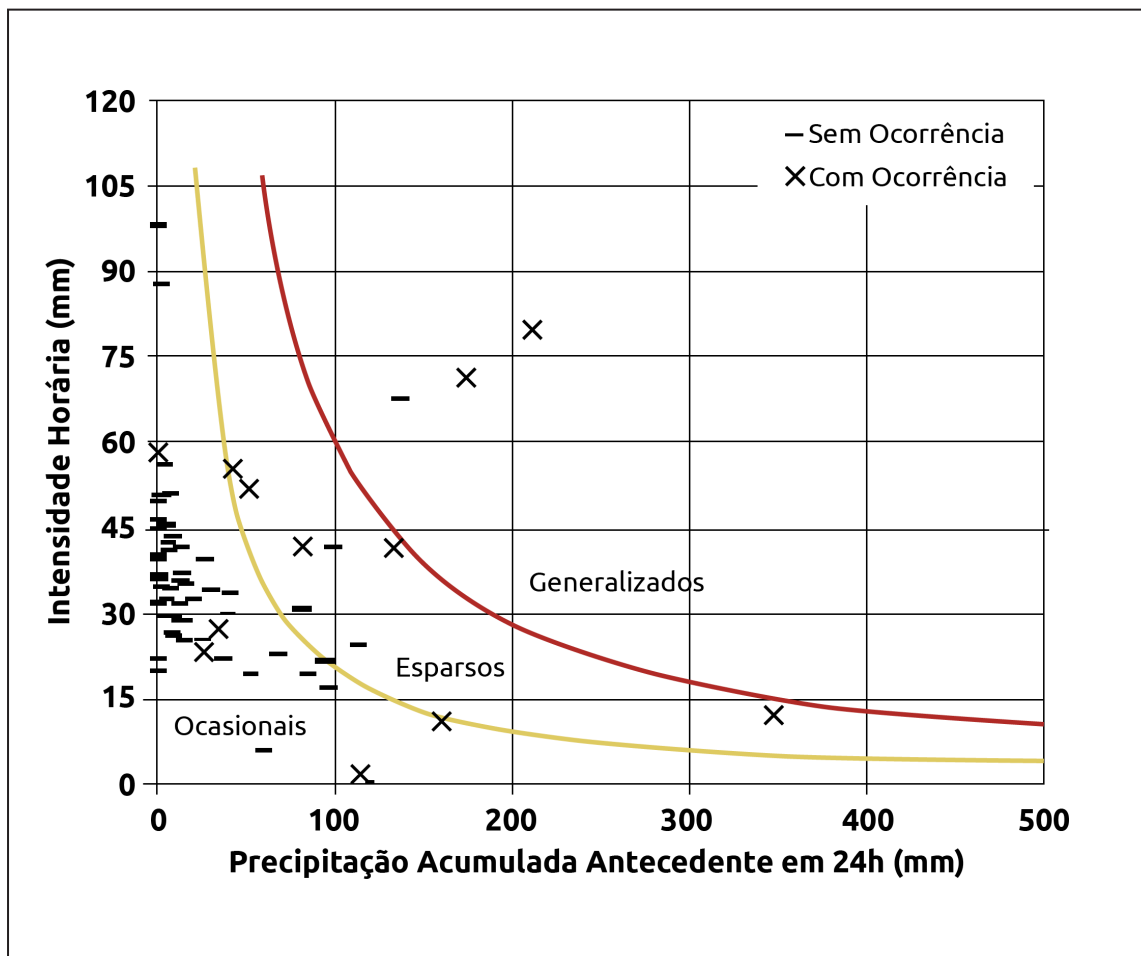


Figura 35: curvas de limiares de precipitação para movimentos de massa em municípios da baixada santista. Fonte: Metodiev et al., (2018).

## Perspectivas de aplicações

As possibilidades de aplicações futuras das informações presentes no banco de ocorrências de eventos de deslizamentos e inundações vão desde relatórios com estudos de casos particulares como auxílio a medidas de planejamento e resposta a eventos específicos, até projetos mais abrangentes visando, principalmente, à disponibilização e compartilhamento das informações com agentes públicos, instituições de pesquisa na área de desastres naturais e a própria população. O compartilhamento de informações potencializa os esforços e promove a disseminação do conhecimento através da geração de novos produtos derivados, como diagnósticos com diferentes propósitos, ferramentas de auxílio à previsão e monitoramento.

Em 2021, foi criado o grupo de trabalho interinstitucional para desenvolvimento do banco de dados nacional de eventos de desastres a partir da integração das bases institucionais da SEDEC, o S2iD, e do Cemaden, o REINDESC, na plataforma DesInventar, visando atingir as metas de redução de desastres naturais definidas no marco de SENDAI. O grupo é formado por servidores do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCTI) e representantes do escritório das Nações Unidas para redução de riscos de desastres (UNDRR).

