

**MANUAL DE REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES**

**APLICADO AO PLANEJAMENTO URBANO**

**MOVIMENTOS DE MASSA**

## **Sumário**

### **Apresentação**

### **Introdução**

**Capítulo 1 – Gestão dos riscos de desastres - Quadro Normativo.**

**Capítulo 2 – Planejamento territorial e urbano e a redução dos riscos de desastres.**

**Capítulo 3 – Planejamento e estratégias para ordenamento territorial do município.**

**Capítulo 4 – Planejamento das áreas urbanas e os movimentos de massa.**

**Capítulo 5 – Projeto Urbanístico e diretrizes para o parcelamento e construção em área de perigo.**

## **APÊNDICES**

***A. Subsídios para o diagnóstico de planejamento territorial***

**B. Estudos de caso para aplicação das orientações do manual –**

**Parte 1 - Nova Friburgo**

**Parte 2 - Petrópolis**

## **Apresentação**

O Ministério das Cidades, na condição de órgão responsável pelas diretrizes nacionais de desenvolvimento urbano, apresenta o **Manual de Redução de Riscos de Desastres Aplicado ao Planejamento Urbano – Movimentos de Massa**, voltado a auxiliar os municípios na prevenção desse tipo de desastre, mediante o adequado ordenamento territorial e a ocupação de áreas urbanas que ofereçam segurança à população.

O Manual é resultado do Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos de Desastres – GIDES, desenvolvido pelos Ministérios das Cidades, da Integração Nacional, da Ciência e Tecnologia, Serviço Geológico do Brasil/ Ministério de Minas e Energia e Agência Brasileira de Cooperação no âmbito da cooperação técnica com o governo japonês, por meio da Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) e do Ministério da Terra, Infraestrutura, Transporte e Turismo (MLIT)<sup>1</sup>

A promoção do desenvolvimento urbano resiliente é diretriz enfatizada nas agendas internacionais que tratam da redução de riscos de desastres, como o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015 - 2030, do qual o Governo Brasileiro é signatário, aprovado na Terceira Conferência Mundial das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres, realizada na cidade de Sendai, no Japão, em março de 2015. A redução dos riscos de desastres pressupõe a priorização do conhecimento dos riscos; o aperfeiçoamento da governança e a destinação de recursos adequados; o aumento da resiliência, para fazer face aos impactos dos desastres; a melhoria das ações de preparação para uma resposta eficaz; a recuperação dos desastres de forma a se “construir melhor que antes”, envolvendo ações de reabilitação e de reconstrução.

---

<sup>1</sup> O Acordo de Cooperação Técnica Brasil – Japão para o Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos de Desastres de Sedimentos teve início em 10 de junho de 2013.

Deve-se salientar que o Brasil tem buscado fortalecer a política nacional de proteção e defesa civil, com base nos novos paradigmas da redução dos riscos de desastres, com ênfase nas ações de prevenção, sem se descuidar das necessárias ações de resposta e recuperação, caso o desastre ocorra. A adoção de ações de prevenção e o aperfeiçoamento do conhecimento dos riscos de desastres são um importante avanço para a efetiva implementação da política nacional de proteção e defesa civil, cujo objetivo principal é a redução dos riscos de desastres, em todos os âmbitos territoriais.

Nesse sentido, o **Manual de Redução dos Riscos de Desastres aplicado ao Planejamento Urbano – Movimentos de Massa** traz uma importante contribuição para o aperfeiçoamento da gestão das cidades brasileiras. Este é o objetivo central do Ministério das Cidades e dos demais órgãos que participaram do Projeto GIDES, ao divulgarem esta série de **Manuais** que contempla as seguintes publicações: **Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa;**

- a) **Manual de Redução dos Riscos de Desastres aplicado ao Planejamento Urbano – Movimentos de Massa;**
- b) **Manual Técnico para Elaboração, Transmissão e Uso de Alertas de Risco de Movimento de Massa;**
- c) **Manual de Planos de Contingência para Desastres de Movimento de Massa;**
- d) **Manual de Intervenções Estruturais para Fluxo de Detritos;**
- e) **Manual para Plano de Intervenção de Ruptura de Encosta.**

## Introdução

O objetivo principal deste **Manual** é demonstrar a importância do conhecimento dos riscos de desastres por movimento de massas e de sua consideração no planejamento territorial e urbano. É, portanto, voltado a um tipo específico de ameaça, **os movimentos de massa**, ou seja, o processo natural que atua nas vertentes, associado à descida de solos e rochas (acompanhado por vegetação, detritos) sob o efeito direto da gravidade, geralmente potencializado pela ação da água.

Neste recorte, este manual é direcionado aos municípios brasileiros que possuam feições topográficas caracterizadas pela presença de encostas **superiores a 5m de altura e inclinação superior a 25° e**, sendo assim, conforme entendimento do Serviço Geológico do Brasil-CPRM, possivelmente suscetíveis aos desastres de movimento de massa, com significativo impacto para a preservação da vida humana ou para os bens materiais.

Para tanto, apresenta orientações para a consideração dos riscos, a ser utilizado pelos municípios suscetíveis à ocorrência de desastres decorrentes de movimentos de massa, no processo de ordenamento territorial.

O Brasil é muito suscetível aos movimentos de massa, que podem ocorrer em áreas rurais, reservas ambientais ou em áreas urbanas vazias ou densamente ocupadas, particularmente em épocas de chuvas intensas e concentradas. Os desastres de movimentos de massa (escorregamentos, fluxo de detritos, queda de blocos, etc) são responsáveis pelo maior número de vítimas fatais no País, tendo sido registrados 3.237 óbitos, entre 1998 e 2011, de acordo com dados do IPT- Instituto Tecnológico de São Paulo.

Em função do processo desordenado de crescimento urbano, os deslizamentos ocorrem, frequentemente, em encostas desmatadas e ambientalmente degradadas, desprovidas de infraestrutura urbana (em especial, de sistemas de drenagem), portanto suscetíveis à ocorrência de desastres, onde se localiza, em grande parte, a população mais carente.

Há uma complementaridade entre o planejamento urbano e a redução dos riscos de desastres, pois a localização da população em áreas suscetíveis é fator de aumento dos riscos, em especial os decorrentes de movimentos de massa.

O propósito do manual ora apresentado é apoiar os municípios para fazer face a essas ameaças, fornecendo subsídios técnicos para o conhecimento dos riscos existentes no território, de forma a serem adotadas medidas adequadas de prevenção de desastres no planejamento da ocupação de novas áreas, seja para abrigar o incremento populacional ou de atividades econômicas, seja para reassentar populações ocupantes de áreas de risco. **Trata-se, portanto, de orientações a serem, preferencialmente, observadas no planejamento e projetos para áreas não ocupadas.**

O município poderá utilizar esse manual para as seguintes finalidades, entre outras:

- Conhecer melhor os riscos de movimentos de massa em seu território, utilizando-se de ferramentas de mapeamento geológico-geotécnico;
- Delimitar, com precisão e objetividade, nas peças de planejamento urbano as áreas sujeitas à ocorrência de movimentos de massa. Seja por ocasião do planejamento territorial do município ou de suas áreas urbanas, ou por ocasião da elaboração da legislação urbanística municipal;
- Auxiliar na determinação de restrições à ocupação urbana em função da graduação dos riscos de desastres por movimentos de massa e orientar o processo de aprovação de novos loteamentos;
- Considerar os riscos de desastres ocasionados por movimentos de massa nos seus planos setoriais, como os de mobilidade e transportes, de saneamento ambiental, habitação, ou na programação de obras públicas destinadas a prevenir ou mitigar os referidos riscos de desastres;
- Dotar o poder público, no exercício de seu poder de polícia, de fundamentos técnicos que embasem a proibição da ocupação de

determinadas áreas ou a sua ocupação mediante determinadas restrições, assim como as ações de fiscalização e controle.

**O manual ora apresentado é importante para orientar a atuação de todos os municípios e, particularmente, os que sejam suscetíveis a ocorrência de deslizamentos e fluxo de detritos, e aqueles inseridos no Cadastro Nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos, que são sujeitos a exigências legais específicas.**

O manual poderá ser útil nas seguintes ocasiões, entre outras:

- Na elaboração ou revisão do Plano Diretor municipal;
- Na promoção da ocupação de novas áreas urbanas, no interior do perímetro urbano ou quando se pretender ocupar áreas além do perímetro urbano em vigor.
- Na elaboração ou revisão da legislação urbanística – leis de uso, ocupação e de parcelamento do solo urbano;
- Na apreciação de projetos de parcelamento do solo urbano e de edificações;
- Na determinação da localização de infraestrutura e de equipamentos urbanos e comunitários;

**A aplicação do manual, o nível de detalhamento e a priorização de áreas a serem analisadas ficam a critério de cada município, em função das decisões político-administrativas, das condições socioeconômicas, técnicas e das necessidades locais.**

O presente Manual está estruturado em 5 capítulos, a saber:

O capítulo 1 apresenta o **quadro normativo** da redução dos riscos de desastres, em especial o disposto na Lei Federal nº 12.608, de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, trazendo importantes dispositivos sobre a relação entre o planejamento territorial e urbano e a gestão de riscos de desastres.

O capítulo 2 apresenta os principais conceitos referentes aos riscos de desastres decorrentes dos movimentos de massa e o método de redução desses riscos, baseado em mapeamentos geológico-geotécnico, de vários tipos e escalas, como as cartas de suscetibilidade de perigo e a carta geotécnica de aptidão à urbanização, compatíveis com os distintos níveis do planejamento territorial e urbano.

O capítulo 3 trata do ordenamento territorial do município, consolidado no Plano Diretor, suas inter-relações com a redução dos riscos de desastres causados por movimentos de massa e as ferramentas a serem utilizadas para o conhecimento dos riscos nesse âmbito territorial.

O capítulo 4 aborda o planejamento das áreas urbanas e sua inter-relação com o mapeamento dos riscos de desastres nessa escala territorial.

O capítulo 5 traz orientações para a implementação do projeto urbanístico, a ser adotado para o planejamento territorial de novas áreas urbanas, visando a promover o desenvolvimento urbano de forma articulada com o conhecimento dos riscos de desastres decorrentes de movimentos de massa.

*BOA LEITURA!*



## CAPÍTULO 1. GESTÃO DOS RISCOS DE DESASTRES – QUADRO NORMATIVO

A ocorrência de graves desastres no Brasil, sobretudo na década de 2010, levou a uma crescente conscientização acerca da importância de se aperfeiçoar a gestão dos riscos de desastres, o que resultou na edição da Lei Federal nº 12.608, de 2012, que dispõe sobre as diretrizes e os objetivos da política nacional de proteção e defesa civil.

A **redução dos riscos de desastres** é o principal objetivo da política nacional, ou seja, trata-se de valorizar as medidas de **prevenção** dos riscos e não apenas aquelas com foco na resposta e recuperação dos desastres.

Nesse sentido, a legislação brasileira **exige que os gestores públicos, de todas as instâncias governamentais** - União, Estados, Distrito Federal e Municípios - adotem as ações necessárias à redução dos riscos de desastres, devendo, para tanto, atuar em conjunto com a sociedade e com o setor privado.

**Caso o administrador público não tome as medidas necessárias à redução dos riscos, estará sujeito a sanções.**

A política urbana deve ter consideração especial sobre a redução dos riscos de desastres, uma vez que a distribuição da população e das atividades econômicas no território municipal pode gerar riscos ou estar suscetíveis aos mesmos. Em outras palavras, o adequado ordenamento territorial e urbano é muito relevante para promover a prevenção dos riscos de desastres.

Nesse sentido, o Estatuto da Cidade - Lei Federal nº 10.257, de 2001, ao dispor sobre as diretrizes gerais da política urbana, a serem obrigatoriamente observadas, sob pena de sanções ao gestor público, estabelece que “a ordenação e controle do uso do solo deve evitar, entre outros, **a exposição da população a riscos de desastres**” (artigo 2º, VI, h). Portanto, como regra geral, qualquer medida ou norma que implique em localização de atividades no

território, em qualquer âmbito territorial, deverá levar em consideração a análise dos riscos e a exposição da população a esses riscos.

Por sua vez, a política nacional de proteção e defesa civil, tal como estabelecido na Lei Federal nº 12.608, de 2012, contempla uma série de dispositivos a serem observados por todos os municípios, de forma que o ordenamento territorial e urbano passe a considerar os riscos de desastres, a saber:

a) **É vedada a aprovação de projeto de loteamento e desmembramento em áreas de risco** definidas como não edificáveis, no Plano Diretor ou em legislação dele derivada.<sup>2</sup>

b) **É vedada a concessão de licença ou alvará de construção** em áreas de risco indicadas como não edificáveis no Plano Diretor ou legislação dele derivada.<sup>3</sup>

São normas de especial importância para a prevenção de riscos de desastres causados por movimentos de massa. Portanto, é fundamental que o município tenha um Plano Diretor atualizado, no qual constem as áreas com restrição à urbanização, assim como legislação de uso e ocupação do solo urbano, na qual estejam indicadas, com clareza, as áreas vulneráveis e sujeitas à ocorrência de desastres causados por movimentos de massa.

---

<sup>2</sup> A Lei nº 12.608/12 alterou a redação da **lei de parcelamento do solo urbano**, Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (artigo 12).

<sup>3</sup> Lei nº 12.608/12, artigo 23.

Essas áreas serão identificadas por meio de cartografia geológica-geotécnica que estabeleça os níveis de risco existentes no território, de forma a determinar as não edificáveis, ou as passíveis de controle especial quanto ao uso e ocupação.

***Para que sejam delimitadas, com precisão, as áreas sujeitas à ocorrência de desastres e estabelecidas as correspondentes medidas de restrição ou proibição de sua ocupação, é necessário adotar critérios técnicos que avaliem o nível de exposição da população, os eventuais impactos dos eventos adversos e o nível de perigo a que estão sujeitas essas áreas. Este é o propósito do manual ora apresentado, no que se refere aos movimentos de massa.***

c) O **gerenciamento das áreas sujeitas à ocorrência de desastres** existentes no território municipal deve ser feito por meio de:

- **Identificação e mapeamento** - Cabe ao município, com o apoio da União e do Estado, identificar e mapear as áreas sujeitas à ocorrência de desastres que deverão constar do Plano Diretor e da legislação urbanística municipal;
- **Fiscalização do uso e da ocupação** - As áreas **sujeitas à ocorrência de desastres** devem ser fiscalizadas para evitar ocupações indevidas. **A fiscalização somente será efetiva se houver determinação legal que a ampare.** Trata-se do exercício do poder de polícia do município, cabendo à fiscalização atestar o cumprimento das normas urbanísticas e edíficias.

Confirmando a importância atribuída pela política nacional de proteção e defesa civil ao controle da ocupação das áreas de risco, as informações serão

encaminhadas, para conhecimento e providências, aos Poderes Executivo e Legislativo dos respectivos Estados e Municípios e ao Ministério Público.

**A existência de legislação urbanística e edilícia atualizada é essencial para que a Administração municipal exerça o controle e a fiscalização da ocupação do solo urbano.** Não basta tratar da redução de riscos no âmbito do Plano Diretor. É essencial que a legislação municipal, como a lei de parcelamento do solo urbano, a de uso e ocupação do solo urbano (também denominada lei de zoneamento urbano), estabeleça normas para reduzir os riscos de desastres e, em especial, determine em que áreas a ocupação é permitida ou não. De igual forma, o **Código de Obras e Edificações** deve conter normas capazes de assegurar a segurança, resistência e qualidade das obras e edificações.

**Nem sempre o disposto nos Planos Diretores é observado, pois a legislação urbanística, necessária para sua implementação, não existe, está desatualizada ou em desacordo com o disposto no referido Plano Diretor.**

É fundamental que as leis urbanísticas sejam atualizadas, e reflitam a real situação de uso e ocupação do solo urbano. Cabe a essa legislação determinar **onde e em que condições é possível edificar**. Portanto, as áreas suscetíveis, sujeitas às inundações, aos deslizamentos ou a outros tipos de ameaças, devem ser consideradas como **áreas de controle a urbanização** ou de **restrição á urbanização**, desde que observadas normas e adotadas medidas necessárias à segurança da população em relação aos riscos de desastres.

**d) Cadastro Nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos.**

A legislação federal de proteção e defesa civil estabeleceu uma categoria de municípios, **com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de**

**grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos**, a integrem um **Cadastro Nacional**, merecendo tratamento específico, por estarem sujeitos a esses tipos de ameaças.

- **Os municípios integrantes deste Cadastro devem observar exigências específicas para o seu ordenamento territorial e urbano**, podendo contar com o apoio da União e dos Estados. São elas: **Obrigatoriedade de elaboração do Plano Diretor**.
- Não obstante a determinação legal, é aconselhável a utilização deste manual por todo e qualquer **município com conformações topográficas que configurem encostas superiores a 5m de altura e inclinação igual ou superior a 25°**.

Os municípios incluídos no Cadastro Nacional devem **elaborar ou revisar** o Plano Diretor: <sup>4</sup>

- ✓ Os Municípios que **não tenham Plano Diretor** aprovado terão o prazo de 5 (cinco) anos para o encaminharem à apreciação da Câmara Municipal, contados a partir de 10 de abril de 2012, data de aprovação da Lei nº 12.608.
- ✓ Os municípios que **já tenham Plano Diretor**, ao promoverem sua revisão, no prazo determinado pelo Estatuto da Cidade (de 10 anos, no máximo), devem observar as exigências em relação ao seu conteúdo, conforme determinado na Lei nº 12.608, de 2012.

- **Conteúdo do Plano Diretor**

O Plano Diretor a ser elaborado pelos municípios integrantes do Cadastro Nacional deve contemplar, **além do conteúdo previsto no artigo 42** do Estatuto da Cidade:

---

<sup>4</sup> Artigo 41 do Estatuto da Cidade, de acordo com a nova redação dada pela Lei nº 12.608, de 2012

- ✓ **O mapeamento com as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos;**
- ✓ **A identificação e o mapeamento de áreas de risco levarão em conta as cartas geotécnicas, segundo determina a Lei nº 12.608/12.<sup>5</sup>**

O mapeamento de áreas **sujeitas à ocorrência de desastres** é essencial para o conhecimento das áreas vulneráveis do território municipal, de forma a orientar o planejamento territorial do município e de suas áreas urbanas. O mapeamento é fundamental para a indicação das áreas não edificáveis, em função dos riscos de desastres, e demais providências para impedir sua ocupação ou prevenir riscos futuros.

**A Lei nº 12.608/12 determina que sejam levadas em conta as cartas geotécnicas de aptidão à urbanização, caso elas tenham sido elaboradas, mas não exclui outros tipos de cartas, conforme se propõe no método ora apresentado, como as cartas de perigo, de riscos e de suscetibilidade.**

- ✓ **Parâmetros de uso, ocupação e parcelamento do solo urbano**

O Plano Diretor deverá conter orientações gerais sobre o uso, ocupação e parcelamento do solo urbano, para subsidiar o estabelecimento de parâmetros e índices urbanísticos pelas leis de uso e ocupação do solo urbano e de parcelamento do solo urbano. Tais parâmetros deverão também oferecer subsídios para a redução de riscos de desastres

---

<sup>5</sup> Os Municípios poderão fazer uso também de outros instrumentos de cartografia geológico-geotécnica disponíveis para a identificação e mapeamento de áreas de risco.

✓ **Proposta de ações de intervenção preventiva e a realocação de população de áreas de risco de desastre**

Equivale à formulação de estratégias, programas de ação e previsão de áreas seguras para reassentamento de população vivendo em áreas de risco, quando necessário, ou para melhorias nas áreas vulneráveis, de forma a mitigar ou prevenir a ocorrência de desastres. É importante o conhecimento sobre os tipos de desastres existentes no município e os riscos associados, para que o Plano Diretor proponha medidas adequadas a lidar com suas características. É relevante a participação dos órgãos de proteção e defesa civil no processo de elaboração das propostas do Plano Diretor.

✓ **Indicação de medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres**

Como uma das principais causas de enchentes nas áreas urbanas é a inexistência ou insuficiência da drenagem, cabe ao Plano Diretor identificar as áreas suscetíveis a ocorrência de enxurradas e enchentes de modo a priorizar áreas de atendimento por ações de drenagem urbana. Os planos setoriais de saneamento deverão dedicar especial atenção sobre estas áreas e deverão estabelecer ações, programas e projetos para viabilizar obras e medidas de drenagem urbana.

✓ **Previsão de áreas para habitação de interesse social** por meio da demarcação de Zonas Especiais de Interesse Social - ZEIS e de outros instrumentos de política urbana.

Cabe ao Plano Diretor oferecer estabelecer e caracterizar as Zonas Especiais de Interesse Social, ou outros instrumentos previstos no Estatuto da Cidade. Dada alta vulnerabilidade das parcelas populacionais de baixos ingressos financeiros aos desastres naturais, a localização e delimitação de ZEIS deve observar com atenção os mapeamentos geológicos-geotécnicos.

A Lei nº 12.608, de 2012, por meio de alteração do Estatuto da Cidade, inserindo o Art. 42-B, estabeleceu a necessidade de ser elaborado **projeto específico, na hipótese de alteração do perímetro urbano**, destaca-se as seguintes exigências:

I- Demarcação do novo perímetro urbano;

**II- Delimitação dos trechos com restrição à urbanização e dos trechos sujeitos a controle especial em função de ameaça de desastres naturais;**

III- Definição de diretrizes específicas e de áreas que serão utilizadas para infraestrutura, sistema viário, equipamentos e instalações públicas, urbanas e sociais;

IV- Definição de parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo, de modo a promover a diversidade de usos e contribuir para a geração de emprego e renda;

V- A previsão de áreas para habitação de interesse social por meio da demarcação de zonas especiais de interesse social e de outros instrumentos de política urbana, quando o uso habitacional for permitido;

**Quando o Plano Diretor contemplar estas exigências, o Município ficará dispensado da elaboração do projeto específico.**

Além das exigências supra referidas, o conteúdo do Plano Diretor deve ser compatível com as disposições dos planos de recursos hídricos, conforme disposto na Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 .



## CAPÍTULO 2 – PLANEJAMENTO TERRITORIAL E URBANO E A REDUÇÃO DOS RISCOS DE DESASTRES

A aplicação deste manual de redução dos riscos de desastres causados por movimentos de massa requer a compreensão de alguns conceitos fundamentais e a análise do mapeamento geológico-geotécnico, em suas diferentes escalas e características, de acordo com o nível do planejamento territorial e urbano.