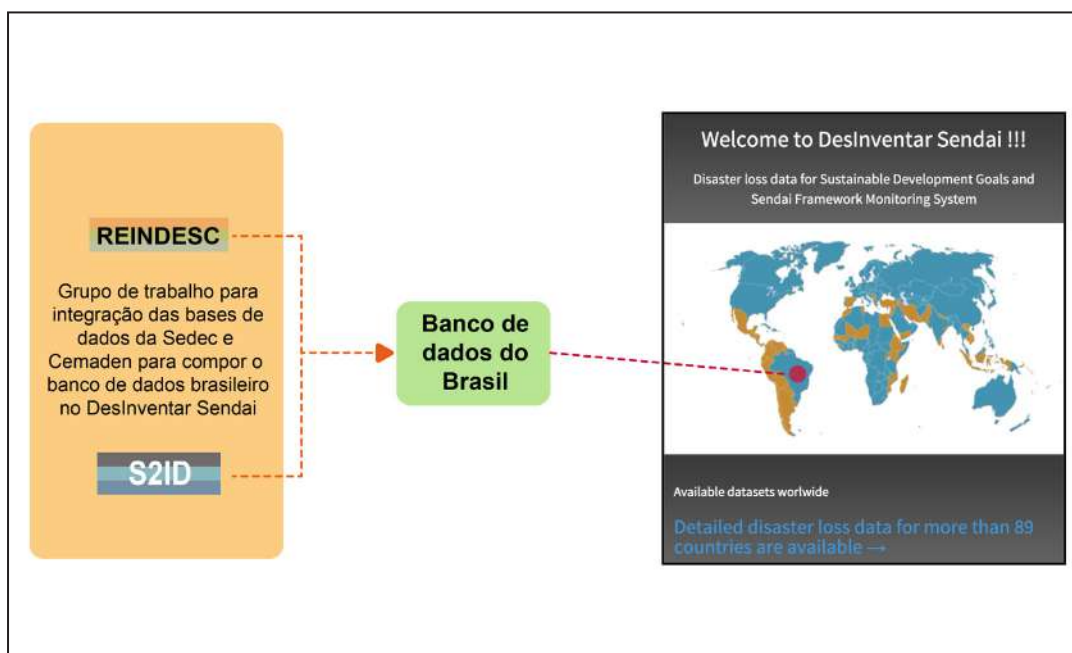


Figura 36: Estrutura de integração das bases de dados no banco de dados nacional para metas do Marco de Sendai. Fonte: desinventar.

Este grupo tem trabalhado no levantamento de potencialidades e fragilidades das duas bases de dados, com intuito de elaborar uma série de critérios e mecanismos para integração e validação destas informações em uma plataforma global permitindo ampla divulgação e acesso aos dados.

O compartilhamento de informações e produtos derivados é outra perspectiva interessante para as informações sobre desastres contidas no REINDESC. O acesso livre às informações é fundamental para a Defesa Civil entender melhor os riscos locais e constitui meta importante para a otimização de uso e fortalecimento da colaboração entre os agentes no desafio da redução de riscos de desastres.