### 2.1. Conceitos fundamentais

#### AMEAÇA

**Ameaça** , corresponde ao fenômeno ou processo natural, tecnológico ou de origem antrópica, com possibilidade de causar danos humanos, materiais e ambientais e perdas socioeconômicas públicas e privadas. As **ameaças naturais** compreendem as hidrometeorológicas, climatológicas, biológicas, geológicas.

As ameaças, portanto, são os fenômenos, os eventos adversos que podem ocorrer, como uma inundação, uma seca, uma epidemia, um terremoto ou um deslizamento.

A caracterização da ameaça, existente ou potencial, não inclui qualquer tipo de previsão.

Os movimentos de massa são classificados como **ameaças naturais, de acordo com o COBRADE** - Classificação Brasileira de Desastres - *COBRADE*.

## **PERIGO**

O **perigo** é a condição de uma ameaça específica de causar uma consequência indesejável dentro de um certo período de tempo.

## **VULNERABILIDADE**

Vulnerabilidade é o grau de perda esperado para um elemento ou conjunto de elementos sob condição de perigo, ou seja, exposto a uma ameaça específica. A **vulnerabilidade** resulta de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, aumentando a suscetibilidade de uma comunidade (exposta às ameaças) ao impacto dos desastres. A vulnerabilidade tem **estreita relação com as atividades humanas, não podendo ser considerada independentemente das questões ligadas ao desenvolvimento**. Compreende tanto os aspectos físicos (técnicas construtivas; qualidade do material, estrutura e resistência das obras e edificações; infraestrutura) como os fatores econômicos, sociais, políticos, técnicos, culturais, educacionais e institucionais.

## **DESASTRE**

Desastre é o resultado de eventos adversos, naturais, tecnológicos ou de origem antrópica, sobre um cenário vulnerável exposto a ameaça, causando danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais

## **RISCO DE DESASTRE**

Risco de desastre é o potencial de ocorrência de evento adverso sob um cenário vulnerável

O **risco de desastre**, portanto, é a combinação do perigo e da vulnerabilidade.

***O risco de desastre depende das características, das possibilidades e da intensidade da ameaça, ou seja, do grau de perigo, assim***

*como da quantidade dos elementos expostos e da vulnerabilidade desses elementos, em função das condições naturais, sociais, econômicas e ambientais existentes.*

## **SUSCETIBILIDADE**

A **suscetibilidade** a uma determinada ameaça, como os deslizamentos ou inundações, é a **probabilidade de ocorrência desse processo, dadas as condições do terreno. É o grau em que uma área pode ser afetada pela ameaça, isto é, a estimativa de “onde” a ameaça é mais provável de ocorrer.**

## **CARTA**

Refere-se a um documento cartográfico com representação de informações, interpretações e associações de dados contidos em mapas, ou seja, cartas são mapas temáticos.

Comumente os termos carta e mapa são usados como sinônimo, então pode-se encontrar, por exemplo, a terminologia “carta de perigo de movimentos de massa” ou “mapa de perigo de movimentos de massa”.

## **MOVIMENTOS DE MASSA**





Movimento de massa é o movimento do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente sob a ação direta da gravidade. Os movimentos de massa, além da ação da gravidade, são influenciados por vários fatores ambientais como a geologia, a configuração do relevo, a textura e estrutura do solo, os aspectos climáticos e hidrológicos, e a cobertura vegetal.

Entretanto, o expressivo número de acidentes associados a movimentos de massa nas encostas urbanas tem como principal causa a ação do homem, relativa às formas de uso e ocupação do solo. Estas ações desordenadas, através da inclusão de maiores volumes de líquidos nos materiais (lançamento concentrado de águas servidas e pluviais; o vazamento nas redes de abastecimento d'água; infiltrações de águas de fossas sanitárias), de mudanças na geometria das encostas (cortes nas encostas realizados com declividade e altura excessivas), da disposição de maior quantidade de material com potencial de movimentação (execução inadequada de aterros; deposição inadequada do lixo) e da remoção descontrolada da cobertura vegetal, são importantes agentes modificadores da dinâmica natural do relevo e, por conseguinte, da estabilidade das vertentes.

Os movimentos de massa resultam de um processo natural que atua na dinâmica das vertentes, fazendo parte da evolução geomorfológica de regiões serranas. O crescimento da ocupação urbana indiscriminada em áreas suscetíveis, sem o devido planejamento do uso e ocupação do solo e sem a adoção de técnicas adequadas de estabilização, tem contribuído para a ocorrência de desastres que, muitas vezes, atingem grandes proporções, como o da região serrana do Rio de Janeiro, em 2011.

Os movimentos de massa podem ser de diversos tipos, pois envolvem uma variedade de materiais e processos.

**TABELA 1- MOVIMENTOS DE MASSA**

	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
1. NATURAIS	1. Geológico	3. Movimento de massa	1. Quedas, tombamentos e rolamentos	1. Blocos	As quedas de blocos são movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.  Os tombamentos de blocos são movimentos de massa em que ocorre rotação de um bloco de solo ou rocha em torno de um ponto ou abaixo do centro de gravidade da massa despreendida.  Rolamentos de blocos são movimentos de blocos rochosos ao longo de encostas, que ocorrem geralmente pela perda de apoio (descalçamento).	1.1.3.1.1	
				2. Lascas	As quedas de lascas são movimentos rápidos e acontecem quando fatias delgadas formadas pelos fragmentos de rochas se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.	1.1.3.1.2	
				3. Matacões	Os rolamentos de matacões são caracterizados por movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas e movimentam-se num plano inclinado.	1.1.3.1.3	
				4. Lajes	As quedas de lajes são movimentos rápidos e acontecem quando fragmentos de rochas extensas de superfície mais ou menos plana e de pouca espessura se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.	1.1.3.1.4	
			2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e/ou rocha	São movimentos rápidos de solo ou rocha, apresentando superfície de ruptura bem definida, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude. Frequentemente,	1.1.3.2.1	
1. NATURAIS		2. Deslizamentos	3. Corridas de massa	1. Solo/lama	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, o solo/lama, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.	1.1.3.3.1	
				2. Rocha/detrito	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, rocha/detrito, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.	1.1.3.3.2	
			4. Subsídências e colapsos	0	Afundamento rápido ou gradual do terreno devido ao colapso de cavidades, redução da porosidade do solo ou deformação de material argiloso.	1.1.3.4.0	

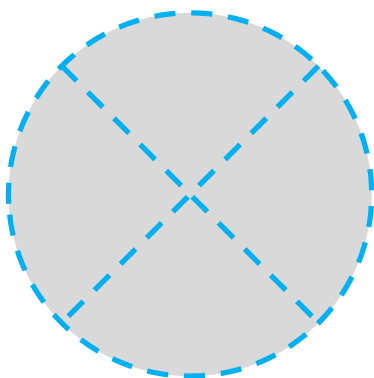
**COBRADE – CLASSIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES**

## 2.2. Correlação entre o planejamento territorial e urbano e o mapeamento geológico-geotécnico.

A redução dos riscos de desastres ocasionados por movimentos de massa deve ser promovida em todos os níveis do planejamento territorial e urbano. Os mapeamentos geológico-geotécnicos que determinam e caracterizam as áreas sujeitas a desastres por movimentos de massa fornecem subsídios adequados e necessários de acordo com o tipo, objeto, características e nível do planejamento.

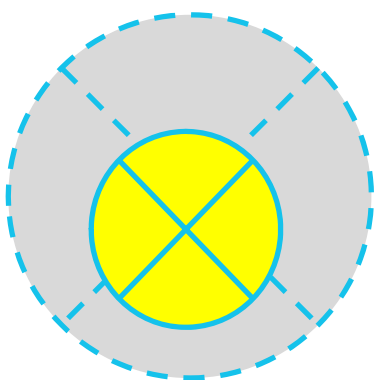
Para o adequado ordenamento territorial é importante considerar:

- O planejamento do território municipal, definido pelo Plano Diretor por meio de diretrizes de desenvolvimento, do macrozoneamento e do perímetro urbano;
- O planejamento das áreas urbanas, definido: i) pelas normas de uso, ocupação e parcelamento do solo urbano; ii) pelos projetos urbanísticos.



## **Ordenamento do território municipal**

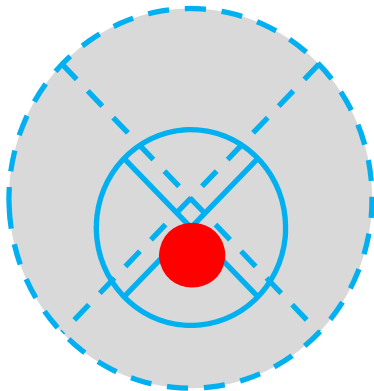
**Plano Diretor**



---

## **Planejamento das áreas urbanas**

**Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo Urbano**



## Projeto Urbanístico

O planejamento territorial e urbano do município, nos seus vários níveis, contribui para a redução de riscos de desastres, desde que incorpore os diversos tipos de mapeamento geológico-geotécnicos, como instrumentos essenciais de análise, de forma a promover a devida articulação com as ações de proteção e defesa civil.<sup>6</sup>

Os mapeamentos geológicos-geotécnicos, importantes ferramentas para o planejamento territorial e urbano, possibilitam a caracterização do terreno, através da identificação da distribuição dos diferentes tipos de rochas e solos, de suas propriedades geológico-geotécnicas, conformação topográfica e formas de relevo. Alguns mapas e cartas analisam a dinâmica e os processos atuantes sobre o meio físico, permitindo a avaliação dos diferentes compartimentos geológicos e geomorfológicos homogêneos de uma área, como também suas limitações e potencial de uso e ocupação.

Para a incorporação do mapeamento geológico-geotécnico no planejamento territorial e urbano dos municípios é preciso:

- Compreender as características, as limitações e o potencial do mapeamento geotécnico aplicado à gestão de riscos em desastres

---

<sup>6</sup> São ações de proteção e defesa civil as de prevenção mitigação, preparação, resposta e recuperação. A estas se soma a de conhecimento dos riscos, baseada, em grande medida, no mapeamento.

naturais (carta de suscetibilidade, carta de perigo, carta geotécnica de aptidão à urbanização, carta de risco, entre outros);

- Refletir sobre as determinações e aplicabilidade dos distintos instrumentos geológico-geotécnicos, de acordo com as diferentes escalas de planejamento territorial e urbano, além de sua aplicabilidade ao planejamento setorial (planos de mobilidade urbana, de saneamento ambiental, de drenagem e macrodrenagem urbana, entre outros).

## **ATENÇÃO**

**De acordo com a escala e o nível de detalhe, o mapeamento pode estabelecer distintas orientações para o planejamento territorial e urbano, podendo contribuir para a determinação do macrozoneamento, e localização de novas áreas urbanas, para a delimitação das macrozonas urbanas – perímetro urbano, para a definição do zoneamento, bem como para a adequada localização de infraestrutura e de equipamentos públicos e comunitários.**

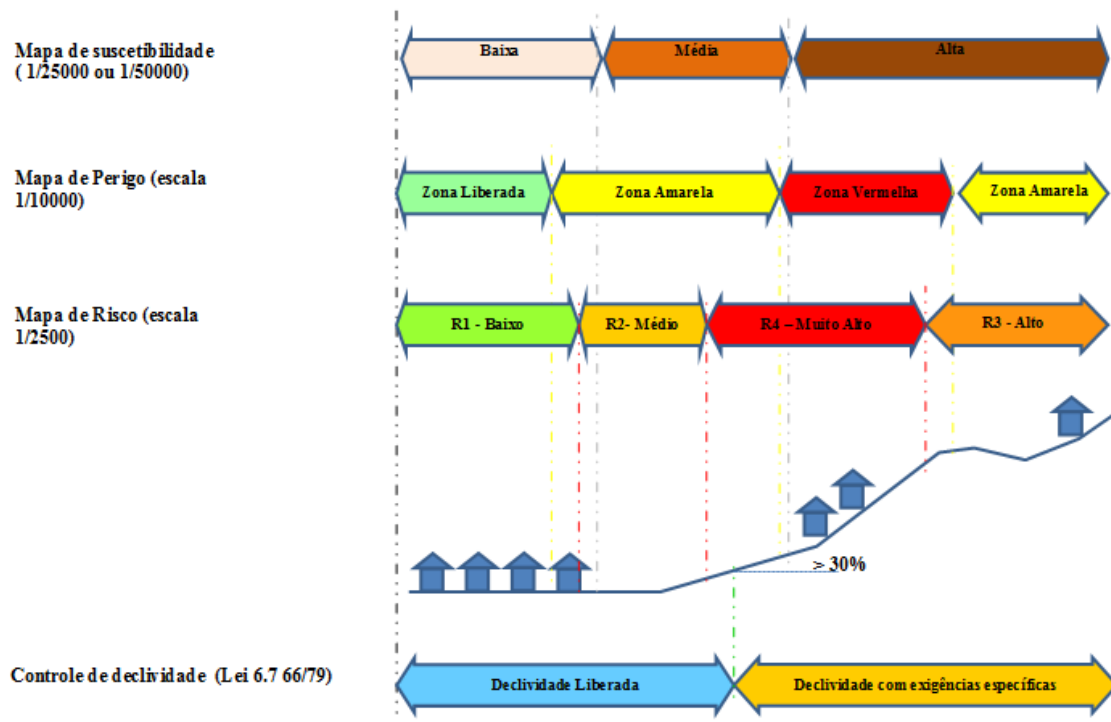
**No processo planejamento urbano deve-se ter em mente que a elaboração do mapeamento geológico-geotécnico adota detalhamento progressivo, em que cada escala de mapeamento oferecerá subsídios à etapa seguinte, a ser realizada em menor escala, com maior nível de detalhe.**

Conforme se avança no detalhamento progressivo, percebe-se que cada mapa ou carta geotécnica, de acordo com os seus objetivos, exigirá níveis cada vez maiores de detalhamento.

A adoção de uma escala de origem, coerente com o nível de detalhe e objetivos almejados pelo nível de planejamento, é extremamente importante, para garantir decisões adequadas em relação ao uso e ocupação do território.



A figura XX exemplifica a diversidade de cartas geológicas-geotécnicas, dadas as especificidades de cada um dos instrumentos citados, este manual buscará esclarecer o conteúdo destes instrumentos e seu potencial de usos para fins do Planejamento urbano



Somente com o conhecimento dos riscos e, sobretudo, com a efetiva espacialização dos riscos no território municipal, ou seja, a determinação da localização destas áreas de risco será possível adotar as medidas necessárias a evitar a exposição da população à ocorrência de desastres por movimentos de massa.

A correlação entre os instrumentos de planejamento urbano e os instrumentos de gestão de risco de desastres naturais, pode ser assim descrita:

**Carta de Suscetibilidade** (esc. 1/25000 ou 1/50.000) – Plano Diretor, Macrozoneamento | Determinação das áreas urbanas - Perímetro urbano

**Carta de Perigo / Carta geotécnica de aptidão à urbanização** (esc.1/10.000) – Legislação Urbanística – leis de uso, ocupação e parcelamento do solo urbano (zoneamento urbano)

**Carta de Perigo / Mapa de risco** (esc. 1/2.500 ou maior detalhe)

Planejamento territorial → Planejamento das áreas urbanas → Projeto Urb.

A inter-relação entre o planejamento territorial e os mapeamentos geológicos e geotécnicos permite estabelecer uma correspondência entre os instrumentos de planejamento urbano e os instrumentos de mapeamento geotécnico.



PLANEJAMENTO TERRITORIAL  
CARTA GEOTÉCNICA

CARTA DE SUSCETIBILIDADE

PLANEJAMENTO DAS ÁREAS URBANAS → CARTA DE PERIGO/ CARTA  
GEOTÉCNICA

PROJETO URBANÍSTICO → CARTA DE PERIGO/CARTA DE RISCO

### **Carta de Suscetibilidade** (escala 1:25.000 ou 1:50.000)

Uma Carta de Suscetibilidade classifica o território, baseado na potencialidade da ocorrência de determinada ameaça de acordo com as características do meio-físico, apresentando os padrões de relevo, a hipsometria, a declividade, os dados hidrológicos, as características geológicas, a litologia, entre outros aspectos.

### **Carta de Perigo** (escala 1:10.000 ou de maior detalhe):

Uma Carta de Perigo pode ser utilizada tanto para áreas ocupadas como para áreas vazias. Quando é caracterizada a vulnerabilidade dos alvos expostos ao perigo, configura-se uma carta de risco.

A carta de perigo retrata as áreas de perigo, com sua classificação, as cicatrizes e demais estruturas que indiquem movimentos de massa. Essas cartas podem subsidiar a localização do sistema viário, de áreas para moradia, infraestrutura urbana, as obras de contenção, os locais de abrigo e as rotas de fuga.

O “*Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa*” do âmbito do Projeto GIDES apresenta uma metodologia para elaboração de cartas de perigo e de risco para esse tipo de ameaça.

### **Carta geotécnica de Aptidão à Urbanização** (escala 1:10.000 ou de maior detalhe)

A Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização abrange áreas desocupadas ou com urbanização incipiente, situadas no interior do perímetro urbano, bem como em zona de expansão urbana, tal como prevista no Plano Diretor, incluindo recomendações para o parcelamento do solo urbano.

É composta, basicamente, por três elementos: a carta-síntese, o quadro-legenda e o texto explicativo.

A carta-síntese expressa o zoneamento e a distribuição das unidades geotécnicas que ocorrem na área focalizada, configurando o resultado da integração dos diversos mapas temáticos obtidos durante sua elaboração.

O quadro - legenda contém a descrição sucinta de cada unidade geotécnica identificada na área mapeada, caracterizada em termos de comportamento homogêneo frente a distintas formas de uso e ocupação do solo esperado em seu domínio, e diretrizes para eventuais intervenções no ambiente.

O texto explicativo apresenta seus objetivos, bem como os métodos e técnicas empregados, os mapas temáticos utilizados e os resultados obtidos em sua elaboração. Contém, ainda, detalhes em relação às unidades geotécnicas definidas e as referências bibliográficas utilizadas.

Há de se destacar que, em geral, as metodologias destas cartas não definem com precisão as áreas de atingimento de desastres naturais de movimento de massa, assim deve-se ter atenção quanto ao seu uso, em especial no que diz respeito a definição dos instrumentos do planejamento das áreas urbanas e projetos urbanísticos.

### **Carta de Risco** (escala 1:2.500 ou de maior detalhe):

Trata-se de carta com a identificação e a análise do risco, como resultado da

interação entre perigo e vulnerabilidade e que, no caso desta última, relaciona-se à resistência das construções e da infraestrutura.

A carta de Risco contém todos os elementos planimétricos e cartográficos do Mapa de Perigo, tendo como fundo uma imagem mostrando as edificações e o uso do solo na área mapeada. Apresenta a delimitação das áreas de risco bem como sua classificação.

## **ATENÇÃO**

**O planejamento territorial e urbano, ao considerar as questões ligadas aos riscos de desastres, pode ser um importante instrumento para as ações de proteção e defesa civil, como as de preparação e resposta, de monitoramento e alerta, na medida em que fornece subsídios para delimitação das rotas de fuga, em áreas sujeitas a ocorrência de movimentos de massa, para a adequada localização de abrigo temporário ou refúgio, entre outras.**

A Tabela 2 demonstra a relação entre as escalas de planejamento e o mapeamento geotécnico, bem como os requisitos necessários para a utilização destas peças nos distintos instrumentos de planejamento urbano, em suas várias escalas de detalhes e objetivos. Trata de estabelecer uma proposta de uso da cartografia geológica-geotécnica, tendo em vista suas especificidades, no processo de planejamento urbano. Trata de:

- I. Escala de detalhe;
- ii. Conteúdo e informações mapeadas;
- iii. Abrangência territorial

**CORRELAÇÃO E DEFINIÇÃO DE REQUISITOS PARA USO DOS MAPEAMENTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS NAS PEÇAS DE PLANEJAMENTO**

Instrumento de Planejamento Urbano	Mapeamentos Geológicos-Geotécnicos de Prevenção de Risco				
	Instrumentos	Requisitos para Uso			Recomendação
		Escala	Informação	Cobertura	
Ordenamento do Território Municipal (Plano Diretor)	1. Mapa de Suscetibilidade	Escala $\geq$ 1/50.000	Definição de manchas sujeitas à ocorrência de movimentos de massa	Cobertura do Território Municipal	Escala $\geq$ 1/25.000
	2. Mapa de Perigo				
	3. Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização	Escala $\geq$ 1/10.000	Polígono de área de perigo sem identificação de energia do movimento	Cobertura da área de Expansão urbana ou de intervenção urbana	Empreendimentos nesta área deverão estar sujeitas a detalhamento dos mapeamentos geológicos-geotécnicos.
	4. Outro				
Áreas Urbans Zoneamento Urbano e parcelamento do solo urbano	1. Mapa de Perigo	Escala $\geq$ 1/10.000	Polígono de área de perigo desagregado em: i) área de impacto do movimento de massa cuja energia pode destruir construções; ii) área de impacto do movimento de massa cuja energia não gera riscos destrutivos às construções	Cobertura da área de Expansão urbana ou de intervenção urbana	Prospecção das medidas estruturais necessárias para liberação das áreas de desenvolvimento urbano. Delimitação das Zonas de Restrição e Controle à Urbanização.
	2. Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização				
Projeto Urbanístico	1. Mapa de Perigo	Escala $\geq$ 1/2.500	Polígono das áreas de atingimento por movimentos com energia destrutiva e sem energia destrutiva	Área objeto do projeto urbanístico	
	2. Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização				

### **CAPÍTULO 3 – O PLANEJAMENTO E ESTRATÉGIAS PARA O ORDENAMENTO TERRITORIAL DO MUNICÍPIO.**

O Plano Diretor é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana, que estabelece diretrizes gerais de ordenamento e desenvolvimento do território municipal (áreas rurais, urbanas, de proteção ambiental, especiais, entre outras).

Cabe ao Plano Diretor determinar as diretrizes e estratégias do ordenamento do território municipal e, para tanto, adota-se o macrozoneamento, ou seja, a “macro agregação” de parcelas do território municipal com objetivos, características, usos e vocação semelhantes, de forma a dar coerência ao desenvolvimento municipal.