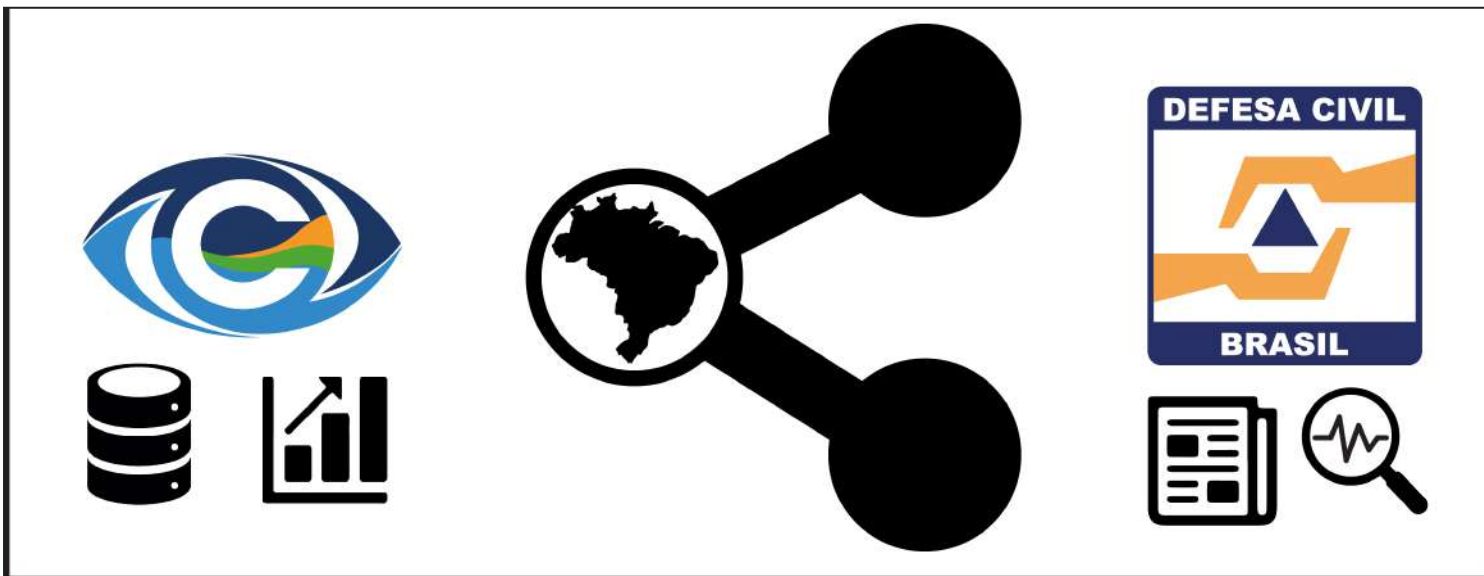


Figura 37: Estrutura de compartilhamento das informações com as defesas civis. Fonte: Cemaden.

Encontram-se em desenvolvimento no Cemaden mecanismos de consulta e exportação das informações em diferentes formatos aberto ao público, permitindo assim o acesso a conjuntos de informação que atenda demandas específicas de acordo com a necessidade do solicitante. A estruturação e atualização permanente de bancos de dados de ocorrências de desastres naturais constitui medida importante para o conhecimento e diagnóstico do cenário nacional de eventos de desastres naturais, bem como, a realização de estudos e desenvolvimento de ferramentas de avaliação geral do sistema de prevenção de riscos no Brasil.

Para tanto, é fundamental o aprimoramento dos mecanismos de comunicação e treinamento da Defesa Civil, principal componente nas ações de prevenção e resposta a desastres naturais e, portanto, os agentes mais capacitados e aptos a identificar com precisão e fidedignidade às informações necessárias para composição destas bases de dados.



# Referências Bibliográficas

ADHIKARI P, HONG Y, DOUGLAS KR, KIRSCHBAUM DB, GOURLEY J, ADLER R, BRAKENRIDGE, GR (2010) A digitized global flood inventory (1998–2008): Compilation and preliminary results. *Natural Hazards* 55. 405-422. Disponível em: <doi: 10.1007/s11069-010-9537-2>. Acesso em: 11.abr. 2022

AKHTER, S.R; SARKAR, R.K; DUTTA, M; KHANOM, R.; AKTER, N.; CHOWHURY, M.R.; SULTAN, M. Issues with families and children in a disaster context: a qualitative perspective from rural Bangladesh, *Int. J. Disaster Risk Reduct.* v.13, p.313–323, set. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.07.011>. Acesso em: 6 abr. 2022.

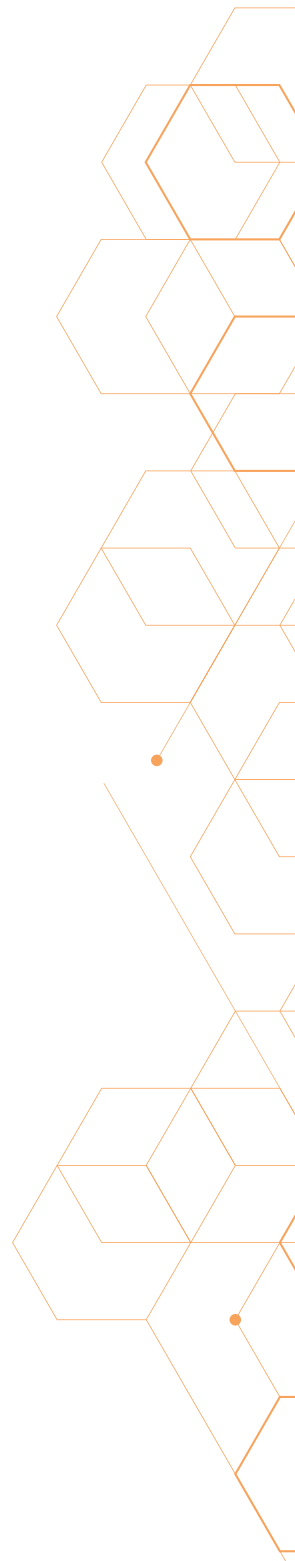
ALBUQUERQUE, B. S.; ZACARIAS, G. M. A Psicologia como Aliada à Gestão de Risco em Desastres. *REVISTA ORDEM PÚBLICA*, v. 9, n. 1, p. 109-120, jan./jun., 2016.

ALHEIROS, M.M.; SOUZA, M.A.A.; BITOUN, J.; MEDEIROS, S.M.G.M.; AMORIM, W.A. Manual de ocupação dos morros da região metropolitana de Recife, FIDEM/ ATEPE ed, 2003.

ALMEIDA, L.Q.; WELLW, T.; BIRKMANN, J. Disaster risk indicators in Brazil: a proposal based on the world risk index, *Int. J. Disaster Risk Reduct.* v.17, p.251–272, 2016. Disponível em: < https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.04.007>. Acesso em: 6 abr. 2022.

ALMEIDA, L.Q.; ARAUJO, A.M.S.; WELLE, T.; BIRKMANN, J. DRIB index 2020: validating and enhancing disaster risk indicators in Brazil, *Int. J. Disaster Risk Reduct.* v.42, 2020. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.04.007>. Acesso em: 6 abr. 2022.

ALVALÁ, R. C. S.; ASSIS DIAS, M. C.; SAITO, S. M.; STENNER, C.; FRANCO, C.; AMADEU, P.; RIBEIRO, J.; SANTANA, R. A. S. M.; NOBRE, C. A. Mapping characteristics of at-risk population to disasters in the context of



Brazilian early warning system. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v.41, 2019, 101326. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101326>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

ALVALÁ, R. C. S.; ASSIS DIAS, M. C.; SAITO, S. M.; STENNER, C.; FRANCO, C.; Amadeu, P.; RIBEIRO, J.; SANTANA, R. A. S. M.; NOBRE, C. A. Mapping characteristics of at-risk population to disasters in the context of Brazilian early warning system. *Mendeley data*, v1, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17632/36zkrpjs7z.1>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

ANUÁRIO DA SALA DE SITUAÇÃO DO CEMADEN, 2017 / Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. - Vol.1, n.1, 2019. – São José dos Campos; CEMADEN, 2019. 52p.: il.

ARDAYA, A.B.; EVERS, M.; RIBBE, L. What influences disaster risk perception? Intervention measures, flood and landslide risk perception of the population living in flood risk areas in Rio de Janeiro state, Brazil. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* v.25, p.227–237, 2017.

ARMESTO, R.C.G. Temas geológicos para educação ambiental, caderno IV - ação da água das chuvas no planeta Terra Parte II, 2012.

ASSIS DIAS, M. C.; SAITO, S. M.; ALVALÁ, R. C. S.; STENNER, C.; PINHO, G.; NOBRE, C. A.; FONSECA, M. R. S.; SANTOS, C.; AMADEU, P.; SILVA, D.; LIMA, C. O.; RIBEIRO, J.; NASCIMENTO, F.; CORRÊA, C. O. Estimation of exposed population to landslides and floods risk areas in Brazil, on an intra-urban scale. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, June 31, p.449–459, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.06.002>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

ASSIS DIAS, M. C.; SAITO, S. M.; ALVALÁ, R. C. S.; SELUCHI, M.; BERNARDES, T.; CAMARINHA, P. I. M.; STENNER, C.; NOBRE, C. Vulnerability Index Related to Populations at Risk for Landslides in the Brazilian Early Warning System (BEWS). *International Journal of Disaster Risk Reduction*. v.49, June 21, 2020. IJDRR\_2020\_73. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101742>> .Acesso em: Out. 2020.



ASSIS DIAS, Mariane; BERNARDES, Tiago; SELUCHI, Marcelo Enrique; CAMARINHA, Pedro; DOS SANTOS ALVALÁ, Regina Célia; SAITO, Silvia Midori; NOBRE, Carlos Afonso; STENNER, Claudio (2020), "Data for: Vulnerability Index Related to Populations at Risk for Landslides in the Brazilian Early Warning System (BEWS)", Mendeley Data, v.1. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17632/x5kjp6bnd9.1>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

BERTONE, P.; MARINHO, C. Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais: A Visão do Planejamento. VI Congresso CONSAD de Gestão Pública, Brasília, DF – 16 a 18 de abril de 2013, 24 p.

BIRD, D.K. The use of questionnaires for acquiring information on public perception of natural hazards and risk mitigation-a review of current knowledge and practice. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2009, 9, 1307.

BRASIL, Guia prático para utilização de alertas do governo federal para ações de preparação para desastres. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD Brasil/Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR/Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC. 2ª Ed. 2021.

BRASIL. Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003. Dispõe sobre o Estatuto do Idoso e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/l10.741.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.741.htm)>. Acesso em: 6 abr. 2022.

BRASIL, Lei nº 12.796, de 4 de abril de 2013. Altera a Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para dispor sobre a formação dos profissionais da educação e dar outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2013/lei/l12796.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12796.htm)>. Acesso em: 6 abr. 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. CARVALHO, C.S. MACEDO, E.M. OGURA, A.T. (org.) – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007, 176 p.