O Macrozoneamento, ao promover a espacialização das diretrizes de ordenamento e desenvolvimento do Município, tem importância fundamental para a gestão de riscos de desastres.

**A delimitação das macrozonas, de forma precisa e equilibrada, é um importante e eficiente instrumento contra a pressão de expansão urbana sobre as áreas limítrofes ao perímetro urbano, evitando a indesejada ocupação de áreas rurais, de proteção aos mananciais, áreas naturais de preservação, e, principalmente, de áreas com alta suscetibilidade a desastres**

O Macrozoneamento municipal deve conter:

- **Determinação das macrozonas: urbana, rural e ambiental, entre outras**

- **Estabelecimento dos objetivos, diretrizes e normas gerais de ordenamento territorial por macrozona.**
- **Delimitação do perímetro urbano da(s) macrozona(s) urbana(s)**

Um município poderá ter apenas uma Macrozona urbana, a cidade-sede da administração municipal - ou várias macrozonas, se houver outros núcleos populacionais com uso urbano, como no caso das vilas, sedes de distritos. O macrozoneamento deve identificar e determinar o perímetro urbano de todas essas áreas.



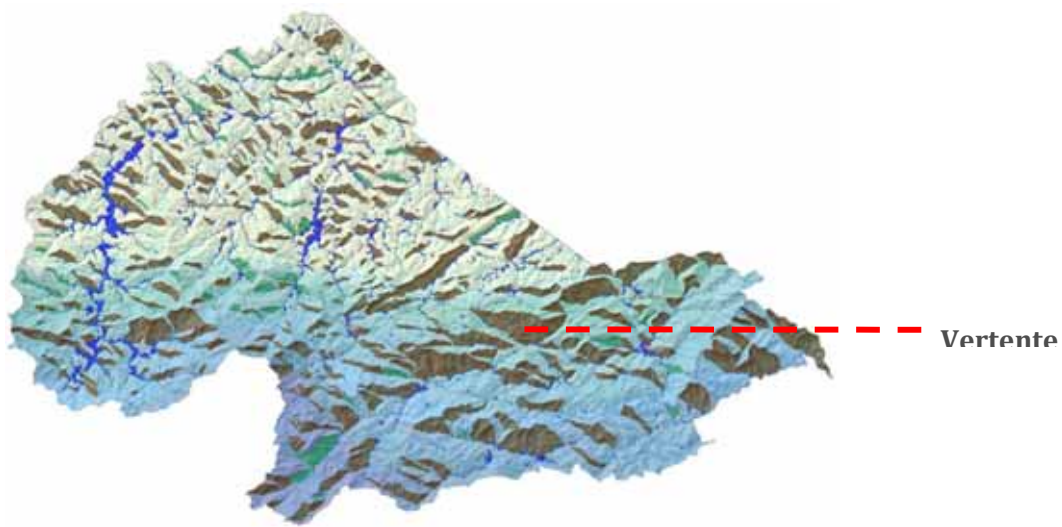
## **Exemplos de macrozoneamento**

### **NOVA FRIBURGO**

Em Nova Friburgo, durante a revisão do Plano Diretor Municipal de 2016, foi elaborado um projeto para identificação das faces de morro (vertentes) responsáveis pela captura da umidade oceânica e pela recarga dos aquíferos afetos à região onde se situa o município. Feita esta identificação foram estabelecidas, no plano diretor, estratégias de ordenamento territorial para a preservação destas áreas, de modo a garantir o potencial dos recursos hídricos da região.

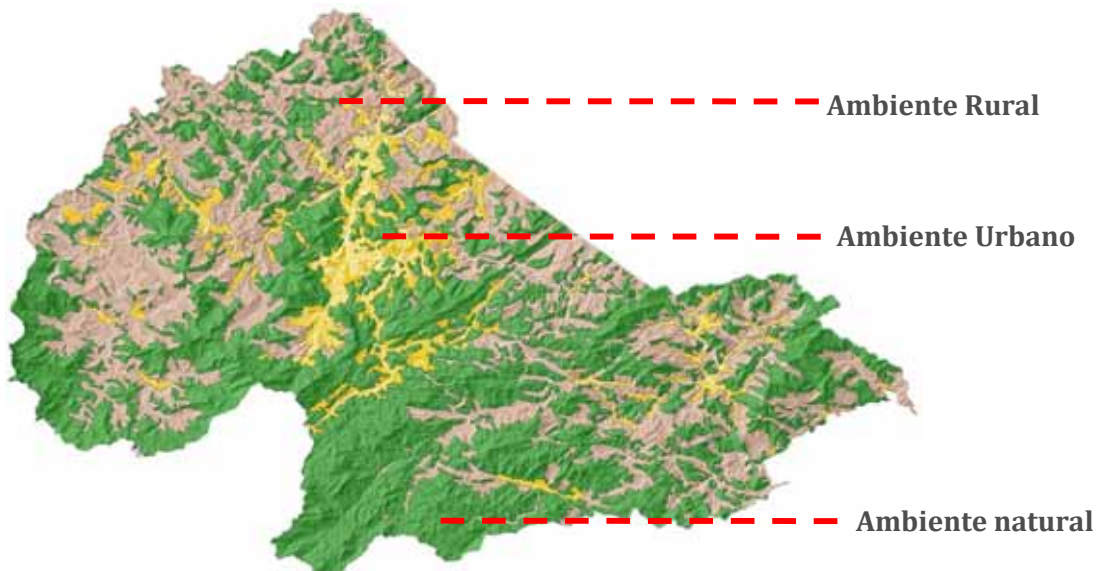
**FIGURA 2. Macrozoneamento do município de Nova Friburgo (2016)**





A partir destas macroestratégias ambientais e da configuração de suas bacias hídricas, o Plano Diretor de Nova Friburgo (revisão de 2016) estabeleceu as Macrozonas do Ambiente Natural, do Ambiente Rural e do Ambiente Urbano.

**FIGURA 3. Macrozoneamento do Município de Nova Friburgo**



Para estabelecer as diretrizes e estratégias de ordenamento territorial do município e melhor definir as macrozonas, o Plano Diretor poderá contar com a **Carta de Suscetibilidade**.

### **3.1. O macrozoneamento e a Carta de Suscetibilidade da CPRM/ Serviço Geológico Brasileiro**

**Conhecer, previamente, a suscetibilidade de uma** área às ameaças, a exemplo dos movimentos de massa, é de extrema importância para o ordenamento territorial no âmbito municipal, pois contribui para a identificação e avaliação de cenários potenciais de riscos de desastres.

A suscetibilidade a uma ameaça, como os movimentos de massa ou as inundações, é a propensão de ocorrência desse evento, dadas as condições do terreno. É o grau em que uma área pode ser afetada, isto é, a estimativa de “onde” o evento é mais provável de ocorrer, ou seja, o local onde a propensão à sua ocorrência é maior ou menor em comparação a outros.

**O mapeamento da suscetibilidade da CPRM classifica todo o território municipal, baseado na probabilidade da ocorrência de determinada ameaça. A probabilidade de ocorrência da ameaça em questão é definida por meio da combinação de características intrínsecas aos terrenos.**

Na elaboração da carta de suscetibilidade a deslizamentos devem ser levados em conta os padrões de relevo, a hipsometria, a declividade, os dados hidrológicos, as características geológicas, a litologia, entre outros aspectos.

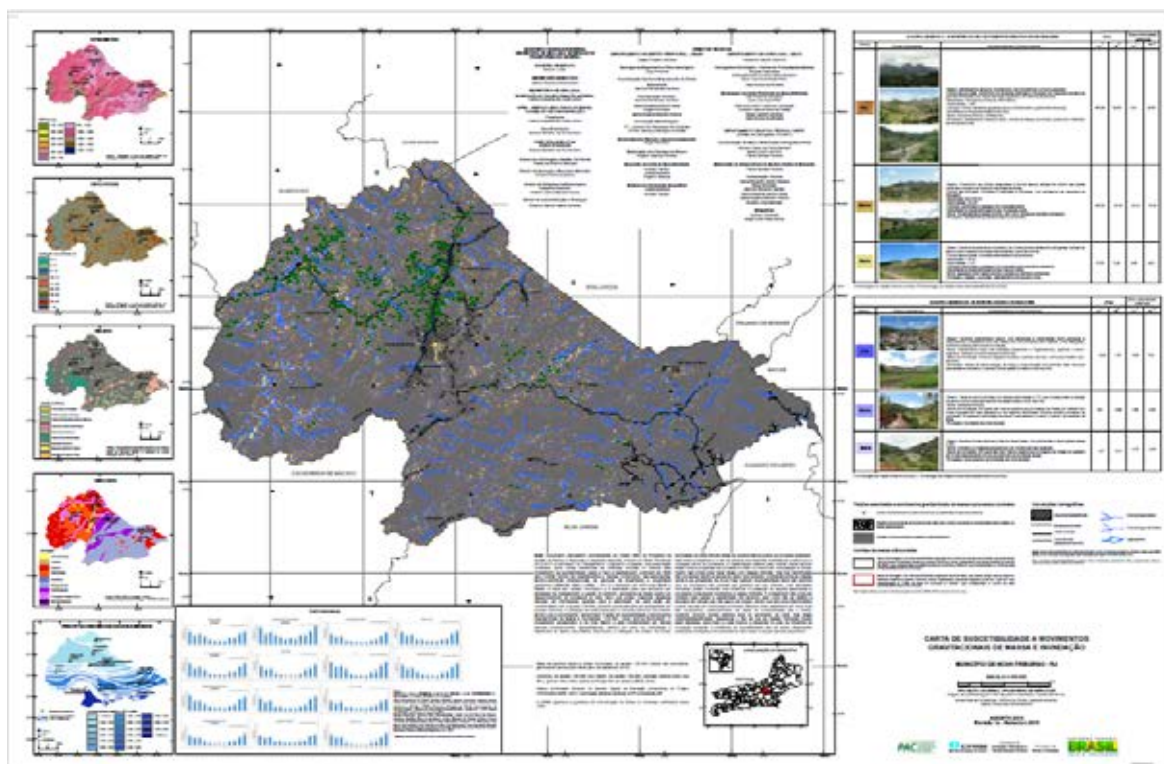
**A partir desses dados é realizada uma avaliação quantitativa ou qualitativa. O nível de suscetibilidade é, geralmente, definido de maneira gradativa - alta, média, baixa.**

Apresenta-se, a seguir, como exemplo, a Carta de Suscetibilidade de Nova Friburgo – Figura 4

A Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações, em Nova Friburgo, RJ, foi elaborado em 2011, na escala de 1:25.000 (CPRM/

IPT).<sup>7</sup> Os níveis de suscetibilidade foram definidos em função da geologia, da hipsometria, das declividades dos terrenos, das precipitações médias anuais e mensais e da interpretação dos padrões de relevo.




Figura 4– Mapa de Suscetibilidade de Nova Friburgo



## ATENÇÃO

<sup>7</sup> A CPRM e o IPT já realizaram Cartas de Suscetibilidade de cerca de 300 municípios brasileiros. Os municípios levantados e seus respectivos produtos podem ser consultados no site abaixo:

<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia-de-Engenharia-e-Riscos-Geologicos/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes-3507.html>

QUADRO-LEGENDA A - SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA					
Classe	Características predominantes	Área km <sup>2</sup>	Área % (*)	Área urbanizada/ edificada km <sup>2</sup>	Área % (**)
Alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevo: serras, escarpas, morros altos e morros baixos;</li> <li>Forma das encostas: variável de côncava a retilínea e convexa;</li> <li>Amplitudes: variam, em média, de 40 a mais de 300 m;</li> <li>Declividades: predomínio de encostas íngremes, com gradientes superiores a 20°;</li> <li>Litologia: rochas graníticas, gnaisses orto e paraderivados com porções migmatíticas; depósitos de tálus-colúvio;</li> <li>Densidade de lineamentos/estruturas: média a alta;</li> <li>Solos: em geral pouco evoluídos e rasos;</li> <li>Processos: deslizamento, rastejo e erosão.</li> </ul> <p>Fotos ilustrativas</p> 	20,38	21,15	0,03	0,98
Média	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevo: morros altos, morros baixos, colinas, serras e escarpas;</li> <li>Forma das encostas: predominam as formas retilíneas e convexas;</li> <li>Amplitudes: 30 a 250 m, em média;</li> <li>Declividades: predominam gradientes moderados (10 a 20°);</li> <li>Litologia: rochas graníticas, gnaisses orto e paraderivados com porções migmatíticas; depósitos de tálus-colúvio;</li> <li>Densidade de lineamentos/estruturas: média;</li> <li>Solos: em geral evoluídos e moderadamente profundos;</li> <li>Processos: deslizamento, rastejo e erosão.</li> </ul> <p>Fotos ilustrativas</p> 	57,82	60,19	2,73	45,05
Baixa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relevo: colinas amplas e suaves, rampas de alúvio-colúvio e planícies/terraços fluviais;</li> <li>Forma das encostas: convexas suavizadas e topos aplainados;</li> <li>Amplitudes: 0 a 60 m;</li> <li>Declividades: inferiores a 10°;</li> <li>Litologia: rochas graníticas e gnáissicas diversas; depósitos aluvionares e colúvio-aluvionares;</li> <li>Densidade de lineamentos/estruturas: baixa;</li> <li>Solos: residuais espessos e bem desenvolvidos; coluvionares e aluvionares;</li> <li>Processos: erosão.</li> </ul> <p>Fotos ilustrativas</p> 	17,98	18,86	3,29	54,29

(\*) Porcentagem em relação à área do município. (\*\*) Porcentagem em relação à área urbanizada/edificada do município.

**Existem diversos métodos e escalas para a elaboração de cartas de Suscetibilidade. A escolha da escala e do procedimento mais adequado de elaboração depende da base cartográfica existente, dos dados utilizados e do detalhamento dos levantamentos realizados no local.**

**Na elaboração de um mapeamento de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa, sugere-se a escala 1:25.000, para que ofereça subsídios adequados ao ordenamento territorial e urbano.**

Mapeamentos de suscetibilidade devem ser consolidados em bases cartográficas e em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), integrando todos os dados e informações obtidos em uma Base de Dados, acessível a todos os atores envolvidos, para embasar as ações de prevenção de riscos de desastres a serem adotadas.

**ATENÇÃO**

**Uma Carta de Suscetibilidade traz importantes subsídios para os Planos Diretores e outros instrumentos de ordenamento e gestão territorial e urbana.**

De acordo com a Lei nº 12.608, de 2012, a União e os Estados devem apoiar os municípios na elaboração do mapeamento de riscos de desastres, incluindo a Suscetibilidade. Podem prestar apoio aos municípios, entre outros:

- Órgãos e entidades responsáveis pelos serviços geológicos de âmbito federal, como a **CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ Serviço Geológico Brasileiro**; Órgãos e entidades responsáveis pelos serviços geológicos de âmbito estadual;
- Institutos de pesquisa de universidades – área de geociências.

### **3.2 Visão estratégica para o ordenamento do Território Municipal.**

A finalidade desta etapa é a de subsidiar a formulação de alternativas técnicas para planejar o crescimento urbano de modo a reduzir os riscos de desastres, em especial aqueles decorrentes de movimentos de massa.

#### **3.2.1 Crescimento urbano, cenários de desenvolvimento e visão de futuro**

A definição de novas áreas urbanas e áreas de expansão urbana deve buscar entender, além da interpretação das informações de risco, que: **O crescimento desordenado do tecido urbano na maioria de nossas cidades** contribui para o aumento da vulnerabilidade.

**Em municípios com áreas suscetíveis a deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos, a ocupação de áreas vulneráveis é mais preocupante, pois a população está exposta a riscos já instalados, o que pode vir a causar perdas de vida, danos e prejuízos, na ocorrência de desastres.**

Grande parte da população brasileira vive em áreas periféricas das cidades, constatando-se uma distribuição de empregos extremamente desigual, com maior oferta nas áreas centrais.

A existência de vazios urbanos e de áreas subutilizadas encarece o solo urbano e gera pressão sobre o perímetro urbano, em um processo contínuo de expansão, em busca de terras mais baratas para moradia. O avanço destas ocupações precárias e sem infraestrutura expõe a população a péssimas condições de habitação e de qualidade de vida, muitas vezes em áreas suscetíveis a desastres.

Cabe à política urbana municipal, de forma a prevenir os riscos de desastres, promover, entre outras medidas, o controle do processo de expansão urbana.

Apresenta-se, a seguir, como sugestão, os procedimentos técnicos a serem adotados para avaliar a necessidade de desenvolvimento de novas áreas para a ocupação urbana, além dos critérios e procedimentos expostos neste Manual, relativos à avaliação dos riscos de desastres por movimentos de massa.

### **ATENÇÃO**

**O planejamento do desenvolvimento e da expansão urbana deve contemplar as informações relacionadas à aos riscos de desastres. Todavia, a análise da demanda por expansão urbana, além das questões relativas aos riscos de desastres, deve considerar os elementos que conformam o território municipal, já que podem limitar ou viabilizar propostas de expansão territorial e de ampliação do perímetro urbano.**

O método para a avaliação e delimitação das áreas urbanas e de expansão urbana contempla as seguintes etapas:

#### **3.2.2 Diagnóstico socioeconômico e ambiental**

O **diagnóstico socioeconômico e ambiental** identifica as principais tendências, em termos demográficos, econômicos, de uso e ocupação do território, além dos principais vetores de pressão sobre o espaço construído e o meio ambiente, possibilitando ao Poder Público decidir sobre:

- As áreas onde a ocupação urbana será adensada ou restringida;
- **A localização e área necessária para comportar a demanda de crescimento urbano;**
- **A necessidade, ou não, da expansão do perímetro urbano.**

O processo de expansão urbana pode ser caracterizado tanto pelo espraiamento da malha urbana (**expansão horizontal**) quanto pelo adensamento urbano (**expansão vertical**).

No Quadro 1 são indicados itens para a análise da dinâmica territorial e urbana, de forma a compor um retrato da situação do território municipal. Esse retrato deverá oferecer subsídios e orientar processos e ações de desenvolvimento territorial e urbano, condizentes com as características do município.

Para tal atividade, é necessário que o município levante e sistematize informações, dados e mapas sobre o seu território.

**Quadro 1 - Análise do desenvolvimento territorial e urbano.**

<b>Item</b>	<b>Dados</b>	<b>Principal Conteúdo da Análise</b>
<b>I- Dinâmica populacional</b>	Aumento ou diminuição da população, população urbana e rural, população futura, fluxos migratórios, população diurna, etc.	Distribuição da população, crescimento da população.
<b>II- Dinâmica econômica</b>	Número de estabelecimentos, perspectivas de crescimento	Dinâmicas comerciais, Crescimento das



	econômico.	atividades empresariais,
<b>III- Mobilidade e Transportes</b>	Volume de tráfego e grau de congestionamento das principais linhas troncais, características gerais do sistema e infraestrutura de transporte público	Grau de congestionamento, sistema de transporte público, cobertura geográfica.
<b>IV – Uso e Valor do Solo</b>	Situação do uso e valor do solo desagregado por área do município, coeficiente de aproveitamento do solo por bairro.	Mapeamento do uso e valor médio do solo, grau de adensamento, disponibilidade de infraestrutura e serviços públicos
<b>V - Meio Ambiente, Turismo e Áreas de especial interesse</b>	Condições naturais, áreas de proteção ambiental, capacidade de suporte dos sistemas ambientais, etc.  Potencial turístico, recursos paisagísticos e históricos; patrimônio material e imaterial, áreas de preservação.	Caracterização das condicionantes físicas e ambientais, restrições ao desenvolvimento;  Identificação de áreas de especial interesse paisagístico e à preservação do patrimônio natural e histórico.
<b>VI – Vulnerabilidade à desastres</b>	Ocorrência de desastres, áreas de risco, centros de prontidão para desastres e abrigos, rotas de fuga, etc.	Áreas sujeitas a inundações e deslizamentos

Esta abordagem de planejamento territorial e urbano, assim como a metodologia de diagnóstico de dinâmica urbana, é aplicável, dentro do possível, a todos os municípios suscetíveis aos movimentos de massa, independentemente da fase em que se encontram, seja de planejamento territorial do município (Plano Diretor), de planejamento das áreas urbanas, ou até de projeto urbano, respeitando-se as escalas específicas de cada etapa.

O principal ator do planejamento e da gestão do território municipal é o poder público, garantida a participação social.

A tarefa de planejamento demanda conhecimento, dados e informações territoriais bastante amplas, configurando-se um verdadeiro desafio aos municípios brasileiros, dada a limitação e capacitação de seu corpo técnico para a produção e tratamento de dados e informações territoriais, geomorfológicas, hidrológicas, entre outras relacionadas à questão do risco.

### **3.2.3 Método para o diagnóstico da dinâmica urbana municipal**

Nesta parte é abordada a questão da expansão/ desenvolvimento de área específica da cidade – o que foi adotado nos municípios – piloto do projeto GIDES

**A percepção da necessidade ou não de se expandir, adensar ou desocupar uma área urbana específica da cidade**, deve ser embasada, não só pela gestão do risco de desastres, como também pelo **mapeamento de tendências e da análise do potencial de desenvolvimento econômico e social, assim como de seu papel na prestação de serviços ambientais.**

É fundamental a elaboração de um diagnóstico que permita ao gestor compreender as questões relativas aos riscos de desastres e sua vinculação com os fenômenos urbanos.

O diagnóstico da dinâmica urbana municipal oferece subsídios para o planejamento territorial e urbano, como também para novos instrumentos a serem adotados pelo Plano Diretor. Temas relevantes e básicos deverão ser abordados, mediante levantamento de informações sobre:

- A dimensão fundiária;
- A dimensão econômica;
- A infraestrutura e os serviços públicos.

É possível estruturar o diagnóstico a partir das três escalas territoriais:

#### **Escala 01: Ordenamento do território municipal**

- Resulta da ação pública através do planejamento do processo de urbanização: necessidade de adensamento, de expansão e de restrição urbanos;

#### **Escala 02: Planejamento das áreas urbanas**

- Negociação entre agentes públicos e privados visando reduzir os riscos em áreas vulneráveis a movimento de massa;
- Delimitação de zonas de interesse urbano (para adensamento ou expansão) a partir do diagnóstico da dinâmica urbana municipal.