BURNS, W.J.; SLOVIC, P. Risk perception and behaviors: anticipating and responding to crises, *Risk Anal.* 32 (4) (2012) 579–582, Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2012.01791.x>>. Acesso em: 11.abr.2022.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E.S.; OGURA, A.T. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Brasil, Ministério das Cidades - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007.

CASTILLO-RODRIGUEZ, J.T.; ESCUDER-BUENO, I.; PERALES-MOMPARLER, S.; PORTA-SANCHO, J.R. Enhancing local action planning through quantitative flood risk analysis: a case study in Spain, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 16 (2016) 1699–1718. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/nhess-16-1699-2016>>. Acesso em: 11.abr.2022.

COSTA, M.A.; MARGUTTI, B. O. Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros. Brasília: IPEA, 2015. 77 p.

CUTTER, S. *Living with Risk: the geography of technological hazards*. London: Edward Arnold, 1993.

CUTTER, S. L.; BORUFF, B.J.; SHIRLEY, W.L. Social vulnerability to environmental hazards, *Social Science Quarterly*; v 84 (1): 242-261, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

DEBORTOLI, N.S.; CAMARINHA, P.I.M; MARENGO, J.A.; RODRIGUES, R.R. An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. *Natural Hazards*; 86, 557–582, mar. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11069-016-2705-2>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

DINTWA, K.F.; LETAMO, G.; NAVANEETHAM, K. Quantifying social vulnerability to natural hazards in Bostwana: na application of cutter model. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* v 37; Jul. 2019. Disponível em : <<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101189>> Acesso em: 6 abr. 2022.



EKLUND, L.; TELLIER, S. Gender and international crisis response: do we have the data, and does it matter? *Disasters*; v.36 (4); 589–608; fev. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2012.01276.x>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

FATHANI, T.S.; KARNAWATI, D.; WILOPO, W. An integrated methodology to develop a standard for landslide early warning systems, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 16 (2016) 2123–2135. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/nhess-16-2123-2016>>. Acesso em: 11 abr. 2022.

FERNANDEZ, L.S.; BYARD, D.; LIN, C-C.; BENSON, S.; BARBERA, J. A. Frail elderly as disaster victims: emergency management strategies, *Prehospital Disaster Medicine*. v.17 (2); 67–74, jun.2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S1049023X00000200>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

FERNANDEZ, M. Risk perceptions and management strategies in a post-disaster landscape of Guatemala: Social conflict as an opportunity to understand disaster. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. v.57; abr. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102153>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

FUCHS, S.; KEILER, M.; GLADE, T. Editorial to the special issue on resilience and vulnerability assessments in natural hazards and risk analysis, *Natural Hazards and Earth System Sciences*. v17; 1203–1206. jul. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/nhess-17-1203-2017>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

GAUTAM, D. Assessment of social vulnerability to natural hazards in Nepal, *Natural Hazards and Earth System Sciences*. v.17; 2313–2320 dez. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/nhess-17-2313-2017>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

HOFFLINGER, A; SOMOS-VALENZUELA, M.A.; VALLEJOS-ROMERO, A. Response time to flood events using a social vulnerability index (ReTSVI), *Natural Hazards and Earth System Sciences*. v.19, 251–267; jan. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/nhess-19-251-2019>>. Acesso em: 6 abr. 2022.



HORITA, F.; ALBUQUERQUE, J.P.; MARCHEZINI, V. Understanding the decision-making process in disaster risk monitoring and early-warning: a case study within a control room in Brazil, *Int. J. Disaster Risk Reduct.* v.28; 22-31, jun. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.01.034>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

Hossain, M.N. Analysis of human vulnerability to cyclones and storm surges based on influencing physical and socioeconomic factors: evidences from coastal Bangladesh, *Int. J. Disaster Risk Reduct.* v.13, 66–75; set. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.04.003>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

HUMMELL, B.M.L.; CUTTER, S.L.; EMRICH, C.T. Social vulnerability to natural hazards in Brazil, *Int. J. Disaster Risk Science.* v.7, 111–122, jun. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13753-016-0090-9>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

IBGE (2018), “População em áreas de risco no Brasil”. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101589.pdf>> Acesso em: 11 abr.2022

IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo demográfico, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default>>. Acesso em::6 abr. 2022.

KIRSCHBAUM D, ADLER R, HONG Y, HILL S, LERNER-LAM A (2010) A global landslide catalog for hazard applications: Method, results, and limitations. *Natural Hazards* 52:561-575. Disponível em: <[doi: 10.1007/s11069-009-9401-4](https://doi.org/10.1007/s11069-009-9401-4)> Acesso em: 11.abr.2022.

LECHOWSKA, E. What determines flood risk perception? A review of factors of flood risk perception and relations between its basic elements, *Nat. Hazards.* v.94 (3),1341–1366, set. 2018. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-018-3480-z>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

LIU, X.; YUE, Z.Q.; THAM, L.G.; LEE, C.F. Empirical assessment of debris flow risk on a regional scale in Yunnan Province Southwestern China, *Environ. Manag.* v.30 (2), 249–264, ago. 2002. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s00267-001-2658-3>>. Acesso em: 6 abr. 2022.