#### **Escala 03: Projetos urbanístico**

- Identificação de possibilidades de intervenção a partir de características territoriais e da capacidade de oferta de infraestrutura e serviços;
- Realização de investimentos públicos e privados em áreas residenciais, industriais e de comércio/serviços.

### **3.2.4 Procedimentos a serem adotados**

Tendo em vista as escalas de abordagem territorial, sugere-se os seguintes passos:

**a. Levantamento e sistematização de informação: bases e fontes.**

**Quais são os dados necessários, como organizar as bases de dados com relação à situação fundiária, econômica e à infraestrutura urbana e serviços públicos?**

É fundamental esclarecer sobre a característica e propriedades das diferentes bases de dados e fontes de pesquisa, suas escalas de agregação de variáveis e níveis de informação.

**Há inúmeras possibilidades de levantamento de dados, principalmente em bases de acesso público e gratuito. Deve-se atentar para a validade desses dados e informações, sua periodicidade de registro e publicação e o grau de sensibilidade para elucidar uma realidade socioeconômica que se quer conhecer.**

**BOX**

**Alguns exemplos de acesso a dados, indicadores e fontes públicas.**

**• Dados de origem municipal**

**Dados imobiliários inseridos nos cadastros multifinalitários, nas plantas de valor e de uso do solo; dados referentes ao número de estabelecimentos comerciais e característica do setor de serviços do município; dados de finanças públicas (arrecadação de IPTU e ISS).**

**• Dados de origem estadual**

**Ex: indicadores econômicos e sociais produzidos por institutos estaduais de pesquisa (Ex: indicador de vulnerabilidade social da Fundação SEADE-SP); dados relativos a áreas de risco organizados pela Defesa Civil; dados da junta comercial do estado; dados e indicadores de segurança pública (Ex:**

número e taxas de homicídios publicadas pelo Instituto de Segurança Pública do RJ – ISP).

- Dados de origem federal

Dados nacionais de saúde (ex: mortalidade infantil; natalidade; dados de internação por estabelecimento de saúde) e educação (ex: IDEB, números de evasão escolar, dados do Censo Escolar); dados demográficos por municípios e estados; índices econômicos do setor industrial, comércio e serviços.

- Infraestruturas Nacionais de dados

Infraestrutura Nacional de Dados Abertos (INDA) e

Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE).

- Bases Estatísticas

DataSUS, IBGE Cidades, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (IBGE), BME (Banco Multidimensional de Estatística).

- Cadastros Nacionais e Pesquisas Contínuas

Cadastro Único para Programas Sociais (CadÚnico); Censo Escolar (INEP/MEC); Relação Anual de Informações Sociais (RAIS/MTE); Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED/MTE).

- Bases Cartográficas

IBGE, INPE, CPRM, USGS (United States Geological Survey – Landsat 08).

## **b. Diagnóstico**

Além da uso tradicional o diagnóstico deve auxiliar na identificação dos principais vetores que exercem pressão sobre o espaço urbano e o ambiente, suas propriedades e tendências em termos demográficos, econômicos e de

uso e ocupação territorial. Da mesma forma, um diagnóstico deve ser objetivo, sucinto e embasado por temáticas prioritárias:

- **Por que e onde adensar?**
- **Por que e onde restringir?**
- **Por que e onde favorecer a expansão da área urbana?**

Nesse caso, ele pode ser organizado da seguinte forma:

- Análise das dimensões fundiárias, econômicas e infraestrutura urbana e serviços públicos;
- Construção de indicadores: variáveis, indicadores e índices (Ex: densidade demográfica, taxa de urbanização, IDH, IVS e Diversidade Econômica Local)
- Identificação de tendências consolidadas, tais como demográficas, econômicas e de uso e ocupação do solo;

### **c. Suporte à elaboração de cenários**

Tendo em mãos tendências consolidadas e considerando a probabilidade de ocorrência de eventos incertos, a prefeitura tem a possibilidade de traçar alguns cenários futuros como estratégia para tomadas de decisões. Os apontamentos centrais do diagnóstico (principais problemas, dinâmicas, etc.) devem pautar as estratégias adotadas pelos municípios em termos de ações de prevenção e gestão de Risco e delimitação de áreas aptas à expansão ou restrição da ocupação.

Aqui, vale destacar que os cenários para o gestor devem funcionar mais como exercício para o estabelecimento de visões de futuro e de caminhos a serem seguidos, e menos para a elaboração de sistemas de análises complexos e matemáticos. Caso seja possível, o município pode projetar no tempo algumas situações e tendências, levando a importantes questões: como incentivar a geração de emprego e de renda em determinado lugar da cidade que se quer adensar ou expandir? Como garantir oferta de serviços?

Obedecendo a proposta do manual, o cenário deve atender às seguintes dimensões e tendências socioeconômicas:

- Dinâmica populacional;
- Crescimento do número de domicílios e área residencial da cidade;
- Dinâmica econômica, com a identificação das zonas destinadas à atividade industrial e ao comércio/serviços;
- Incertezas e eventos críticos (fatores não previsíveis ou não controláveis)
- Métodos de projeção : são vários os métodos de projeção de tendências, podendo-se destacar o estocástico, logístico e AiBi, entre outros.

**d. Apoio à definição de diretrizes estratégicas para expansão, adensamento e restrição de ocupação urbana.**

A metodologia de construção de diagnóstico e cenários deve ter como meta subsidiar o estabelecimento de diretrizes para o zoneamento do município e de parâmetros das leis de parcelamento, uso e ocupação do solo, pautado pelas dinâmicas fundiária, econômica e de infraestrutura urbana e de serviços públicos. Independentemente, do nível de profundidade alcançado pelo corpo técnico da prefeitura na construção do diagnóstico e análise de cenários, é essencial que haja uma avaliação racional e sistemática sobre a necessidade de expansão ou não das áreas urbanas da cidade. Que diretrizes são essenciais para o zoneamento da cidade?

Neste caso, podem ser traçadas os seguintes mecanismos:

- Normas e especificações técnicas;
- Priorização de áreas de interesse público;
- Pactuação de metas para redução de risco de desastres;
- Construção ou delimitação parâmetros para as leis de parcelamento, uso e ocupação do solo municipais: taxa de ocupação (projeção da edificação sobre área escriturada do terreno) e coeficiente de aproveitamento (área total de piso sobre a área do lote), dentre outros.

### **3.3 Visões de futuro – Cenários de Ocupação Urbana**

Definição de caminhos ou “visões de futuro” subentende a elaboração prévia de cenários a partir de tendências e projeções observadas a partir do diagnóstico da dinâmica urbana e da análise de dados.

Esta etapa tratará de sistematizar parâmetros, dados e informações objetivas que subsidiem a identificação da demanda e oferta de solo urbano, bem como a elaboração de cenários de ocupação do mesmo, tendo em vista o mapeamento geológico-geotécnico de áreas suscetíveis ou não à ocorrência de desastres naturais, que servirão para a definição de critérios para a expansão ou adensamento urbanos.

A tomada de decisão a respeito da ocupação espacial de novas localidades no município passa por avaliar não apenas o risco, mas também seu potencial de desenvolvimento econômico e social de um lugar. Ou seja, em termos de cenários:

**Qual é a tendência projetada no tempo que assegure uma avaliação técnica no que diz respeito à geração de emprego, à oferta de serviços por parte de órgãos públicos e à condição real da estrutura legal e fundiária de uma área da cidade?**

São pontos que devem ser levados em consideração nesse processo, e não apenas na identificação de faixas territoriais passíveis de ocupação e adensamento.

As análises deverão possibilitar o dimensionamento da demanda por novas áreas de desenvolvimento urbano, a identificação das parcelas do território com restrições e vedações à ocupação, a capacidade e viabilidade de adensamento no tecido urbano consolidado, entre outros.

No Quadro 2 apresenta-se uma síntese dos resultados que devem ser alcançados pelos elementos de análise da necessidade de desenvolvimento urbano, para a construção dos cenários de ocupação do solo urbano.



**QUADRO 2 - Síntese de resultados da análise.**

	<b>Item</b>	<b>Dados</b>	<b>Principal Conteúdo da Análise</b>
<b>Volume da Demanda</b>	<b>I – Área habitacional</b>	Estimativa de novas unidades habitacionais para cobrir déficit da oferta, qualitativa e quantitativa.	Quantidade (nº. de unidades e m²) e perspectivas de localização
	<b>II- Área Empresarial</b>	Estimativa do número de novos estabelecimentos empresariais (comercio, indústria, serviços, etc)	Quantidade (m²) e perspectivas de localização
	<b>III- Serviços/equipamento e infraestrutura</b>	Percentual de área total destinada à implantação de equipamentos e infraestruturas de lazer, mobilidade, educação, saúde, etc.	Parâmetro municipal para definição de área. Estimativas de quantidade (m²) de área construída destinada a equipamentos públicos, comunitários, etc.
<b>Volume da Oferta</b>	<b>IV – Solo ofertado na área urbana consolidada e potencial de adensamento/reabilitação</b>	Área urbana disponível por bairro, descrição do potencial de adensamento e cobertura do déficit por solo urbano;	Disponibilidade (política, econômica/financeira/social) de solo urbano ou potencial construtivo (m2) desagregado por bairros e adequado à infraestrutura e serviços existentes.

<b>Limitações ao Desenvolvimento urbano</b>	<b>V – Ambiente e ecossistema</b>	Condições do meio ambiente para suporte às atividades urbanas (recursos hídricos, áreas verdes, recursos naturais, etc).	Identificar áreas e sua capacidade de carga dos serviços ambientais.  Identificar áreas com limitações ao desenvolvimento urbano.
	<b>VI – Infraestrutura</b>	Situação do sistema de infraestrutura.	Identificar a capacidade de carga instalada da rede de infraestrutura desagregada por áreas/setores urbanos  Limitações ao desenvolvimento urbano
	<b>VII – serviços e equipamentos públicos</b>	Situação dos serviços ofertados no município e vizinhança (quando couber); sua capacidade de suporte a população atual, futura e impacto do aumento da demanda . Análise de localização e cobertura.	Identificar a capacidade de atendimento do sistema de serviços e equipamentos públicos  Limitações ao desenvolvimento urbano
	<b>VIII- Desastres</b>	Situação do Município em relação a suscetibilidade aos desastres e áreas de risco.	Localizar as áreas passíveis de atingimento por desastres naturais

Após o diagnóstico da dinâmica urbana municipal, a definição e delimitação das áreas de desenvolvimento urbano levará em consideração as

características e condicionantes físico-ambientais do território municipal, principalmente com relação às condicionantes e restrições de ocupação, observados os riscos de processos de movimentos de massa a partir do mapeamento geológico-geotécnico, de forma a garantir áreas seguras para o desenvolvimento urbano.

Especial atenção deve ser dedicada à gestão de risco em cada um dos cenários de expansão urbana desenhados. Pelo menos os seguintes elementos devem ser destacados:

- i) A identificação das áreas com potencial de serem atingidas por desastres naturais e o grau do impacto;**
- ii) As medidas estruturais e não estruturais (obras de contenção, drenagem, etc.) passíveis de implementação para mitigar ou prevenir o risco de desastres naturais;**
- iii) A estimativa dos custos de implantação das medidas estruturais frente aos demais custos de urbanização da área.**

Tendo em mãos tendências consolidadas e eventos incertos, a prefeitura tem a possibilidade de traçar alguns cenários futuros como estratégia para tomadas de decisões. Os apontamentos do diagnóstico, ou seja, aquilo que foi levantado como os principais problemas e principais dinâmicas que interferem no planejamento, devem pautar as estratégias adotadas pelos municípios em termos de desenvolvimento urbano (nas possibilidades de expansão, adensamento ou de restrição da ocupação).

Detectada a necessidade de expansão territorial, o próximo passo é a elaboração de cenários de ocupação, assim como deve ser feito para outras áreas de desenvolvimento urbano. Nesta etapa, o foco principal deve ser a escolha pela localidade que ofereça a melhor relação custo-benefício ao processo de urbanização, com foco especial para a gestão de riscos de desastres naturais.

Os setores de desenvolvimento urbano devem ser definidos, preferencialmente, evitando-se as áreas sujeitas à ocorrência de desastres naturais. Não havendo áreas totalmente seguras para a promoção do desenvolvimento urbano, devem ser estudadas contramedidas estruturais e não estruturais para prevenção e mitigação dos riscos de desastres nas áreas de expansão urbana.

Após a etapa de construção de cenários e a escolha da(s) área(s), é preciso considerar, na revisão do Plano Diretor, a incorporação das áreas estudadas às macrozonas urbanas e conseqüentemente ao perímetro urbano.

Com incorporação destas novas áreas no perímetro urbano, são determinadas as normas de uso e ocupação do solo urbano e os índices e parâmetros urbanísticos, contemplados na Lei de Uso e Ocupação do Solo, assim como a definição do zoneamento de cada uma destas áreas, com diretrizes que atendam às suas demandas e restrições de uso e ocupação. Para viabilizar a expansão urbana, considerando-se as suscetibilidades a ocorrências de desastres, os municípios devem desenvolver estratégias e instrumentos adequados à ocupação e uso do solo destas áreas ou à restrição e controle à ocupação. Deverão ser explicitadas normas para o parcelamento do solo, licenciamento de projeto urbano e de edificação, bem como demais normas técnicas específicas.

### **3.4 Estratégias de análise de risco aplicadas ao crescimento urbano**

Ao tratar do ordenamento territorial, além do macrozoneamento, o Plano Diretor deve estabelecer as **diretrizes gerais e as estratégias de desenvolvimento e de organização territorial e urbana**, a partir de uma visão de futuro para o desenvolvimento municipal em um determinado horizonte temporal.

**O desenvolvimento de cidades resilientes e mais sustentáveis incorpora a redução da vulnerabilidade e dos riscos de desastres a que estão expostos os seus habitantes.**

O planejamento das áreas urbanas deve respeitar as diretrizes e estratégias do Plano Diretor para estabelecer as diferentes categorias de uso do solo urbano, o zoneamento desses usos, onde priorizar a ocupação, onde restringi-la, quais instrumentos jurídicos utilizar e a eventual necessidade de expansão do território para fins urbanos, assim como o licenciamento de projetos de parcelamento do solo urbano, de construção de edificações ou de instalação de infraestrutura urbana.

É essencial estabelecer a devida correlação entre o planejamento urbano e o mapeamento geológico-geotécnico correspondente a este nível de planejamento.

### **ATENÇÃO**

**Para determinar áreas para novas ocupações urbanas, inclusive com eventual alteração do perímetro urbano (ver Art. 42 B da Lei nº 10.257/01), é necessário sobrepor o mapeamento das áreas sujeitas à ocorrência de desastres de movimento de massa à estrutura urbana existente, de forma a definir como áreas aptas à ocupação aquelas não sobrepostas, ou que não apresentem riscos para o adensamento, ou ocupação.**

Os mapas a serem utilizados nessa análise devem abranger todo o território municipal ou a área urbanizada e a sua periferia (1/25.000 ou 1/50.000). Pode ser utilizado uma Carta de Suscetibilidade ou outra carta de informações geológica-geotécnica que **abranja todo o** território Municipal.

No exemplo a seguir, é representado um caso hipotético de uma área municipal com as áreas de suscetibilidade alta à ocorrência de movimentos de massa, e as áreas urbanizadas consolidadas. A partir da sobreposição dessas informações podem ser elaborados **cenários de desenvolvimento de novas áreas urbanas e áreas de expansão urbana** abrangendo áreas não suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa ou de baixa suscetibilidade.

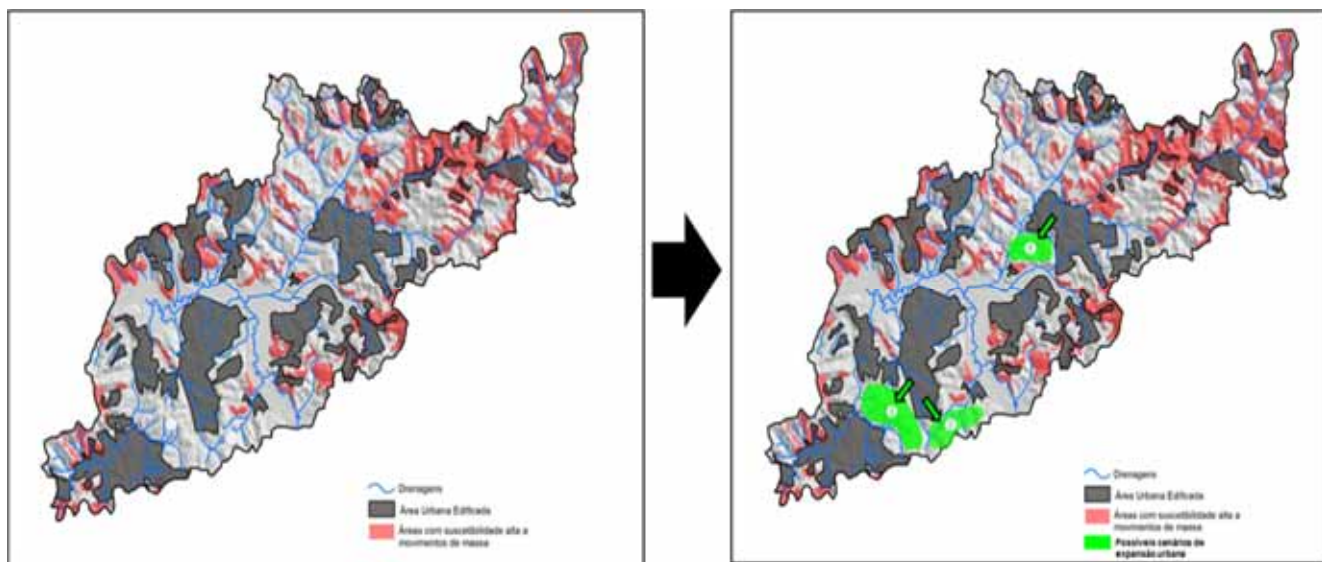
É possível estabelecer, no mínimo, **dois cenários de desenvolvimento urbano**, tendo em vista a suscetibilidade do território à ocorrência de desastres naturais:

**Cenário 1 - Ocupação em área não suscetível:** Município dispõe de áreas livres de suscetibilidade à ocorrência de desastres naturais para a definição de novas áreas de ocupação urbana.

**Cenário 2- Ocupação em área suscetível:** O município não dispõe de áreas livres de suscetibilidade à ocorrência de desastres naturais para a definição de novas áreas de ocupação urbana ou as condições, socioeconômicas, político-institucionais, configuração urbana e geográfica demandam a ocupação de áreas suscetíveis.



**Figura 5 - Cenário 1 – Desenvolvimento urbano em área sem suscetibilidade**



Para se determinar o cenário de ocupação territorial, devem ser sobrepostas as áreas com **suscetibilidade alta e média** a movimentos de massa.

Não havendo áreas consideradas não suscetíveis a riscos de desastres ou sendo limitada a possibilidade de ocupação de áreas não suscetíveis, a

implantação de novas ocupações poderá ser admitida, desde que o controle dos riscos seja viável, ou seja, que as medidas de controle sejam avaliadas segundo critérios de custo- benefício.

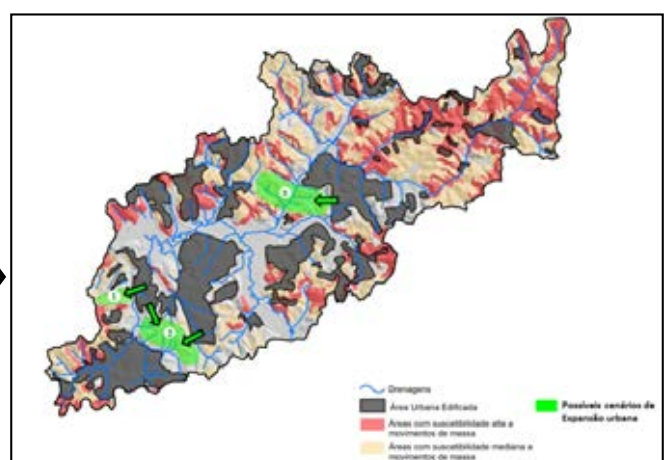
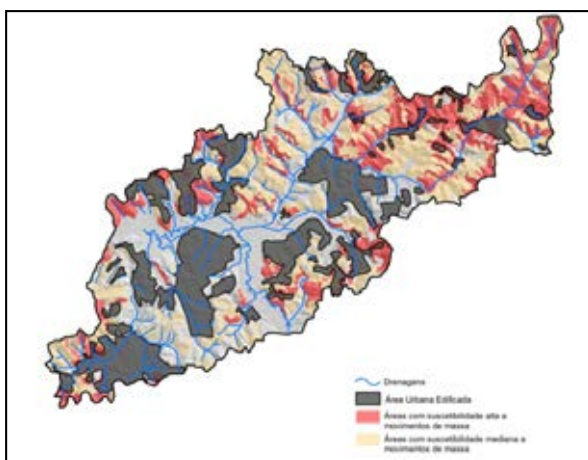
A escolha do melhor cenário de ocupação deve levar em consideração a relação custo-benefício, a exemplo dos custos das estruturas físicas necessárias para a prevenção de riscos, como obras, contenções, aterros, etc. e o custo da urbanização. Além disso, outros determinantes da escolha de áreas para o desenvolvimento urbano devem ser colocados na balança do processo decisório.

Em áreas com suscetibilidade média e alta deverão ser elaborados estudos mais detalhados antes que se permita a sua ocupação. Tal procedimento deve ser incorporado aos processos de autorização de construção e parcelamento das prefeituras municipais, e devem conter etapa detalhamento das contramedidas necessárias à ocupação urbana.

**Não se recomenda ocupações em áreas com alta suscetibilidade, dada a perspectiva de altos custos com a implantação de contramedidas aos desastres.**



**Figura 6 - Cenário 2 – Desenvolvimento Urbano em Área Suscetível**



**Sobreposição de zonas onde os riscos se concentram**

**Estudo de implantação de novas áreas de ocupação urbana**



As informações, dados e mapas das áreas passíveis de ocorrência de desastres devem ser destacados nos debates sobre os cenários de desenvolvimento urbano, em especial com a população e os vereadores.

## CAPÍTULO 5 – PLANEJAMENTO DAS ÁREAS URBANAS E OS MOVIMENTOS DE MASSA

Para o planejamento das áreas urbanas, além da Carta de Suscetibilidade, podem ser utilizadas **cartas de perigo e cartas geotécnicas de aptidão à urbanização**. A definição de mapas a ser usado está relacionada ao nível de detalhamento do planejamento urbano.