MABUKU, M. P. SENZANJE, A.; MUDHARA, M.; JEWITT, G.; MULWAFU, W. Rural households' flood preparedness and social determinants in Mwanandi district of Zambia and Eastern Zambezi Region of Namibia, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v.28, 284-297, jun. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.03.014>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

MARANDOLA Jr., E.; HOGAN, D.J. Vulnerabilidades e riscos: entre Geografia e Demografia. *Revista Brasileira de Estudos de População*, São Paulo, Abep, v. 22, n. 1, p. 29-53, jan./jun. 2005.

MARCHEZINI, V.; TRAJBER, R.; OLIVATO, D.; MUNOZ, V. A.; PEREIRA, F. O.; LUZ, A. E. O. Participatory Early Warning Systems: Youth, Citizen Science, and Intergenerational Dialogues on Disaster Risk Reduction in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. v.8, p.390-40, dez. 2017a. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13753-017-0150-9>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

MARCHEZINI, V.; IWAMA, A. Y.; MAGALHÃES DE ANDRADE, M. R.; TRAJBER, R.; ROCHA, I.; OLIVATO, D. Geotecnologias para Prevenção de Riscos de Desastres: Usos e Potencialidades dos Mapeamentos Participativos. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 69, n. 1, jan. 2017b.

MARCHEZINI, V.; LONDE, L.R.; BERNARDES, T.; CONCEIÇÃO, R.S.; SANTOS, E.V. ; SAITO, S.M.; SOLER, L.; SILVA, A.E.P. ; BORTOLETTO, K.C.; MEDEIROS, M.D.S.; GONÇALVES, D.A. Sistema de alerta de risco de desastres no Brasil: desafios da redução da vulnerabilidade institucional, in: *Reduction of Vulnerability to Disasters: from Knowledge to Action*. p. 287-310, 2017.

MAZURANA, D.; BENELLI, P.; WALKER, P. How sex and age-disaggregated data and gender and generational analyses can improve humanitarian response, *Disasters*. v.37 (1), p.68-82, jun.2013. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/disa.12013>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

MAYHORN, C.B. Cognitive aging and the processing of hazard information and disaster warnings. *Natural Hazards Review*. v.6 (4), p.165-170, 2005.



MEDEIROS, M. C. S.; BARBOSA, M. P. Vulnerabilidade social, percepções de riscos e desastres: conceitos e abordagens no/do urbano. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v.9, n.1, p.144-162, 2016.

METODIEV, Daniel ; ANDRADE, Marcio Roberto Magalhaes De ; MENDES, Rodolfo Moreda; MORAES, Marcio Augusto Ernesto De ; KONIG, Tehrrie; BORTOLOZO, Cassiano Antonio ; BERNARDES, Tiago ; LUIZ, Rafael Alexandre Ferreira ; COELHO, Juliano Oliveira Martins . Correlation between Rainfall and Mass Movements in North Coast Region of Sao Paulo State, Brazil for 2014-2018. *International Journal Of Geosciences (Online)*, v. 09, p. 669-679, 2018.

MEYER, M.A. Elderly perceptions of social capital and age-related disaster vulnerability, *Disaster Med. Public Health Prep*. v.11 (1), p.48-55, fev. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/dmp.2016.139>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

MIRANDOLA, F.A.; MACEDO, E.S. Proposta de classificação de tecnógeno para uso no mapeamento de áreas de risco de deslizamento, *Quat. Environ. Geosci*. v.5 (1), p.66-81, 2014. Disponível em: < <https://doi.org/10.5380/abequa.v5i1.34764>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

MITCHELL, T.; JONES, L.; LOVELL, E.; COMBA, E. *Disaster Risk Management in Post-2015 Development Goals: Potential Targets and Indicators*, Overseas Development Institute, London, 2013.

MOGHADAS, M.; ASADZADEH, A.; VAFEIDIS, A.; FEKETE, A.; KOTTER, T. A multi-criteria approach for assessing urban flood resilience in Tehran, Iran, *Int. J. Disaster Risk Reduct.* v.35, abr. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101069>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

MOHANTY, M.; HUSSAIN, M.; MISHRA, M.; KATTEL, D.B.; PAL, I. Exploring community resilience and early warning solution for flash floods, debris flow and landslides in conflict prone villages of Badakhshan, Afghanistan, *Int. J. Disaster Risk Reduct.* v.33, p.5-15, fev. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.07.012>> Acesso em: 6 abr. 2022.