Uma carta de perigo considera a probabilidade de ocorrência de determinada ameaça e seus possíveis impactos, em termos de **danos e prejuízos**.

**Neste tipo de mapeamento, a área é dividida em zonas homólogas quanto ao nível de perigo constatado, de maneira gradativa (perigo alto, perigo médio, perigo baixo).**



O Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa elaborado no âmbito do Projeto GIDES apresenta uma metodologia para ser utilizada na elaboração dessas cartas. Recomenda-se a utilização dessa metodologia, desenvolvida pela CPRM/ Serviço Geológico do Brasil com o subsídio de especialistas japoneses.

A metodologia proposta define quatro graus de perigo: P1 (baixo), P2 (moderado), P3 (alto) e P4 (muito alto).

Nesse método o primeiro passo, baseado em critérios topográficos, é a delimitação de áreas denominadas *crítica* - que corresponde a área de deflagração do deslizamento, e de *dispersão*, que corresponde a área de atingimento pelos sedimentos.



Figura XX: exemplo de delimitação de áreas críticas e de dispersão. Imagem extraída do manual de mapeamento.

Em seguida, a partir de levantamentos de campo, as áreas críticas são classificadas de acordo com o grau de perigo. Por serem áreas de deflagração, entende-se que ali estão presentes as condições de instabilidade onde ocorrerá o início dos processos de movimentação de massa, e por esta razão, assume-se que as áreas crítica receberão um grau mínimo de perigo moderado (P2). A tabela XX indica as classificações de perigo das áreas críticas.

**Quadro 2.5 - Classes de Perigo para a Área Crítica (adaptado de MCID, 2007).**

Perigo	Descrição
Moderado (P2)	São atendidos os critérios topográficos, porém não são observadas feições de instabilidade. Mantidas as condições existentes é possível a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
Alto (P3)	São atendidos os critérios topográficos e/ou são observados indícios de instabilidade no terreno. Mantidas as condições existentes é alta a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
Muito alto (P4)	São atendidos os critérios topográficos e/ou são observados indícios marcantes de instabilidade no terreno de acordo com o tipo de movimento. Mantidas as condições existentes é muito alta a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no período compreendido por uma estação chuvosa normal.

Em seguida são classificadas as áreas de dispersão. Essas áreas recebem uma classificação um grau abaixo em relação à área crítica, uma vez que essa área pode não apresentar evidências de instabilidades oriundas do desencadeamento do movimento gravitacional de massa. Quando uma área crítica for qualificada com grau muito alto (P4), por exemplo, a área de dispersão necessariamente receberá o grau imediatamente menor (P3). A tabela XX apresenta a classificação de perigo para as áreas de dispersão e a figura XX apresenta resultados possíveis para a qualificação do perigo.

**Quadro 2.6 - Classes de Perigo para área de dispersão (adaptado de MCID, 2007).**

Perigo	Descrição
Baixo (P1)	Mantidas as condições da área crítica correspondente, é possível o atingimento da área por movimentos gravitacionais de massa no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
Moderado (P2)	Mantidas as condições da área crítica correspondente, é alta a possibilidade de a área ser atingida por movimentos gravitacionais de massa, em um período compreendido por uma estação chuvosa normal.
Alto (P3)	Mantidas as condições da área crítica correspondente, é muito alta a possibilidade de a área ser atingida por movimentos gravitacionais de massa, em um período compreendido por uma estação chuvosa normal.

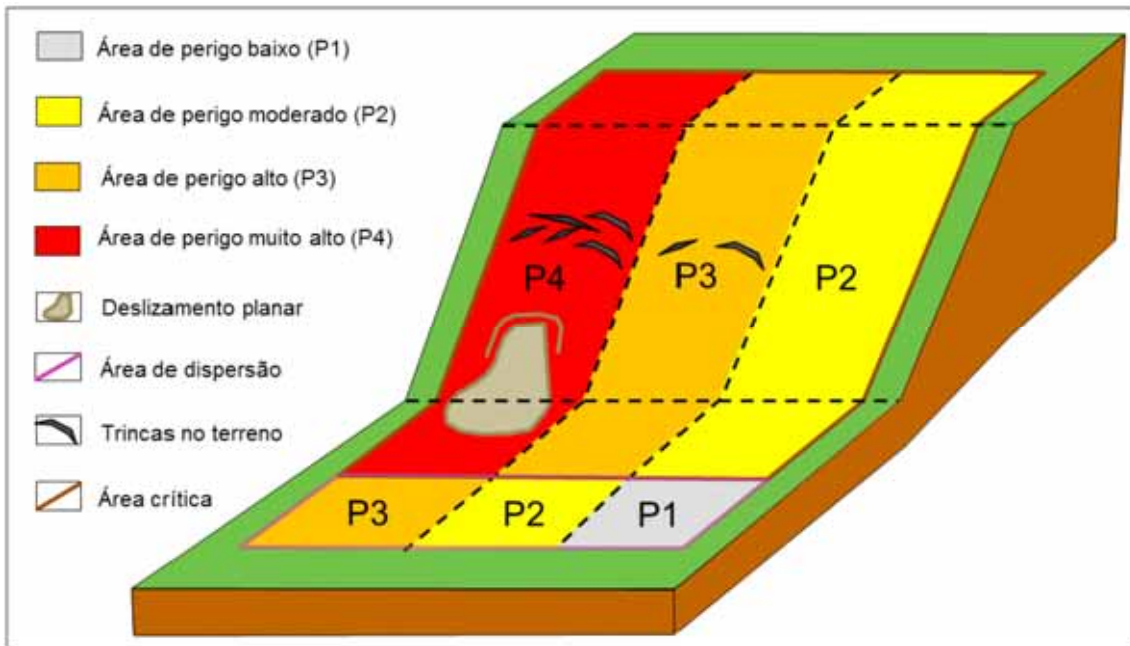
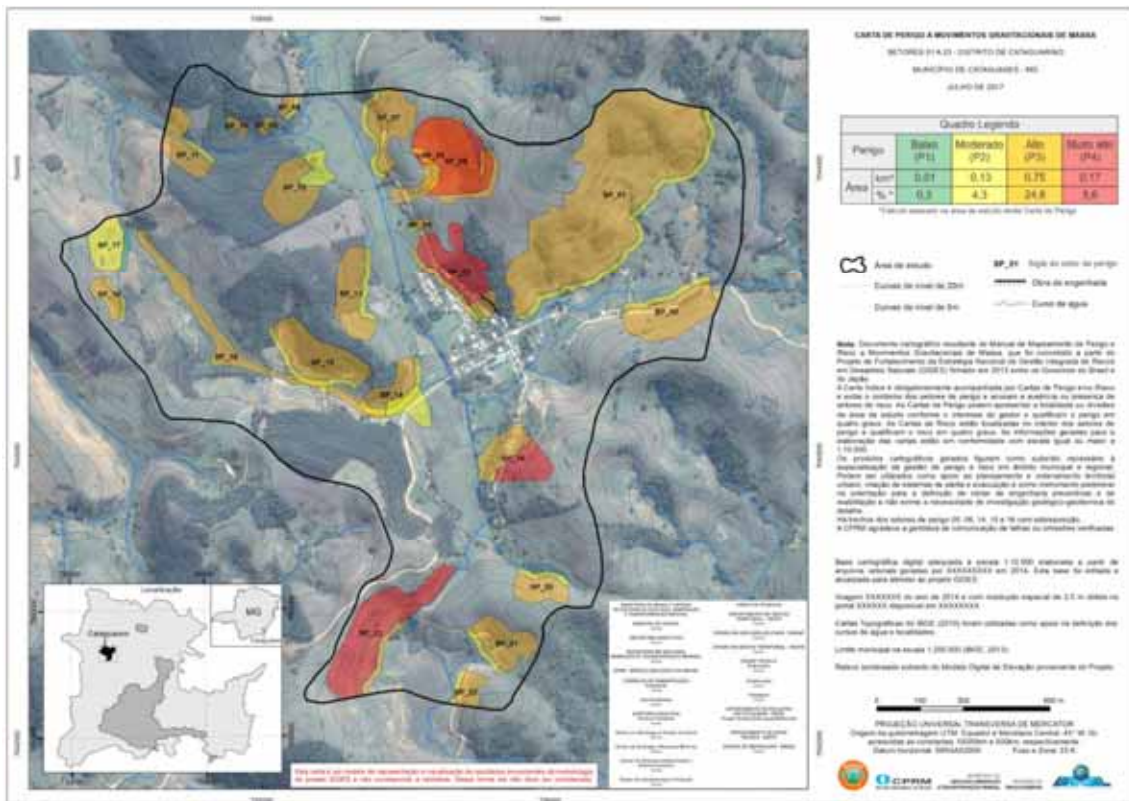


Figura XX: Qualificação de perigo das áreas crítica e potencial, sendo a segunda um grau inferior em relação à área crítica. Retirado do Manual de Mapeamento.

A figura XX apresenta um mapeamento de perigo realizado pela CPRM utilizando a metodologia do “Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa”.



São necessários estudos geotécnicos e de engenharia para determinar a melhor maneira de se ocupar o território e quais as possíveis contramedidas a serem adotadas, além de sua viabilidade, a partir da análise de seu custo-benefício.

Para fins da definição do Zoneamento Urbano, tendo em vista as orientações da lei 12.608/2012 e definição das áreas de restrição e controle, sugere-se a correlação descrita no quadro a baixo, para fins de correlação entre as cartas de perigo da CPRM e o Zoneamento Urbano:

<b>MAPA DE PERIGO</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>
<b>ZONEAMENTO URBANO</b>	<b>ZONA DE URBANIZAÇÃO LIMITADA</b>			

Nessa perspectiva teríamos agregadas as categorias de perigo das áreas críticas e de dispersão em uma única categoria do zoneamento urbano a Zona de urbanização Limitada. Recomenda-se esta interpretação para a definição do zoneamento urbano, tendo em vista a carta de Perigo, dada a incerteza quanto a energia destrutiva dos movimentos de massa na poligonal das áreas de perigo demarcadas e desagregadas atualmente em **P1, P2, P3 e P4**.

As prefeituras municipais, mediante estudo específico para caracterização do efeito da energia dos movimentos de massa, visando à desagregação entre:

- i) áreas onde o movimento de massa tem energia de impacto suficiente para destruir construções;
- ii) áreas onde o movimento de massa não tem energia de impacto suficiente para destruir construções;

De posse deste detalhamento das Cartas de Perigo ou de outra cartografia geológica-geotécnica que trace com precisão a poligonal de deflagração e atingimento dos movimentos de massa, sugere-se a adoção da seguinte classificação para fins de zoneamento urbano:

MAPA DE PERIGO/ CARTAS GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS	ÁREAS SUJEITAS À MOVIMENTO DE MASSA SEM ENERGIA DESTRUTIVA	ÁREAS SUJEITAS A MOVIMENTO DE MASSA COM ENERGIA DESTRUTIVA
ZONEAMENTO URBANO	ZONA CONTROLE DA OCUPAÇÃO	ZONA DE RESTRIÇÃO A OCUPAÇÃO

### **BOX**

As prefeituras municipais, dada competência municipal estabelecida pela Constituição Federal de 1988, têm autonomia para interpretar as cartas de perigo e estabelecer suas próprias categorias do zoneamento urbano .

A partir do detalhamento progressivo do mapeamento geológico-geotécnico, a Carta de Perigo deverá ser elaborada em escalas entre 1/10.000 e 1/2.500,

garantindo o rigor necessário para a caracterização e delimitação das áreas e dos processos potenciais ou ocorrentes.

Embora a metodologia do Mapeamento de Perigo da CPRM não estabeleça parâmetros sobre o poder destrutivo dos movimentos de massa, para fins de aprovação de empreendimentos urbanos em zonas definidas como de restrição à ocupação, será necessário detalhamento dos estudos da área, de modo a determinar a força de impacto de eventuais desastres de massa nesta área. Com a precisão deste impacto será possível prever medidas estruturais para prevenção de riscos de desastres de movimento de massa e a autorização para a urbanização da nova área.

Dado baixo nível de perigo característico das áreas de Controle à Ocupação, entende-se que a previsão de medidas não estruturais já sejam suficientes para a autorização para a urbanização da nova área.

### **5.1 O uso e ocupação urbana e a gestão de riscos de desastres**

A legislação urbanística – Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano, ou Lei de Zoneamento, observadas as diretrizes gerais do Plano Diretor, estabelece as **normas, os índices e os parâmetros a serem observados para disciplinar o uso e a ocupação do solo urbano.**

O estabelecimento das normas de uso, ocupação e parcelamento do solo urbano, bem como a categorização das zonas de uso, deve levar em conta, além das especificidades socioeconômicas, ambientais, espaciais, a capacidade de suporte para a ocupação urbana.

É importante observar:

- A identificação das áreas de maior vulnerabilidade (ambiental, social e econômica), buscando sua inserção na dinâmica urbana;
- A possibilidade de usos diversificados, quando não conflituosos, buscando dar maior dinâmica ao tecido urbano, aumentando a qualidade de vida dos bairros e contribuindo para a geração de emprego e renda; e ajustar os usos ao nível e tipologia de exposição a desastres do território;
- As recomendações para parâmetros de densidade urbana, de modo a otimizar a infraestrutura urbana instalada e potencializar as ações de DRR ou reduzir a exposição aos desastres naturais;
- O Zoneamento ambiental;
- O mapeamento geológico-geotécnico para assegurar a qualidade ambiental e a segurança da ocupação.

## 5.2 A ocupação urbana e o mapeamento geológico-geotécnico

A **regulamentação do uso e ocupação do solo urbano** deve observar:

- O mapa da área de estudo
- O mapa topográfico da área (escala < 1:10.000)
- A Carta de Perigo (escala <1:10.000)
- Outras cartas com informações geotécnicas (escala < 1:10.000)

A Carta de Perigo pode trazer importantes subsídios para o zoneamento urbano ao permitir a determinação de áreas:

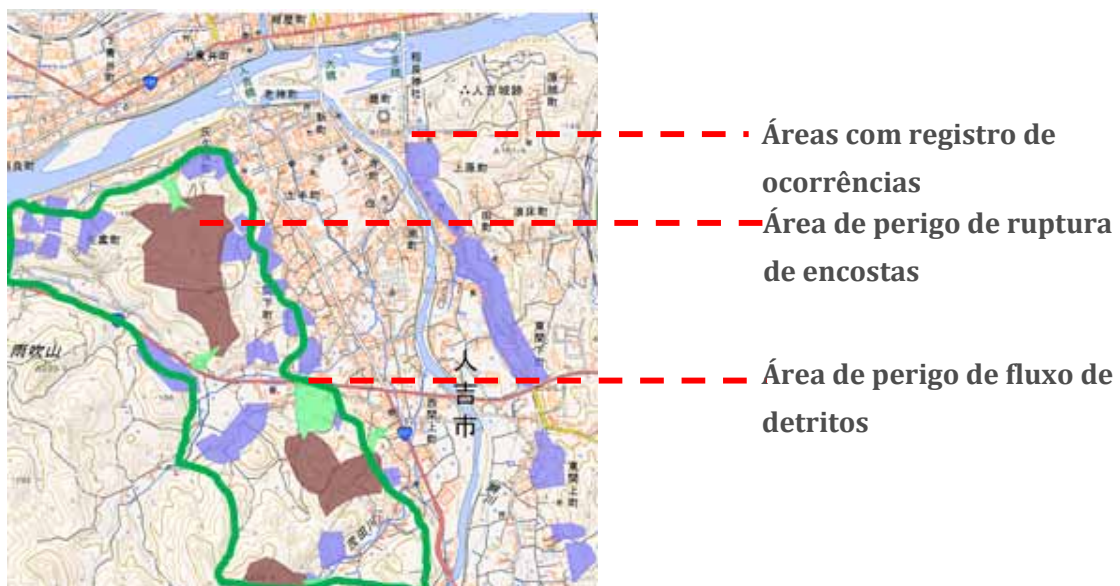
- **Sem restrição à ocupação** – área não sujeita a riscos de desastres e livre para ocupação
- **De Controle à ocupação** – área sujeita a riscos de desastres que demanda intervenções de medidas não estruturais para garantir a segurança da ocupação;



- **De Restrição à ocupação** – área sujeita a riscos de desastres que demanda intervenções estruturais para garantia de segurança da ocupação.

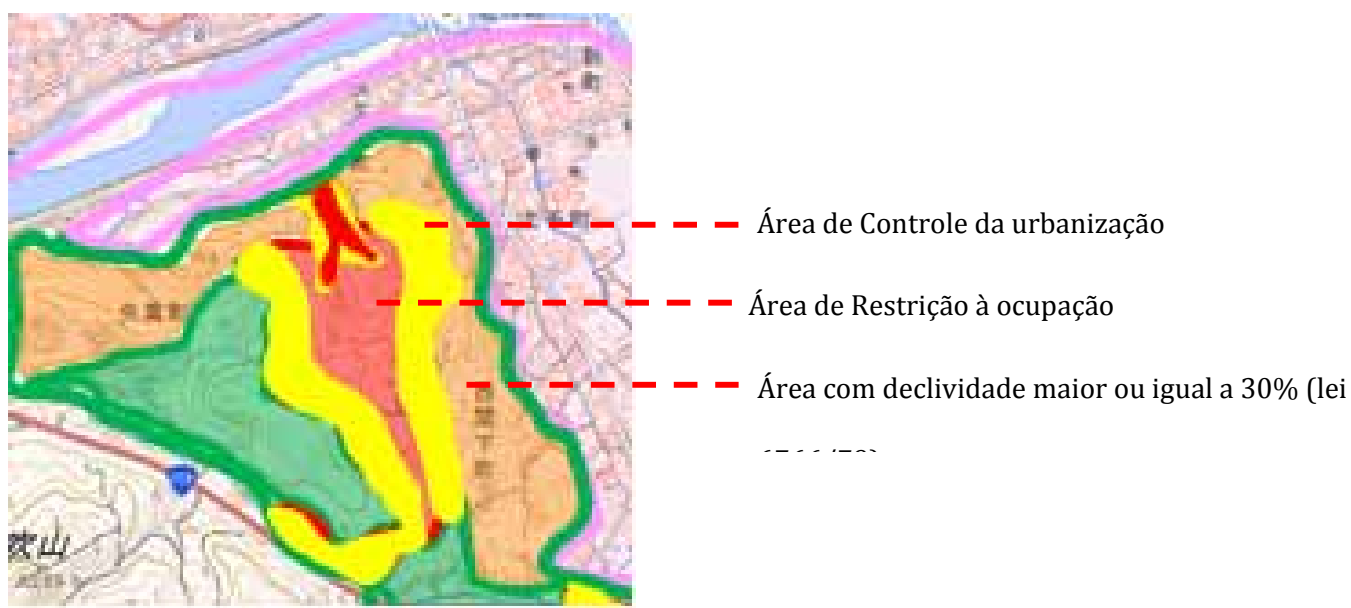
A partir da sobreposição do Mapa de Perigo e do zoneamento vigente ou em elaboração, será possível indicar as áreas passíveis de ocupação urbana e as áreas sujeitas a controle ou restrição.

**FIGURA 9** -.Mapa De Perigo \_ Esc 1/10.000



A Figura 9 mostra um exemplo de caracterização de áreas como sendo de perigo, a implementação da atividade de zoneamento urbano deverá se basear-se nestas informações para definir com precisão as áreas de restrição e controle a ocupação.

FIGURA 8- Zoneamento Urbano \_ Esc. 1/ 2.500



De posse da caracterização do perigo, e de estudos em grau de detalhe que especifique a capacidade da energia destrutiva do movimento de massa, as áreas devem ser caracterizadas como áreas de controle a ocupação e áreas de restrição à ocupação, estabelecendo correlação com o mapeamento de perigo, ou outro instrumento de mapeamento geológico-geotécnico que defina com precisão as áreas de atingimento dos movimentos de massa e seu nível de impacto.

Para tanto, é necessário que o mapeamento geotécnico seja preciso e detalhado. Esse nível de detalhamento é exemplificado na Figura YY, realizado em escala adequada, de 1/2.500, demonstrando a distinção entre as áreas nos quais o impacto do movimento de massa é destrutivo e não destrutivo.

De modo geral, a ocupação nas áreas em zonas de restrição a ocupação deve ser evitada. Porém, a partir de uma avaliação geotécnica criteriosa e a implantação de contramedidas estruturais, para evitar ou minimizar os danos resultantes da deflagração ou atingimento pelo processo, tais áreas podem ser liberadas para fins de ocupação urbana, preferencialmente usos de baixa densidade.

**A adoção de medidas estruturais pode alterar o nível de perigo de áreas anteriormente demarcadas como zonas de restrição a ocupação.** Porém, essas medidas estruturais implicam na realização de obras, que podem ter alto custo, o que nem sempre é viável. Deve-se, portanto, proceder a uma avaliação do custo-benefício para a execução da contramedida estrutural.

No caso da existência ou implantação de novas construções na parte inferior de encostas dentro da **zona de controle à ocupação**, serão necessárias contramedidas não estruturais de prevenção para proteger estas construções. No caso da conclusão da execução de contramedidas de encostas ou de fluxos de detritos, o risco de desastres de movimento de massa é mitigado, mas não eliminado.

Por mais que se adotem contramedidas, considerando-se determinado coeficiente de segurança e a probabilidade de ocorrência de movimentos de massa, ainda persiste a possibilidade de ocorrência de eventos imprevistos, como um volume pluviométrico acima do usual ou mudanças climáticas jamais experimentadas. Por isso, é **primordial considerar-se que os riscos não são totalmente eliminados**. Desta forma, zonas caracterizadas como amarelas deverão manter-se sempre como tal, exigindo a continuidade do monitoramento e implantação de sistemas de alertas, assim como da execução de ações de sensibilização e treinamento de seus moradores.

**Alguns municípios, diante da ausência de bases cartográficas em nível adequado de detalhe, têm seus mapeamentos geotécnicos das áreas de expansão urbana limitados à escala 1/10.000 ou pela indefinição do impacto destrutivo do desastre e de sua área de alcance. Para estes casos, dada a imprecisão da escala e conteúdo,**

**não se recomenda a distinção entre as áreas de restrição e as áreas de controle a ocupação urbana.**

Recomenda-se que o zoneamento urbano, diante de cartas de perigo ou mapeamentos geológico-geotécnicos em escalas 1/10.000 ou maiores, ou com indefinição da energia de impacto dos movimentos de massa, limite-se ao estabelecimento de uma única categoria territorial definida com **ÁREA DE URBANIZAÇÃO LIMITADA**, o que significa a concentração, em uma única classe, das categorias de **áreas com restrição** e **áreas de controle a ocupação urbana**, tal como indicado na FIGURA 11

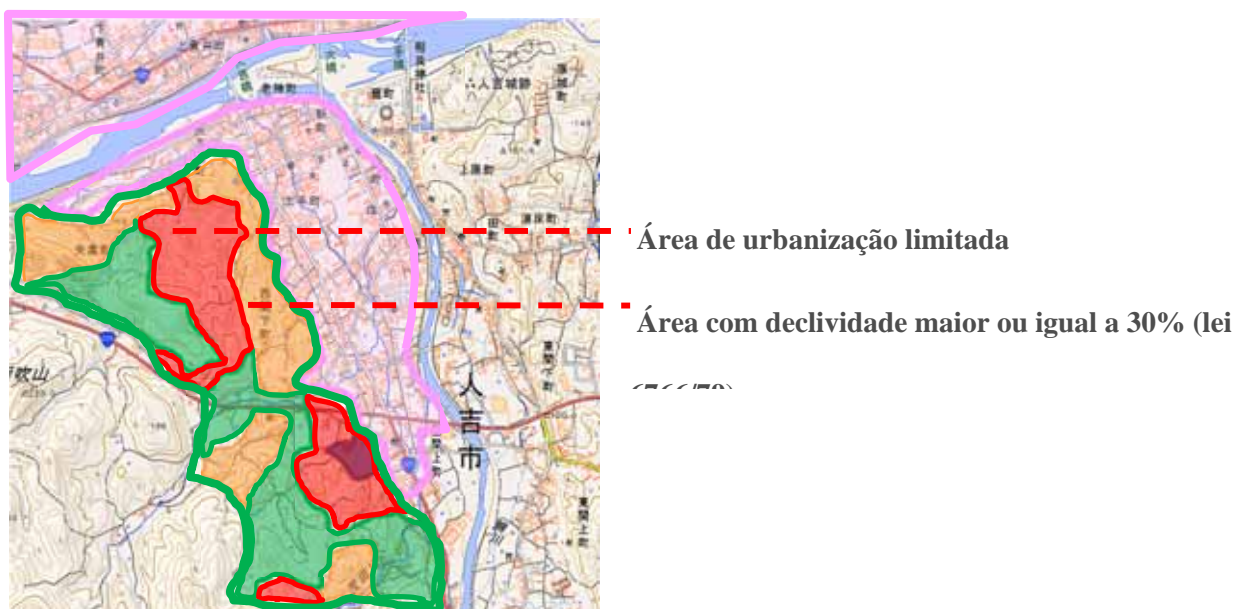
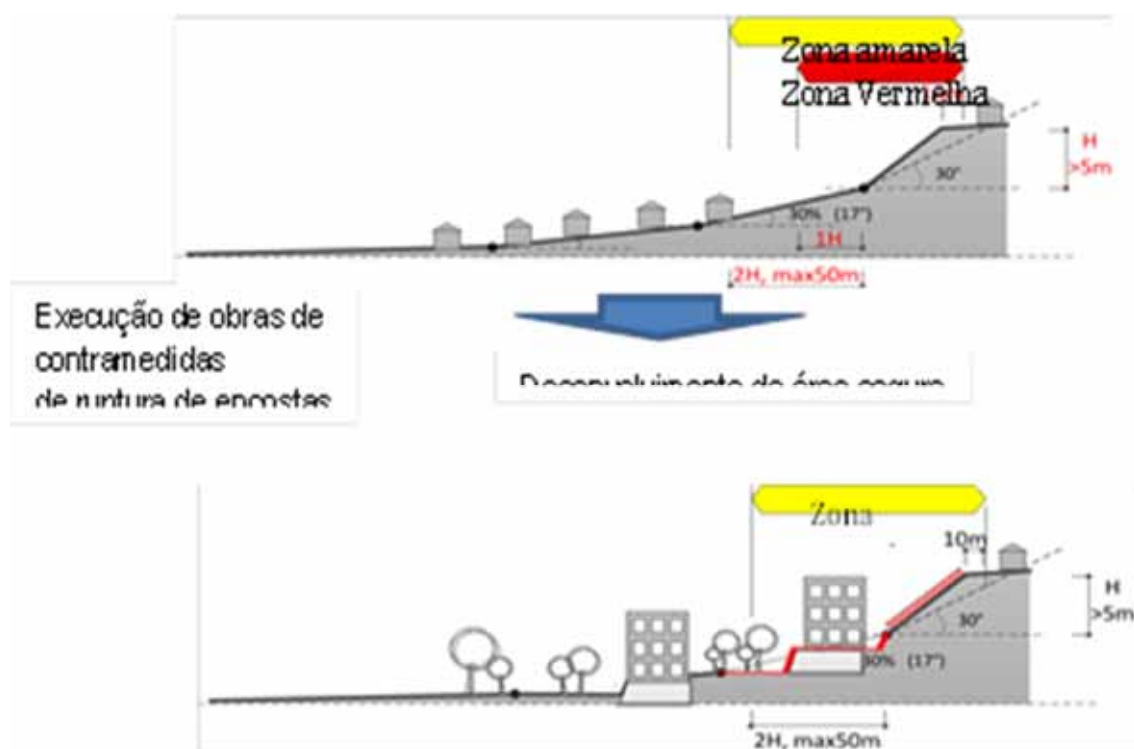


FIGURA 11. Zoneamento Urbano 1/10.000

Para aprovação de empreendimentos nestas áreas o município deverá contar com estudos mais detalhados que explicitem a força destrutiva destes movimentos de massa e, por consequência, facilite o processo de prospecção de contramedidas estruturais para redução de risco de desastre.

Na imagem abaixo é demonstrado um esquema de construção em área de perigo, como pode ser visto, mediante a implementação de contramedidas estruturais é possível a autorização depara ocupação urbana de áreas de perigo, no entanto, para fins de garantir a segurança da população, aquela área continua sendo alvo de contramedidas não estruturais de redução de risco e desastres, com destaques para as ações de monitoramento, alerta e capacitação e treinamento da população.

FIGURA 10 – Liberação para ocupação em área de perigo, com a execução de contramedidas de desastres de movimento de massa



### 5.3 As normas de uso e ocupação do solo urbano

A Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano aprofunda e especializa as diretrizes e normas gerais do Plano Diretor pela **subdivisão das áreas urbanas em zonas de uso e estabelecimento de índices e parâmetros urbanísticos para cada uma destas zonas.**

A delimitação das zonas e a definição de índices e parâmetros urbanísticos devem considerar os riscos de desastres, além dos elementos de análise já definidos na metodologia de zoneamento.

A superposição do mapa do zoneamento ao Mapa de Perigo ou Carta geotécnica de aptidão à urbanização oferecerá subsídios para a legislação de uso e ocupação do solo urbano. Os usos e ocupações não recomendáveis em função dos riscos identificados, se existentes, devem ser considerados desconformes.

**Os parâmetros e índices da lei de uso e ocupação do solo urbano devem ser coerentes com a caracterização do mapeamento geológico-geotécnico, como áreas sem restrição, com restrição ou de controle à ocupação.**

Para as áreas com restrição ou de controle caracterizadas pelo mapeamento geológico-geotécnico, devem ser estabelecidos parâmetros de uso e ocupação mais adequados a cada situação. **Quando a gleba, o lote ou o empreendimento estiverem inseridos nas áreas demarcadas como áreas de controle e restrição, serão estabelecidos usos e parâmetros específicos a cada uma dessas categorias.**

- **Usos**

As **áreas sem restrição à ocupação** admitem maior diversidade de usos, por terem maior capacidade de suporte aos eventuais impactos dessa diversificação, tanto sobre o solo, quanto na infraestrutura e no sistema viário.

São áreas propícias ao desenvolvimento de **atividades com maior densidade populacional, que exigem maior segurança e a longa permanência de pessoas**, como hospitais, edifícios de escritórios e escolas, grandes comércios e equipamentos públicos, serviços, espaços de eventos, habitações multifamiliares com altas densidades, dentre outros, alguns dos quais também poderão servir de abrigo temporário à população em casos de desastres.

As áreas mais seguras a movimentos de massa possuem, geralmente, menor declividade, favorecendo a implantação de vias mais largas e de maior capacidade (arteriais ou coletoras), oferecendo melhor infraestrutura entre diferentes centralidades e permitindo mais deslocamentos, a circulação de transporte público e a implantação de rotas de fuga, viabilizando a evasão mais rápida de um maior número de pessoas.

As **áreas de controle à ocupação** poderão receber diversos usos, desde que sejam implantadas contramedidas não estruturais para garantir a segurança da ocupação, em especial destacasse as contramedidas referentes a provisão de infraestrutura de monitoramento e alerta de desastres.

As **áreas com restrição à ocupação**, por estarem sujeitas a potencial atingimento e ruptura por movimentos de massa, demandam que sejam implantadas contramedidas estruturais de contenção, que as edificações adotem soluções adequadas à topografia e ao solo, que a urbanização se configure como instrumento de redução de riscos de desastres,

Para as áreas de restrição à ocupação, após a implantação de medidas estruturais que não eliminem plenamente o risco, deverão ser implementadas também contramedidas não estruturais para monitoramento e alerta.

**A Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano, ao determinar as categorias de usos e os índices e parâmetros urbanísticos, deverá**

**considerar as restrições, ou não, à ocupação, em função da classificação das áreas quanto aos riscos de desastres.**

- **Coefficiente de aproveitamento máximo e taxa de ocupação**

O **coeficiente de aproveitamento máximo**, ou índice de aproveitamento, é o resultado, em termos percentuais, da divisão entre a área construída computável de uma edificação e a área total do terreno, que determina o potencial construtivo deste último, ou seja, quantos metros quadrados podem ser construídos no terreno.

**A legislação urbanística deverá determinar o coeficiente de aproveitamento máximo da zona de acordo com a sua capacidade de suporte, existente ou planejada, observado também o mapeamento geológico-geotécnico.**

É recomendável que as áreas de **restrição à ocupação ou de controle da ocupação** tenham redução do coeficiente de aproveitamento máximo em relação às áreas sem incidência de perigo e risco em uma mesma zona.

A **taxa de ocupação** é o percentual resultante da divisão entre a área de projeção da edificação e a área do terreno.

A combinação do coeficiente de aproveitamento máximo com a taxa de ocupação é um importante instrumento para o controle das densidades construtivas na zona e, conseqüentemente, sobre a densidade demográfica local. Maiores coeficientes de aproveitamento, combinados com baixas taxas de ocupação, resultam em edifícios com maior altura.

### **Gabarito e taxa de ocupação**

O gabarito é a altura da edificação, calculada pela distância entre o piso térreo



e o ponto mais alto da cobertura. O gabarito de altura máxima, associado à taxa de ocupação permite o controle da volumetria das edificações no lote e na quadra, de forma a evitar interferências no entorno e na paisagem urbana, principalmente com relação à insolação e ventilação.

Em declividades acima dos 25° (45%), associadas às áreas de controle à ocupação, devem-se adotar gabaritos mais restritivos, assim como para edifícios localizados em vias com larguras de calha menores.

- **Recuos**

Nas encostas, é importante o estabelecimento de recuos a partir de cortes, aterros e muros de contenção, além dos tradicionalmente estabelecidos na legislação urbanística.

É preciso verificar a altura do talude ou do muro de contenção para o estabelecimento de parâmetros de distância segura, de forma a minimizar os impactos e reduzir o potencial de atingimento das edificações no caso de ocorrência de movimento de massa, **recomendasse um afastamento de no mínimo duas vezes a altura da encosta**, caso não haja implementação de contramedida estrutural. Além disso, devem ser estabelecidos parâmetros referentes:

- Ao recuo mínimo entre a edificação e a base da encosta;
- À distância para a locação de canaleta de drenagem e o acesso para manutenção;
- Ao recuo mínimo entre a edificação e a crista da encosta;

É conveniente que o Código de Obras disponha sobre esses parâmetros.

- **Taxa de Permeabilidade**

É preciso assegurar que a infiltração da água no solo não contribua com sua

saturação e a redução de sua resistência, já que a água é o principal agente deflagrador dos movimentos de massa. A taxa de permeabilidade mínima é o parâmetro adequado para isso e deve ser estabelecida, considerando-se as características físico-ambientais do terreno e sua relação com a micro e macrodrenagem.

Antes de tudo, é preciso garantir o escoamento superficial adequado das águas através do sistema de microdrenagem, como também, o escoamento final, em se tratando de macrodrenagem. O Código de Obras municipal deve tratar das soluções de microdrenagem para as áreas de encostas, como impermeabilização, valetas, calhas, canaletas e dissipadores de energia, e como estas se relacionam com a macrodrenagem.

#### **5.4. O parcelamento do solo urbano e a gestão dos riscos de desastres**

O parcelamento do solo urbano é regido pela Lei federal nº 6.766, de 1979, cabendo aos Estados e Municípios estabelecer normas complementares para adequar os parâmetros e percentuais às peculiaridades regionais e locais.

De acordo com a referida Lei, o parcelamento do solo urbano compreende:

O **loteamento**: subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, com abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos, ou prolongamento, modificação ou ampliação das vias existentes;

O **desmembramento**: subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, com aproveitamento do sistema viário existente, desde que não implique na abertura de novas vias e logradouros públicos, nem no prolongamento, modificação ou ampliação dos já existentes.

**Lote** é o terreno servido de infraestrutura básica cujas dimensões atendam aos índices urbanísticos definidos para a zona em que se situe,

pela lei de parcelamento do solo urbano, observado o disposto no Plano Diretor.

O parcelamento do solo para fins urbanos só é admitido em áreas urbanas, sendo exigida a destinação de áreas para usos públicos, em percentual mínimo relativo ao tamanho total da gleba ou do lote, a ser definido pelo poder público, para o setor em que se situem.

No caso do loteamento, serão destinadas áreas para a implantação de infraestrutura básica, para as vias de circulação, para a implantação de equipamento urbano e comunitário, bem como para as áreas verdes e espaços livres de uso público, com percentuais mínimos que atendam o previsto no Plano Diretor e na lei específica. O mesmo acontece no desmembramento, este, porém, com percentual de destinação mínimo reduzido, por não implicar a abertura de novas vias.

O processo de aprovação/autorização do parcelamento do solo urbano deve atender aos requisitos das peças de zoneamento urbano respaldadas pela cartografia geotécnico-geológica. Recomenda-se que durante o processo de consulta a prefeitura informe aos empreendedores sobre as condicionantes para parcelamento e construção na área.

Municípios com menos de cinquenta mil habitantes e aqueles cujo Plano Diretor contiver diretrizes de urbanização para a zona em que se situe o parcelamento poderão dispensar, por lei, a fase de fixação das diretrizes tratadas anteriormente (Lei nº 6.766, artigo 8º).

## **ATENÇÃO**

**Nos municípios sujeitos a desastres de movimentos de massa, é desejável que seja mantida a exigência das diretrizes de implantação dos projetos, a serem determinadas com base em análise técnica a respeito da área onde será implantado.**

Deve-se promover a revisão crítica da legislação urbanística do município para identificar os pontos de fragilidade e de dificuldade em relação à sua efetiva implementação, como também para detectar incoerências entre estas e o Plano Diretor. Deve-se verificar se existem leis específicas posteriores, que, periodicamente, autorizam a regularização das situações que desrespeitaram as normas legais ou que as flexibilizam.

Para o estabelecimento dos parâmetros para o parcelamento do solo urbano, há que se considerar, no referente aos riscos de desastres de movimentos de massa:

- **Percentuais mínimos de áreas de destinação pública**

Um percentual de destinação de áreas públicas deve ser destinada à **implantação da infraestrutura necessária para a redução de riscos de desastres.**

## **ATENÇÃO**

**Nas áreas de destinação pública serão implantados, entre outros, o sistema viário, os equipamentos urbanos e comunitários, assim como os destinados às ações de proteção e defesa civil, tais como rotas de fuga, abrigos, pontos de encontro e atendimento, com vistas ao socorro e acolhimento da população no caso de ocorrência de desastre. Por meio do mapeamento geológico-geotécnico utilizado, e do disposto no Plano de Contingência<sup>8</sup>, deve ser estabelecida a localização destas áreas nos**

---

<sup>8</sup> Plano de Contingência é o documento que registra o planejamento elaborado a partir da percepção do risco de determinado tipo de desastres e estabelece os procedimentos e

projetos de parcelamento do solo, de forma a garantir a acessibilidade e a segurança destes pontos, articulados às demais áreas da cidade.

## **ATENÇÃO**

Faces de quadras demasiado extensas prejudicam a conectividade entre as vias, podendo dificultar a fuga e o acesso em situações em que se exige o socorro da população após a deflagração de processos de movimentos de massa.

## **BOX**

É bastante usual o estabelecimento de percentuais fixos de destinação de áreas públicas, tratando todo o solo urbano de forma homogênea, sem considerarem-se suas particularidades. Algumas cidades, no entanto, apresentam mecanismos interessantes. Em São Paulo, por exemplo, glebas a serem parceladas com área superior a 40.000m<sup>2</sup> têm o percentual mínimo de destinação de áreas públicas estabelecido em 40%, sendo destes, 15% para viário, 10% para áreas verdes, 5% para áreas Institucionais e 10% como área sem afetação previamente definida. As áreas sem afetação previamente definida poderão atender a qualquer uma das destinações, conforme estipulado pelo órgão municipal competente em razão das carências e demandas da região onde a gleba está localizada, podendo priorizar-se, por exemplo, a implantação de áreas verdes para amortecimento ou para a implantação de dispositivos de fuga e abrigo em detrimento de outras.

- **Dimensões dos Lotes**

As dimensões do lote se relacionam e se combinam com outros parâmetros e índices de ocupação do solo e da edificação como: recuos, taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento. O município deve estudar a criação de variações das dimensões mínimas do lote que, na lei de uso e ocupação do solo, serão atreladas ao zoneamento e seus setores específicos, adequando-as às realidades socioeconômicas, ambientais, topográficas e da segurança das ocupações.

O custo dos parcelamentos provém do custo da terra somado ao custo da infraestrutura: na medida em que se aumenta a quantidade de lotes no parcelamento, o custo relativo da terra é reduzido, como também, o custo da implantação da infraestrutura. Lotes para a construção de moradias unifamiliares, com dimensões reduzidas e voltadas para população de baixa e média renda, devem ser controlados em terrenos com maior declividade natural (sem terraplanagem) – acima de 45% (aprox. 25°). Esta parcela da população tem dificuldades para obter, ou mesmo não conta com o suporte técnico para o desenvolvimento e implantação de projetos de moradias adequadas a esta situação.

## **ATENÇÃO**

**A definição da área mínima do lote não é um instrumento que garante, por si só, maior segurança da ocupação e das edificações. Estabelecer áreas mínimas de lotes dissociadas do contexto socioeconômico poderá estimular, através de restrições, o desenvolvimento de ocupações informais. A ocupação e a edificação em encostas deve buscar otimizar a relação entre as características deste tipo de ocupação e os custos associados às implantações dos loteamentos.**

A partir de estudos de ocupação, o município deve estabelecer as dimensões

mínimas de lote, buscando adequá-las e viabilizá-las à população que se pretende atender prioritariamente na área do projeto.

Quanto à dimensão máxima do lote, esta será a área limite a partir da qual, no parcelamento da gleba ou do lote, será adotado o parcelamento do solo na modalidade de loteamento, com a destinação de áreas públicas e abertura de novas vias.

- **Dimensão das Quadras**

O estabelecimento da dimensão máxima da quadra deve partir do comprimento máximo de suas faces e da área máxima permitida. Estas dimensões devem ser estabelecidas para se adequar a inserção de empreendimentos de médio e grande porte em relação ao seu entorno, melhorando a oferta de áreas públicas e a conectividade e continuidade do sistema viário.

Os municípios podem considerar a via de pedestres como limitante da dimensão máxima de quadras em casos de grandes declividades e não só as vias com circulação de veículos, desde que garantida a conectividade e acessibilidade adequadas. Pode-se estudar também a possibilidade de obrigatoriedade de via de pedestres conectando outras duas vias a partir de um determinado comprimento de face, de forma a garantir a o estabelecimento de rotas de fuga.

- **Sistema Viário**

A Lei nº 6.766 define que as vias de loteamento devem articular-se com as vias adjacentes oficiais, existentes ou projetadas, e harmonizar-se com a topografia local. A lei municipal de parcelamento do solo urbano deve estabelecer os parâmetros a serem adotados nas vias, como largura mínima, número de

faixas de rolamento e declividade máxima.

Os projetos de parcelamento do solo urbano devem respeitar as características do meio-físico e de sua topografia, reduzindo-se ao máximo o movimento de terra, assegurando a proteção adequada às áreas vulneráveis e a estabilidade das encostas.

## **ATENÇÃO**

**Em terrenos de maior declividade, frequentes nos municípios sujeitos a desastres de movimentos de massa é necessária atenção redobrada no tocante à definição do sistema viário (largura e declividade das vias) e da acessibilidade às edificações, uma vez que os riscos de deslizamento são maiores. Com base nos subsídios do mapeamento geológico-geotécnico, pode ser necessária a adoção de parâmetros diferenciados para estas ocupações.**

Vias muito largas ou com muitas faixas e declividades muito baixas em encostas, geram ocupações que, para se adequar ao terreno, são muito mais impactantes, exigindo maior movimento de terra e maior custo, além de inutilizar grandes faixas de terreno.

Em áreas com declividade superior a 30% (16,7°), deve-se privilegiar a implantação de vias locais, devido à sua menor largura e menor impacto de implantação. A admissão de maiores declividades do sistema viário acima de 15% (até 20%) deve servir apenas para trechos muito curtos (inferiores a 50,0 m), com exigência de pavimentação das vias com maior rugosidade, por exemplo. A pavimentação das vias deve garantir boa drenagem superficial e maior absorção do pavimento, para diminuir velocidades de escoamento e volume de chuvas.