NAPOLITANO E, MARCHESINI I, SALVATI P, DONNINI M, BIANCHI C, GUZZETTI F (2018) LAND-deFeND – An innovative database structure for landslides and floods and their consequences. *Journal of Environmental Management*. 207:203-218. Disponível em: <doi: 10.1016/j.jenvman.2017.11.022>. Acesso em: 11.abr.2022.

NAYLOR, A. WALKER, J.F.; SUPPASRI, A. Suitability of the early warning systems and temporary housing for the elderly population in the immediacy and transitional recovery phase of the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami, *Int. J. Disaster Risk Reduct.* v.31, p.302–310, out. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.05.022>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

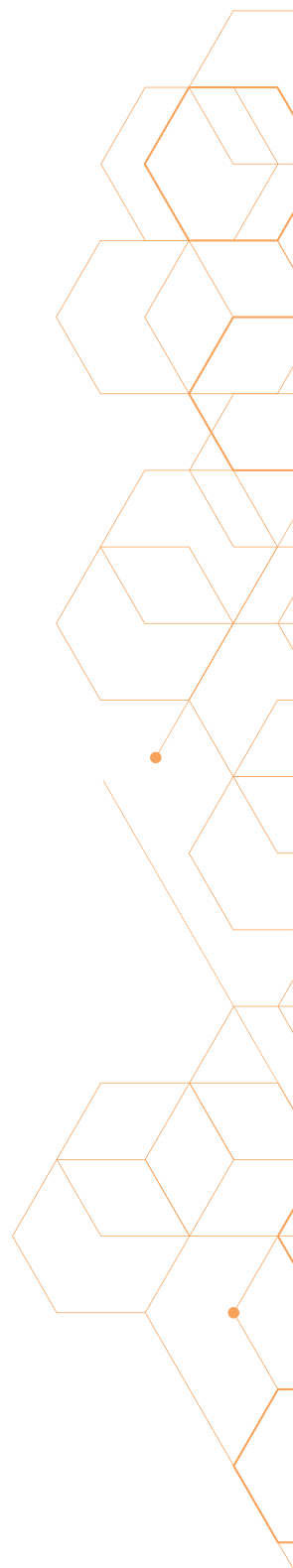
NEUMAYER, E.; PLUMPER, T. The gendered nature of disasters: the impact of catastrophic events on the gender gap in life expectancy, *Annals of the Association of American Geographers*. v.97, 2007. Disponível em:<<https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2007.00563.x>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

NGO, E.B. When Disaster and age collide: reviewing vulnerability of the elderly, *Nat. Hazards Rev.* v.2 (2), p.80-89, maio. 2001 [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2001\)2:2\(80\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2001)2:2(80)). Acesso em: 6 abr. 2022.

PEEK, L.; STOUGH, L.M. Children with disabilities in the context of disaster: a social vulnerability perspective, *Child Dev.* v.81 (4), p.1260-1270, jul. 2010. Disponível em : <<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01466.x>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

PENNINGTON C, FREEBOROUGH K, DASHWOOD C, DIJKSTRA T, LAWRIE K (2015). The National Landslide Database of Great Britain: Acquisition, communication and the role of social media. *Geomorphology*. 249:44-51. Disponível em: < doi: 10.1016/j.geomorph.2015.03.013.>. Acesso em: 11 abr. 2022.

RIBEIRO, R. R.R.; SULAIMAN, S. N.; BONATTI, M.; SIEBER, S.; LANA, M. A. Perception of Natural Hazards in Rural Areas: A Case Study Examination of the Influence of Seasonal Weather. *Sustainability*, v. 12, p. 1-13, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12062251>. Acesso em: 6 abr. 2022.



ROHRMANN, B.; RENN, O. Risk perception research, in: Cross-cultural Risk Perception, Springer, Boston, MA, pp. 11–53, 2000.

RUFAT, S.; TATE, E.; BURTON, C.G.; Maroof, A.S. Social vulnerability to floods: review of case studies and implications for measurement, *Int. J. Disaster Risk Reduct.* v.14, p.470-486, dez. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.09.013>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

SAFI, A. S.; SMITH Jr., W. J.; LIU, Z. Rural Nevada and Climate Change: Vulnerability, Beliefs, and Risk Perception. *Risk Analysis*, v.32, p.1041-1059, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2012.01836.x>. Acesso em: 6 abr. 2022.

SAITO, S. M. Dimensão socioambiental na gestão de risco dos assentamentos precários do maciço do Morro da Cruz, Florianópolis-SC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2011.

SALVATI, P.; PETRUCCI, O.; ROSSI, M.; BIANCHI, C.; PASQUA, A.A.; GUZZETTI, F. Gender, age and circumstances analysis of flood and landslide fatalities in Italy. *Science of The Total Environment*. v.610–611. p.867–879, jan.2018 Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.064>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

SEADE-Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Índice Paulista de Vulnerabilidade Social. Disponível em: <<http://catalogo.governoaberto.sp.gov.br/dataset/21-ipvs-indice-paulista-de-vulnerabilidade-social>>. Acesso em: 11.abr.2022.

SELUCHI, M.E.; CHOU, S.C. Synoptic patterns associated with landslide events in the Serra do Mar, Brazil, *Theoretical and Applied Climatology*. v.98, p. 67-77, jan.2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00704-008-0101-x>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

SLOVIC, P.E. *The Perception of Risk*. Earthscan Publications, 2000.

SMITH K. *Environmental Hazards: assessing risk and reducing disaster*. Routledge, London, 1996.



SULAIMAN, S. N. ALEDO, A. Desastres naturais: convivência com o risco. Dilemas ambientais e fronteiras do conhecimento I • Estudos Avançados. v.30 (88), p. 11-23, Set-Dez. 2016. Disponível em : <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.30880003>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

TATEBE, J.; MUTCH, C. Perspectives on education, children and young people in disaster risk reduction, *Int. J. Disaster Risk Reduct.* v.14, p.108–114, dez. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.06.011>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

TEIXEIRA, M.S.; SATYAMURTY, P. Dynamic and synoptic characteristics of heavy rainfall episodes in Southern Brazil, *Monthly Weather Review.* v.135, p.598-617, fev. 2007. Disponível: <<https://doi.org/10.1175/MWR3302.1>>. Acesso em : 6 abr. 2022

TORRES, H.G. A demografia do risco ambiental, in: H. da G. e Torres, H. Costa, Orgs (Eds.), *População e meio ambiente: debates e desafios.* São Paulo: Senac, 2000.

TWIGG J., 2004. *Disaster risk reduction: mitigation and preparedness in development and emergency programming.* London: Overseas Development Institute (Humanitarian Practice Network, Good Practice Review #9)

TWIGG J. Risk Perception, Public Education and Disaster Risk Management. In: Joffe H, Rossetto T, Adams J (eds.), *Cities at Risk: Living with Perils in the 21st Century.* Dordrecht: Springer, pp. 171-182, 2013.

ULLAH, F., Saqib, S.E., Ahmad, M.M. et al. Flood risk perception and its determinants among rural households in two communities in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Natural Hazards.* v.104, p.225–247, jul. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11069-020-04166-7>>. Acesso em : 6 abr. 2022.

UNICEF - United Nations Children's Fund; UNISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction. *Children and disasters: building resilience through education,* 2011. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/inform/publications/24583>>. Acesso em: 6 abr. 2022.



UNISDR, 2015. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction: Making Development Sustainable – The Future of Disaster Risk Reduction, UN, New York. Disponível em: <[doi.org/10.18356/919076d9-en](https://doi.org/10.18356/919076d9-en)>. Acesso em: 6 abr. 2022.

UNISDR- United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2017. Terminology on disaster risk reduction. Geneva: UNISDR. Disponível em: <<https://www.unisdr.org/we/inform/terminology>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

UNDRR/ISC, 2020. Hazard Definition & Classification Review Technical Report. Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR): July, 2020.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION - REGIONAL OFFICE FOR THE AMERICAS (UNISDR – AM). The ‘silent disaster of local losses’. Panamá, 2013. Disponível em: <<https://reliefweb.int/report/world/silent-disaster-local-losses>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. 126 p. Volume Brasil.

USAMAH, M.; Handmer, J.; Mitchel, D.; Ahmed, I. Can the vulnerable be resilient? Coexistence of vulnerability and disaster resilience: informal settlements in the Philippines, Int. J. Disaster Risk Reduct. v.10, p.178–189, dez.2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2014.08.007>> Acesso em: 6 abr. 2022.

VASVÁRI, T. Risk, risk perception, risk management—a review of the literature, Publ. Finan. Quart. 60 (1) (2015) 29–48.

WAMSLER, C.; BRINK, E.; RANTALA, O. Climate change, adaptation, and formal education: the role of schooling for increasing societies’ adaptive capacities in El Salvador and Brazil, Ecology and Society, v.17 (2), 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.5751/ES-04645-170202>>. Acesso em: 6 abr. 2022.



WISNER, B.; BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, K. At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters, Routledge, London, 2003.

WISNER, B. Let Our Children Teach Us: A Review of the Role of Education and Knowledge in Disaster Risk Reduction, UNISDR System Thematic Cluster/ Platform on Knowledge and Education, Geneva, Switzerland, 2006. Disponível em: <[https://www.unisdr.org/files/609\\_10030.pdf](https://www.unisdr.org/files/609_10030.pdf)> Acesso em: 6 abr. 2022.





**Cemaden**  
Centro Nacional de Monitoramento  
e Alertas de Desastres Naturais



MINISTÉRIO DA  
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES**

MINISTÉRIO DO  
**DESENVOLVIMENTO REGIONAL**