## **ATENÇÃO**

**As diretrizes para o projeto de parcelamento devem definir as rotas de fuga, localizadas em sua totalidade em áreas seguras (devidamente demarcadas pelo mapeamento geológico-geotécnico), a partir das vias alternativas ou principais de acessos às localidades. Para fortalecer a prevenção de desastres, as rotas de fuga devem integrar-se às áreas de pontos de encontro e de abrigo.**

- **Áreas Verdes**

Além da tradicional abordagem sobre as áreas verdes, O município deve estabelecer diretrizes para sua implementação buscando estabelecer percentuais mínimos do total da sua destinação para fins de amortecimento e faixas de declividade máxima, buscando o equilíbrio da oferta e o atendimento às demandas da área do projeto.

Nos municípios sujeitos a desastres de movimentos de massa, é importante exigir a destinação pública de áreas verdes nos projetos de parcelamento do solo urbano, observadas as diretrizes de desenvolvimento urbano e de meio ambiente, de forma articulada aos subsídios do mapeamento geológico-geotécnico.

## **ATENÇÃO**

**Em áreas seguras, as áreas verdes, articuladas ao sistema viário estabelecido como rota de fuga, podem fazer parte do Sistema de Rotas de Fuga, servindo como pontos de encontro ou como locais para abrigo temporário para a população da área.**

**Em áreas de controle e de restrição à ocupação, as áreas verdes promovem a conservação ou a regeneração da vegetação nativa, a drenagem e a retenção de águas fluviais pelo lençol freático, além da estruturação de zonas de amortecimento, em áreas sujeitas a movimentos de massa.**

- **Áreas Institucionais**

Durante o processo de aprovação do parcelamento, é definida a localização das áreas institucionais de acordo com os interesses do município, observando-se as diretrizes do Plano Diretor e dos diversos Planos Setoriais (Educação, Saúde, Cultura), de forma a atender as demandas da área de projeto.

### **ATENÇÃO**

**As áreas institucionais deverão ser destinadas em setores que, de acordo com o mapeamento geológico-geotécnico, sejam seguros para as edificações e permanência de seus usuários. Estas áreas, quando articuladas ao Sistema de Rotas de Fuga, poderão servir como pontos de encontro e para a edificação de abrigos.**

**Para destinação das áreas públicas, deve-se definir a declividade natural máxima do terreno e não a final, o que poderia acarretar em extensos terraplenos executados pelos loteadores, de forma a atingir o exigido. Devem ser levadas em consideração a possibilidade de adoção de técnicas construtivas adequadas às áreas com maior declividade, para garantir a segurança das edificações.**

**Recomenda-se evitar a localização de áreas institucionais em zonas de restrição a ocupação urbana, mesmo sendo estas alvo de contramedidas**

**estruturais.**

- **Infraestrutura: sistemas de drenagem, proteção do solo e encostas**

## **ATENÇÃO**

**Para a aprovação do empreendimento, o poder público municipal deve exigir do loteador a garantia da segurança do terreno e das encostas artificiais resultantes de movimentos de terra (corte, aterro, taludes, etc.) a serem realizados na implantação do mesmo.**

**O projeto do parcelamento deve atender às diretrizes legais sobre micro e macrodrenagem.**

Deve-se enfatizar importância do Código de Obras e Edificações no sentido de determinar as obras necessárias para a prevenção de desastres causados por movimentos de massa, tais como a exigência de muros de arrimo contra rupturas e escoamentos de materiais, entre outras normas, a partir dos subsídios do mapeamento geológico-geotécnico.

O terreno objeto do parcelamento deve oferecer estabilidade após a implantação das obras de infraestrutura e sistema viário, como também, depois da ocupação e construção das edificações. Os novos loteamentos deverão pavimentar as vias e instalar os sistemas de drenagem e de contenção de encostas logo ao princípio de seu desenvolvimento, com a liberação da ocupação e das edificações possibilitada apenas após a implantação de toda a infraestrutura básica. É preciso compreender que o sistema viário é parte integrante e fundamental da drenagem urbana, devendo ser dotado de pavimentação e de soluções adequadas para o escoamento das águas superficiais.

Grandes terraplanagens necessitam da autorização prévia dos órgãos competentes e dependem da previsão de técnicas e mecanismos de

estabilização das encostas. Se a terraplanagem do lote for realmente necessária, só será realizada no momento da preparação do terreno para a construção da edificação, evitando-se a exposição do solo desprotegido a processos de erosão.

#### **5.4.1. As áreas não parceláveis, de controle e com restrição à urbanização**

O parcelamento do solo urbano não é permitido em áreas vulneráveis, segundo o disposto no parágrafo único do art.3º da Lei federal nº 6.766 , a saber:

Para a redução dos riscos de desastres de movimento de massas, são particularmente importantes as determinações dos incisos III, IV e V do referido artigo, relacionadas a seguir.

**III. em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (16,7°), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes**

Embora a **declividade** não seja, em si, um indicador de suscetibilidade a desastres naturais, a Lei federal estabelece que as declividades superiores a 30% (16,7°) estão sujeitas a estudos e à adoção de soluções geotécnicas específicas, que viabilizem a implantação de projetos de parcelamento do solo. É desejável que a administração municipal tenha o mapeamento identificando as áreas do território com declividade acima dos 30% (16,7°), para que possa exigir a elaboração dos estudos de soluções geotécnicas necessárias à ocupação dessas áreas.

### **ATENÇÃO**

**Nos municípios sujeitos a desastres de movimentos de massa, a**

**legislação de parcelamento do solo urbano deverá incorporar a exigência de demarcação das áreas com restrição, das áreas de controle, além das áreas não parceláveis e não edificáveis, a partir do mapeamento geológico-geotécnico e não somente fundamentada em critérios de declividade.**

**IV. em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação.**

### **ATENÇÃO**

**A partir do mapeamento geológico-geotécnico e da caracterização e demarcação das áreas do projeto, será possível identificar as restrições e condicionantes à ocupação, inclusive as áreas que, não sendo edificáveis, não serão passíveis de parcelamento.**

**Portanto, é vedada a aprovação de projeto de loteamento e desmembramento em áreas de risco definidas como não edificáveis, no Plano Diretor ou em legislação dele derivada, no caso, a lei municipal de parcelamento do solo urbano, que deve incorporar subsídios do mapeamento geológico-geotécnico, determinação esta que consta, também, na Lei nº 12.608, de 2012 (ver item XX).**

**V. em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.**

### **ATENÇÃO**

**Deve haver um mapeamento das áreas de preservação permanente do município, para sua fiscalização, recuperação e monitoramento, de forma a garantir a integridade das mesmas e o cumprimento de seus serviços**

**ambientais.**

**Por força do Código Florestal, áreas com declividades superiores a 45° (100%) devem ser demarcadas como não edificáveis.**

O artigo 4º do Código Florestal define as Áreas de Preservação Permanente, uma delas caracterizada pelas encostas, ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.

O art. 11 define como de uso restrito as áreas com declividade entre 47% a 100% (25° a 45°). Estas áreas com alta inclinação não devem ficar sem cobertura vegetal, já que a sua retirada tende a intensificar os processos erosivos. A cobertura vegetal apropriada garante maior proteção do solo, favorecendo a infiltração de águas pluviais e proporcionando maior resistência.

Não se pode ignorar a adoção de soluções projetuais e técnicas específicas para terrenos com maiores declividades que, por si só, são capazes de evitar grandes movimentos de terra e favorecer a segurança das ocupações. Desta forma, a legislação de parcelamento do solo urbano deverá estar articulada com o código de obras do município, de forma a autorizar o desenvolvimento das edificações apenas se estas atenderem os pré-requisitos técnicos e projetuais que determinados lotes ou terrenos exigem.

## **ATENÇÃO**

**A aprovação do parcelamento do solo urbano, nos Municípios sujeitos a desastres de movimentos de massa está vinculada ao atendimento dos requisitos constantes da carta geotécnica de aptidão à urbanização e das demais peças de mapeamento geológico-geotécnico.**

## **Capítulo 6 – Projeto Urbanístico e diretrizes para o parcelamento e construção em área de perigo.**

### **6.1 Diretrizes para o projeto urbanístico**

Os riscos de desastres também deverão ser avaliados ao se promover a ocupação de novas áreas urbanas, por meio da implantação do **projeto urbanístico**, como tal considerada a atuação integrada e multidisciplinar, com base em diretrizes socioeconômicas e ambientais, visando à transformação físico-espacial do ambiente urbano, considerando as questões urbanísticas, ambientais, de transportes e mobilidade urbana, arquitetônicas, paisagísticas, dentre outras.

#### **ATENÇÃO**

**As medidas de redução de riscos de desastres devem ser incorporadas ao projeto urbanístico, desde o seu princípio, contribuindo para a promoção de cidades resilientes e para o processo sustentável de urbanização. O conhecimento do risco, através da identificação e avaliação das suscetibilidades, ameaças e risco de desastres, por meio do mapeamento geológico-geotécnico, é fundamental para orientar os projetos quanto ao adequado uso e ocupação do solo, reduzindo-se a probabilidade de ocorrência de desastres de movimentos de massa e garantindo maior segurança às edificações e à população local.**

O projeto urbanístico permitirá o planejamento sistêmico e integrado de sua área, possibilitando o estabelecimento de prioridades, com a previsão das medidas de segurança e a estimativa de recursos necessários para o seu desenvolvimento, podendo tratar de novos parcelamentos, da consolidação das ocupações existentes, dos programas de urbanização de assentamentos precários e de regularização fundiária. O mapeamento geológico-geotécnico irá

identificar os processos atuantes no meio físico em locais ocupados ou vazios, apontando as áreas e as edificações que se encontram em situação de maior ou menor risco, possibilitando a identificação de quais as obras e serviços serão necessários para a sua ocupação e desenvolvimento.

O município deve elaborar o mapeamento de acordo com a sua capacidade técnica e com seu orçamento, visando ao atendimento das suas necessidades para subsidiar o desenvolvimento do projeto na área escolhida.

São mencionados, a seguir, os diferentes tipos de mapas a serem utilizados quando da elaboração dos projetos urbanísticos:

- **Carta geotécnica de aptidão à urbanização (recomendasse escala maior ou igual a 1:2.500):**

A Carta geotécnica de aptidão à urbanização analisa as áreas desocupadas ou com urbanização incipiente, situadas no interior do perímetro urbano dos municípios, previsto no Plano Diretor municipal, incluindo recomendações para o parcelamento do solo urbano. Aplicada ao projeto urbanístico, poderá oferecer garantias de segurança aos novos parcelamentos do solo urbano, por meio de diretrizes para eventuais intervenções no ambiente, orientando, através das recomendações apontadas no quadro-legenda e no texto explicativo, a realização de obras de infraestrutura e de edificações, identificando as potencialidades e as restrições dos terrenos onde serão construídas.

- **Carta de Perigo (recomendasse escala maior ou igual a 1:2.500):**

Conjunto de mapas que pode servir tanto para áreas ocupadas como para áreas vazias. Este mapeamento representa as áreas de perigo (encostas), com sua classificação, as cicatrizes e demais estruturas que indiquem movimentos de massa. Incorpora também o sistema viário, moradias, infraestrutura urbana, obras de contenção, locais de abrigo e rotas de fuga.



- **Mapa de Risco** (escala maior ou igual a 1:2.500):

Mapa ou conjunto de mapas que contém a identificação e a análise do risco, como resultado da interação entre **perigo e vulnerabilidade**. No caso da vulnerabilidade, trata-se da resistência das construções e da infraestrutura. A ênfase é nas condições antrópicas, em especial no que diz respeito às condições das construções (edificações).

O Mapa de Risco delimita as áreas de risco, assim como estabelece sua classificação. Todas as construções existentes, tanto na deflagração como no atingimento, determinados pelo Mapa de Perigo, fazem parte da análise do Mapa de Risco.

No referente ao projeto urbanístico, o Mapa de Risco é utilizado para a determinação das edificações a serem desocupadas ou demolidas, e das obras de infraestrutura em risco. Isto permitirá a previsão de obras e serviços necessários para assegurar a segurança destas estruturas e edificações, como também para determinar quantas e quais famílias deverão ser relocadas para outras áreas.

Independentemente do tipo de mapa geológico-geotécnico a ser produzido para a área do projeto, **é importante que haja subsídios para a definição das áreas não parceláveis e não edificáveis, bem como dos setores de controle à ocupação e de restrição à ocupação.**

### **ATENÇÃO**

**As orientações do mapeamento geológico-geotécnico produzido para o projeto urbanístico deverão ser consideradas pelo Plano Diretor e pelas leis urbanísticas. São importante instrumento de planejamento para o conhecimento dos riscos de desastres pois possibilitam a adoção de medidas estruturais para a redução dos riscos, levando em consideração a estimativa de custos e os critérios de priorização dessas medidas, e a**

**compatibilização com outros programas governamentais, de âmbito federal, estadual e municipal.**

O projeto urbanístico deve promover a adequação entre o modelo de ocupação do solo e o conhecimento do risco de desastre, possibilitando maior aproveitamento da área em relação ao volume construído e a população alojada.

### **ATENÇÃO**

**É preciso desenvolver, prioritariamente, o território urbano já ocupado e com infraestrutura implantada, articulando-o com as demais áreas, vazias, subutilizadas ou abandonadas, capazes de suportar a demanda atual e futura para moradia e outros usos urbanos.**

É possível realizar o adensamento, sem necessariamente aumentar os coeficientes de aproveitamento e de gabarito, através do incentivo à ocupação das áreas vazias. Conjugando-se a oferta de transporte coletivo, associados à provisão de moradias e à promoção das infraestruturas e dos serviços públicos, será possível racionalizar e equilibrar os custos de manutenção destas áreas urbanizadas, de forma que sejam compatíveis com o acesso amplo às famílias em ocupações seguras.<sup>9</sup>.

O projeto urbanístico deve antecipar a urbanização em áreas que tendencialmente serão ocupadas informalmente e de maneira precária, situações que podem agravar ou instalar o risco de desastre, através da delimitação de parques ou da instalação de usos compatíveis a estas. Outra forma de minimizar este tipo de ocupação se dá por meio da oferta de solo

---

<sup>9</sup> Referência: IZAGA, Fabiana Generoso de; MAGALHÃES, Sérgio. Cidade brasileira do século 21.

Demografia, moradia e ocupação do território: uma avaliação urbanística. Arquitectos, São Paulo, ano 18, n. 206.01, Vitruvius, jul. 2017. Disponível em:

<<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/18.206/6624>>.

urbanizado para a construção de habitação de interesse social (HIS) dentro do perímetro do projeto, uma garantia para que as moradias sejam implantadas em áreas seguras e dotadas de infraestrutura adequada. É importante que estas áreas sejam consolidadas, o que pode ser obtido pela regulação prévia e pelo estabelecimento de Zonas Especiais de Interesse Social- ZEIS no zoneamento municipal. As Zonas Especiais de Interesse Social podem ser estabelecidas em distintas situações:

- **Zonas Especiais de Interesse Social em áreas vazias:** Reserva de áreas para futura provisão de habitação de interesse social (MCMV – Programa Minha Casa Minha Vida);
- **Zonas Especiais de Interesse Social em áreas já ocupadas:** Garantia de posse das famílias para futura ação de urbanização e regularização fundiária.

## **BOX**

Por que realizar o projeto urbanístico com a abordagem e tratamento das áreas de forma integrada?

- Prevenir a instalação do risco;
- Mitigar o risco existente;
- Garantir acesso da população a áreas seguras e urbanizadas;
- Propiciar a relocação de moradias da população de áreas de alto risco em áreas próximas à sua origem;
- Conter processos de retenção imobiliária que levem à segregação socioterritorial e à gentrificação;
- Otimizar o uso da infraestrutura existente ou a ser implantada;
- Planejar obras e contramedidas em áreas ocupadas e que viabilizem a ocupação e desenvolvimento, em segurança, de áreas vazias;
- Permitir o desenvolvimento de novas centralidades e contribuir para a qualificação da vida no bairro;
- Otimizar a aplicação de recursos por meio de uma visão integradora de diversos projetos;

- Planejar e estruturar o sistema de rotas de fuga integrando pontos de encontro e áreas de abrigo com o sistema viário do município, de acordo com as diretrizes do Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil.

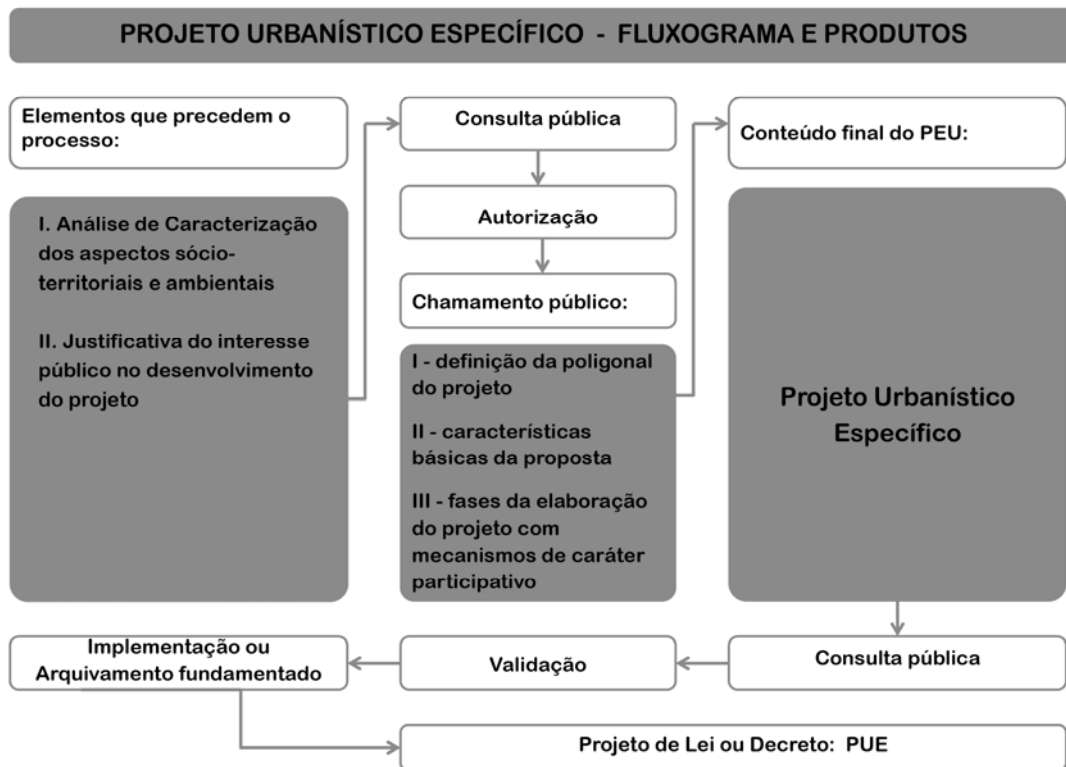
Em se tratando de projeto urbanístico a ser desenvolvido em municípios sujeitos a desastres de movimentos de massa, propõe-se a elaboração e estruturação de um **Projeto Urbanístico Específico - PUE**.

O Projeto Urbanístico Específico promove a atuação articulada de diversos setores, em determinadas áreas urbanas, possibilitando uma ação integrada e ágil em relação às transformações necessárias ao seu desenvolvimento. O projeto urbanístico específico, a partir de diretrizes de ocupação da área, deve promover as intervenções necessárias com a observância das medidas necessárias à prevenção ou à mitigação dos riscos de desastres , nas áreas consideradas como suscetíveis a riscos de desastres de movimentos de massa.

O Plano Urbanístico Específico deve levar em consideração:

- O interesse público, fundamento de sua elaboração;
- A análise da dinâmica urbana, dos aspectos sócio-territoriais e ambientais e da capacidade de suporte para o desenvolvimento urbano;
- O conhecimento dos riscos, por meio do mapeamento geológico-geotécnico adequado, de forma a prevenir ou mitigar os riscos de desastres de movimentos de massa;
- A participação da comunidade, por meio de mecanismos de consulta pública, facultando-se a participação de todas as instituições e atores sociais envolvidos.
- A adoção de formas democráticas de gestão.

A elaboração e a implementação dos Projetos Urbanísticos Específicos devem observar as etapas a seguir mencionadas.



O Projeto Urbanístico Específico deve :

- Respeitar a delimitação das áreas não parceláveis e não edificáveis;
- Respeitar a delimitação das áreas com **restrição à urbanização** e das áreas sujeitas a **controle especial** em função da ameaça de desastres;
- Definir as diretrizes específicas e as áreas a serem utilizadas para infraestrutura, sistema viário, equipamentos e instalações públicas, urbanas e sociais;
- Indicar os parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo, a partir das condicionantes apontadas pelo conhecimento do risco, promovendo a diversidade de usos e contribuindo para a geração de emprego e renda;
- Estruturar o sistema de rotas de fuga, integrando-se pontos de encontro e áreas de abrigo com o sistema viário do município, de acordo com as

diretrizes do Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil e do Plano de Mobilidade Urbana.

Apresentam-se, a seguir, **diretrizes gerais para a elaboração do projeto urbanístico**, de forma a adequá-lo ao meio-físico e à topografia, tendo em vista as características topográficas e territoriais recorrentes nos municípios sujeitos a movimentos de massa.

É feita a correlação com o mapeamento geológico-geotécnico, subsidiando a definição da implantação de vias, lotes e edificações, a localização de equipamentos públicos, áreas verdes e de lazer, como também, a estruturação do sistema de rotas de fuga.

### **ATENÇÃO**

**Devido à complexidade em se abordar áreas já ocupadas, onde haja necessidade de urbanização e regularização fundiária de assentamentos precários e informais, além de remoções e relocações de famílias, este Manual abordará apenas as diretrizes para o desenvolvimento de áreas destinadas a novas ocupações, como forma de prevenção da instalação do risco, tais como:**

- **Vazios urbanos;**
- **Áreas com urbanização incipiente;**
- **Áreas não parceladas;**
- **Áreas não ocupadas.**

#### **a) Diretrizes Gerais - qualificação da vida no bairro**

O projeto urbanístico deve buscar qualificar o bairro, equilibrando o adensamento construtivo e demográfico com a capacidade de suporte da infraestrutura e a oferta de serviços e equipamentos públicos para o atendimento da população local, promovendo apenas a ocupação de áreas que garantam a segurança das edificações e de seus moradores e usuários.

A estruturação do espaço urbano deve ter o transporte público e os modais não motorizados - pedestres e ciclistas – como eixos definidores, para contribuir com a efetividade da mobilidade urbana e a microacessibilidade. As vias que recebem o transporte público são prioritárias para a instalação de usos e atividades de maior densidade construtiva e demográfica. É preciso induzir a criação de centralidades por meio de áreas institucionais e de comércio e de serviços públicos dentro dos parcelamentos.

Áreas para a instalação de comércios, serviços e equipamentos públicos próximos às moradias devem ser ofertadas, priorizando o acesso a pé, com distâncias que garantam o conforto e a autonomia das pessoas.

## **ATENÇÃO**

**A segurança das edificações e da população deve ser premissa do projeto urbanístico.** As decisões projetuais devem ser embasadas nos resultados do mapeamento geológico-geotécnico, de forma a mitigar os impactos de sua implantação e a permitir a construção de um ambiente urbano seguro e resiliente. A ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis e de risco deve ser vedada, assim como a realocação de população nessas áreas, devendo ser destinadas moradias apenas em locais seguros.

Na concepção do projeto urbanístico, do sistema viário, do sistema de drenagem, dos lotes, das áreas para equipamentos públicos e da setorização dos usos admitidos, é preciso ter em mente o impacto que a sua implantação provoca, tanto em termos geomorfológicos como em relação à densidade e à infraestrutura exigida para o seu funcionamento adequado, de forma a mitigar os efeitos antrópicos sobre o território.

### **b) Sistema viário e mobilidade**

O projeto urbanístico deve adotar um sistema viário hierarquizado, a partir da análise sobre o papel que estas vias desempenham na ligação entre as centralidades e também, o grau de conectividade que possuem com outras vias, otimizando-se a integração com o sistema viário existente. Deve-se prever a

melhoria e a complementação do sistema de mobilidade, considerando-se sua intermodalidade, do transporte coletivo, viário, cicloviário e de circulação de pedestres.

A rede viária deve integrar-se ao sistema de microdrenagem, observando as características das microbacias e contribuindo para o escoamento das águas pluviais.

A implantação do sistema viário deve respeitar, ao máximo, a topografia natural do terreno. Como os lotes e as edificações geralmente se relacionam diretamente com o alinhamento da via, uma decisão projetual inadequada poderá refletir em toda a implantação, exigindo maior movimentação de terra e fragilizando o solo. Somado a isto, costumam ser feitos os desbastes de quadra para a adequação e o nivelamento das testadas de lotes com as vias, agravando o risco de desastres de movimentos de massa.

Por sua vez, o mapa de declividades é um importante instrumento para subsidiar o traçado inicial do projeto e a definição do greide das vias (perfil longitudinal), articulando-se ao mesmo tempo com o mapeamento geológico-geotécnico, para maior garantia da segurança da ocupação.

O Quadro <sup>10</sup> abaixo relaciona vantagens e desvantagens de cada tipo de implantação do sistema viário, em relação às curvas de nível.

Orientação da via com relação à curva de nível	Prós	Contras
Ortogonais	<ul style="list-style-type: none"><li>• Não necessitam de grande movimentação de terras (desde que o terreno não apresente</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Implantação limitada, adaptando-se a inclinações de até no máximo 30%;</li></ul>

---

<sup>10</sup> Referência: FIDEM. Fundação de Desenvolvimento Municipal. Manual de ocupação dos morros da região metropolitana do Recife / Fundação de Desenvolvimento Municipal FIDEM ; coord. Margareth Mascarenhas Alheiros... (et al.). - Recife : Ensol, 2004. 20, 344, 32p. : il.



	variações abruptas de inclinação); <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adequadas para vias mais largas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultam a circulação de veículos pesados, como ônibus.</li> </ul>
Paralelas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não necessitam de grande movimentação de terras (desde que o terreno não apresente variações abruptas de inclinação);</li> <li>• Adequadas para vias mais largas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exigência de cortes e aterros, gerando maior movimentação de terras, assim como de obras de contenção nas laterais da via.</li> </ul>
Oblíqua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viabilizam o acesso de veículos ao topo da encosta, com declividade acima de 30%, constituindo-se uma tipologia intermediária entre as demais alternativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exigência de cortes e aterros que implicam movimentos de terra e dificultam o aproveitamento dos lotes adjacentes.</li> </ul>

Sistema de circulação viária, hierarquia e implantação das vias:

- As vias arteriais fazem a ligação entre diferentes centralidades, exigindo menores declividades para sua implantação, maior número de faixas de rodagem o que resulta em calhas bastante largas, suportando maiores deslocamentos e servindo para a estruturação do sistema de transporte coletivo. Em áreas de encosta, a implantação de vias arteriais exige movimentos de terra de grandes dimensões e com alto custo, sendo, portanto, inadequadas para este tipo de situação; desta forma, **recomenda-se apenas a implantação de vias coletoras e locais em áreas com grandes declividades.**
- As vias coletoras fazem a conexão das localidades e suas vias locais com o sistema viário do município. Podem ter de duas a quatro faixas

de rolamento, cada uma com largura de 3 metros, e baixa declividade, ideais para a circulação de veículos de transporte coletivo. Os passeios poderão ter largura livre mínima de 1,50. **A sua implantação é feita, sem grandes movimentos de terra, até os 30% (16,7°) de inclinação do terreno natural.**

- As vias locais servem a grupos de lotes e residências, dando acesso aos núcleos dos bairros e conectando-se com as vias coletoras. Podem possuir até 2 faixas de rolamento, com largura de 2,75m cada uma, e permitem maiores declividades, ideais para a implantação em encostas paralelamente às curvas de nível, admitindo declividades finais de 15% a até 20%, desde que em trechos curtos (máximo de 50m) e com pavimentação rugosa. Os passeios poderão ter largura livre mínima de 1,20.
- Vias Cicláveis: podem ser ciclofaixas, ciclovias e ciclorotas. As ciclofaixas são aquelas em mesmo nível de faixa de rolamento, sinalizadas por pintura e tartarugas; as ciclovias são aquelas em mesmo nível da calçada ou isoladas fisicamente da faixa de rolamento, enquanto as ciclorotas compartilham a faixa de rolamento com os demais veículos, sendo do ciclista a preferência.
- Calçadas, praças e demais espaços destinados ao pedestre devem fazer uso de materiais de qualidade, com resistência adequada e antiderrapantes; largura mínima desobstruída que permita passagem de ao menos duas pessoas lado a lado; seção transversal plana com caimento suficiente para escoamento de águas pluviais; rebaixamento de guias nas esquinas e em frente a travessias; declividade de rampas conforme normas da ABNT.

- Pontos de intermodalidade: A hierarquia do sistema viário abarca de forma integrada todos os sistemas modais de transporte. Os pontos de intermodalidade são áreas existentes ou projetadas, nas quais os sistemas intermodais se encontram em estações de transbordo (pontos de transferência) que devem ter acessibilidade universal.

**Em terrenos com declividades naturais entre 30% (16,7°) e 50% (26,57°) deve-se privilegiar somente a implantação de vias locais, com implantação paralela ou oblíqua às curvas de nível, com declividade de até 20%.**

As vias ortogonais às curvas de nível são adequadas em áreas de encosta, podendo adotar um greide com maior declividade, dispensando grandes movimentos de terra. Estas vias podem servir de acesso a outras, mais estreitas e paralelas às curvas de nível, exclusivas para pedestres ou com a circulação controlada de veículos motorizados. As vias estreitas são passíveis de soluções mais seguras e econômicas, até do ponto de vista geotécnico, gerando pouco movimento de terra e podendo dispensar obras de contenções.

### **ATENÇÃO**

**É possível adotar vias exclusivas para pedestres no acesso às moradias em forma de escadas e patamares, a serem implantadas em encostas com declividades acima de 30%, gerando menor impacto de implantação e menor movimento de terra.**

Estas vias devem conectar-se diretamente com as vias locais ou coletoras, estabelecendo-se o desnível máximo a tolerar entre a soleira de uma unidade habitacional do último ponto atendido por acesso a veículo (até 20m). Como

não possuem acessibilidade universal, deve se permitir que apenas um percentual limitado do empreendimento seja atendido por este tipo de acesso<sup>11</sup>.

As vias principais devem ser implantadas, preferencialmente, fora das áreas identificadas pelo mapeamento geológico-geotécnico como de **restrição à ocupação**. Esta característica favorece as vias com pouca declividade e calha mais larga, propícias para receberem as linhas de transporte público e as vias cicláveis (ciclovias, ciclofaixas e ciclorotas). Associados à implantação do transporte público, temos usos com maiores densidades construtivas e demográficas, como também, a localização de determinados equipamentos e serviços públicos com usos de maior permanência, adequados à implantação em áreas seguras.

- **Estruturação do sistema de rotas de fuga e o sistema viário**

As Rotas de Fuga são constituídas por vias seguras no que tange, sobretudo, às características de sua inserção geomorfológica e adequação física para passagem de veículos de socorro e fuga e, de acesso às localidades, para serem usadas em caso de desastres. Não poderão estar localizadas em áreas de atingimento por movimentos de massa para que não sejam obstruídas, o que as deixaria sem serventia.

### **ATENÇÃO**

Por priorizar-se a sua implantação em áreas seguras e terem maior conectividade com o sistema viário do município, **as vias principais - arteriais ou coletoras, são ideais para a estruturação do sistema de rotas de fuga**. No entanto, **é preciso que estas vias estejam localizadas em áreas sem restrição à ocupação, conectando-se às vias locais e permitindo o acesso às localidades**.

---

<sup>11</sup> Referência: FARAH, Flavio. Habitação e encostas / Flavio Farah. São Paulo : Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2003. Publicação IPT nº 2795.

## **ATENÇÃO**

**As Rotas de Fuga são constituídas por vias seguras, com calhas largas o suficiente para a passagem de veículos de socorro e fuga e, de acesso e conexão às localidades, para serem usadas em caso de desastres. Veículos de serviços essenciais, como bombeiros e ambulâncias, conseguem acessar vias com inclinação máxima de até 30%, acima deste valor, apenas se os trechos não excederem 50m. A largura mínima para o acesso de viaturas para a prestação de socorro deve ser de 6 ( seis) metros.**

As vias principais devem articular-se com os abrigos temporários, que poderão ser montados nas áreas livres (áreas verdes e parques) ou nos equipamentos públicos designados para este fim. Como será tratado na sequência, estes locais servirão como pontos de encontro e de abrigo no caso da ocorrência de desastres.

## **ATENÇÃO**

**Tendo em vista garantir maior segurança aos assentamentos urbanos desenvolvidos em áreas de restrição a ocupação, recomenda-se a previsão de no mínimo duas rotas de fuga.**

### **c) Implantação de lotes e edificações**

A implantação dos lotes e dos edifícios deverá guiar-se pela sobreposição do mapeamento geológico-geotécnico e do projeto urbanístico, identificando-se as áreas sem restrição à ocupação, áreas de controle e áreas com restrição à ocupação, verificando-se usos permitidos dentro de cada uma destas manchas. É preciso atentar-se também para as áreas definidas como não parceláveis e não edificáveis pela lei de parcelamento e lei de uso e ocupação do solo.

A delimitação dos lotes e a definição dos espaços privados devem levar em conta as áreas de servidão para implantação da infraestrutura, como também os recuos entre a edificação, os muros e os taludes de corte e aterro.

É preciso ter atenção em que situação socioeconômica se encontra a população a ser atendida pelo loteamento: a testada do lote, sua orientação com relação às curvas de nível, as dimensões gerais, a necessidade de cortes e aterros para a implantação dos edifícios, a demanda por estruturas de contenção. Todas estas características impactam no custo final de implantação do lote e da edificação, muitas vezes exigindo soluções técnicas e obras de contenção e de drenagem que são bastante onerosas.

### **ATENÇÃO**

**Os lotes devem ser definidos, preferencialmente, com sua maior dimensão paralela às curvas de nível, implantando-se a edificação no sentido longitudinal e minimizando os cortes no terreno, que fragilizam o solo e podem agravar as situações de risco.**

Esta orientação é favorável principalmente a lotes destinados às moradias unifamiliares de habitação de interesse social, dado que nestes casos, o custo de implantação de infraestrutura é relativamente mais elevado em relação ao valor da terra.

Lotes com maior profundidade em relação à testada são mais baratos de se implantar, gerando uma relação entre frente e fundo maior. Se implantados ortogonais às curvas de nível, estes lotes exigirão maior movimento de terra, gerando cortes e aterros excessivos para a implantação das edificações, criando a necessidade de obras de contenção e de soluções projetuais.

Lotes implantados com sua maior dimensão ortogonal às curvas de nível, ou mesmo de forma oblíqua a estas, deverão contar com edifícios dotados de soluções projetuais que minimizem os encaixes na encosta, como por exemplo, com suas lajes de piso apoiadas sobre pilotis (ou expedientes equivalentes), elevando-as do solo.

Ocupações de baixas densidades demandam alterações discretas dos terrenos com maiores declividades. As ocupações com maior densidade são perfeitamente viáveis, desde que dotadas de soluções projetuais e técnicas adequadas, também do ponto de vista geotécnico, garantindo a segurança e estabilidade do solo e das encostas.

#### **d) Sistema de espaços livres: áreas verdes e de lazer**

As áreas verdes constituem um sistema integrado e conectado para a prestação de serviços ambientais e ecológicos, com a definição de normas para a instalação de atividades de esporte, lazer, cultura e convívio da população, desde que compatíveis com seus outros usos. Os espaços livres urbanos de permanência devem oferecer condições de sua utilização pelos moradores do bairro e de seu entorno, através da introdução de usos e equipamentos adequados ao seu porte, destinação e aos costumes locais.

Quando localizadas em áreas seguras, servem como local de apoio e para o abrigo temporário das pessoas em fuga, integrando o sistema de rotas de fuga.

**A distribuição das áreas verdes e de lazer no projeto deve ser feita de forma equilibrada, atendendo tanto suas funções principais, quanto àquelas voltadas aos planos de contingência de proteção e defesa civil.**

Para o atendimento de suas funções fundamentais, as áreas verdes devem estar bem distribuídas pelo loteamento, respeitando-se a relação de área verde por habitante e a relação de sua área sobre a área total da cidade (recomendado 10%), como também, a distância máxima até as residências.

#### **BOX**

**No Japão, a título de exemplo, adota-se como área ideal para praças que façam parte do sistema de rotas de fuga será a partir de 1 ha, o equivalente a 10.000m<sup>2</sup> ou 100x100m, de forma que tenham dimensões**

**suficientes para o abrigo temporário da população em situações de emergência.**

Para se evitar ocupações irregulares, é importante que o projeto urbanístico trate das áreas de encostas, podendo determiná-las como áreas de parques, evitando-se assim a degradação ambiental que poderá levar a novas invasões. Estas áreas verdes servirão como barreiras vegetais, servindo como limitadoras das áreas urbanizadas e das áreas de atingimento dos processos de movimentos de massa.

É importante articular estas áreas àquelas não parceláveis e não edificáveis por restrições legais ou provenientes da caracterização do mapeamento geológico-geotécnico, constituindo-se assim um sistema de parques e de áreas verdes. Quando houver Áreas de Preservação Permanente (APPs) na área do projeto urbanístico deverão estar associadas a parques, de forma a propiciar o seu uso coletivo.

As áreas indicadas como áreas verdes devem receber a vegetação e arborização adequadas, além de ter manutenção periódica. Algumas espécies vegetais são desaconselháveis para áreas de encosta, como as bananeiras, por exemplo. Estas retêm muita água em suas raízes, mantendo o solo saturado e aumentando as chances de ruptura e de movimentos de massa.

#### **e) Áreas Institucionais: instalação de equipamentos e serviços públicos**

O poder público municipal deve estabelecer diretrizes para a implantação dos equipamentos e serviços públicos nas áreas institucionais de destinação pública contidas nos loteamentos, como também em imóveis a serem construídos ou adaptados a estes novos usos, observando-se as diretrizes dos planos setoriais, como o de mobilidade urbana e transporte, de educação, de saúde e cultura, dentre outros.



A partir destas diretrizes, o projeto urbanístico deve localizar as áreas mais adequadas para a instalação dos usos indicados, seja escola, hospital, creche ou outros. As áreas institucionais, assim como as comerciais ou de serviço, devem ser localizadas preferencialmente, em via coletora ou arterial, facilitando a fuga na ocasião da deflagração de movimentos de massa.

## **ATENÇÃO**

**A instalação de usos e atividades de caráter institucional deve ser autorizada somente a partir da sobreposição do mapeamento geológico-geotécnico com a implantação do projeto, de forma a permitir apenas o desenvolvimento de atividades que estejam de acordo com o nível de segurança do terreno onde será instalado.** Edifícios que possuem períodos de longa permanência de seus usuários (como escolas, universidades, hospitais), assim como aqueles que têm grande densidade construtiva e demográfica, devem ser implantados prioritariamente em **áreas sem restrição à ocupação.**

Os edifícios a serem instalados, devem respeitar as especificações de implantação do mapeamento geológico-geotécnico, assim como as prescrições para a solução estrutural e de fundações mais adequadas ao determinado tipo de solo, adaptando-se ao relevo e minimizando os movimentos de terra.

As áreas institucionais pertencentes a um loteamento devem ter sua destinação e usos previstos de forma a reduzir a possibilidade de invasão e ocupação indevida do terreno, o que pode agravar ou gerar situações de risco, contribuindo com o aumento do nível de perigo do seu entorno.

Os equipamentos públicos servem como referência para a comunidade local, podendo ser construídos ou implantados em imóveis localizados nas áreas de maior concentração de população em situação de risco (gestão de proximidade), contando com equipes capacitadas para realizar vistorias, orientar sobre medidas preventivas e, se for necessário, acolher

emergencialmente as famílias em situações de deflagração de processos de movimentos de massa.

### **ATENÇÃO**

**A solução de abrigamento de famílias removidas preventivamente ou em função de acidentes em alojamento em escolas ou outros equipamentos públicos similares, pode gerar grande impacto no funcionamento dos serviços públicos, principalmente com relação ao tempo do abrigamento, que pode se estender demasiado.**

Há a possibilidade de adotar o refúgio ou abrigo momentâneo em espaços públicos ou até mesmo privados, para o acolhimento de famílias por curtos períodos de tempo. Municípios com maior orçamento podem construir equipamentos especialmente destinados para este fim de abrigo temporário ou subsidiar o pagamento de aluguel de moradias por este período.

### **ATENÇÃO**

**Os equipamentos públicos com o fim de abrigamento temporário de famílias deverão estar articulados com o sistema viário principal do bairro, sendo incorporados ao sistema de rotas de fuga.**

Com a escolha do serviço ou equipamento público que irá instalar-se em determinado terreno, é possível verificar as distâncias máximas desejáveis, a serem percorridas a pé, entre as moradias e esses serviços públicos e, quais as abrangências regionais de cada um deles (condições a serem estabelecidas pelos planos setoriais). Para tanto, deve verificar-se a densidade populacional da área do projeto, prevendo instalações adequadas à demanda, como também a articulação destas áreas institucionais com o transporte coletivo e com outros modais, como a bicicleta.

#### **f) Sistema de drenagem e de estabilização de encostas**

A drenagem e a estabilização de encostas são sistemas que trabalham em conjunto para a redução de riscos de desastres, assegurando a segurança das encostas naturais e artificiais, resultantes de corte, aterro, taludes, platôs, dentre outros.

Devem ser estabelecidas medidas necessárias para a prevenção da deflagração de eventos e para a redução do impacto na área de atingimento, tais como a exigência de muros de arrimo contra rupturas e escoamentos de materiais, estabilização dos taludes usando estruturas de contenção, a implementação de sistemas de drenagem, obras de ancoragem, obras de bloqueio, entre outras ações.

A drenagem deve estar presente em todas as obras de contenção como medida complementar, pois esta garante a eficiência das obras com a redução dos esforços a serem suportados pela estrutura devido à ação das águas. Muitas vezes a própria drenagem é a obra principal que garantirá a estabilidade necessária à encosta.

Para a definição das tipologias e dos sistemas de drenagem, contenção e estabilização do terreno, assim como para o atendimento às condições exigíveis de projeto, execução, controle e conservação das obras, o projeto deve cumprir as exigências estabelecidas pelo Código de Obras, que, por sua vez, deverá observar as normas técnicas nacionais.

O mapeamento geológico-geotécnico oferecerá subsídios para a definição dos sistemas a serem adotados em cada situação, de acordo com as características geomorfológicas do terreno e do potencial e intensidade de atingimento por movimentos de massa. Para além destas questões, a relação custo-benefício será sempre determinante.

A existência de obras de contenção e drenagem, com laudo técnico específico para uma determinada tipologia, pode diminuir consideravelmente o grau de perigo de um terreno.

Atendidas estas condições e anexadas às comprovações, a qualificação da área crítica poderá ser reduzida.

As obras de drenagem deverão ser devidamente dimensionadas, de acordo com os materiais empregados e com as tipologias das soluções a serem adotadas conforme a situação, se exigindo a captação, o direcionamento, o escoamento das águas superficiais ou a dissipação de energia. Destacam-se as valas revestidas, canaletas, guias e sarjetas, tubos, escadas d'água, caixas de dissipação e caixas de transição, trincheiras drenantes, drenos horizontais profundos e drenagem de estruturas de contenção.

O projeto urbanístico deverá atender as diretrizes do Plano municipal de saneamento básico e de drenagem no que se relaciona principalmente com a microdrenagem e a macrodrenagem.

Recomenda-se a solução de drenagem deverá ser desenvolvida com microdrenagem, composta por captação superficial e redes, exigência que deverá constar no Código de Obras e nos processo de autorização e de licenciamento do município. Deve-se implantar uma rede de microdrenagem com capacidade para ordenar as águas de superfície (pluviais e servidas), evitando a infiltração excessiva nas encostas e a ocorrência de erosões e escorregamentos.

Se necessário, o projeto deverá definir áreas não edificáveis, para permitir a manutenção do sistema geral de drenagem do terreno, prevendo-se, servidões de drenagem (para os lotes de montante, nos lotes de jusante) ou ainda, vielas de drenagem entre lotes.

Nos parcelamentos, a execução do sistema de drenagem superficial, da pavimentação urbana e das proteções contra a erosão, deverá ser realizada concomitantemente à implantação do loteamento.

Recomenda-se não autorizar a instalação de fossa séptica e sumidouros em áreas de encosta, principalmente no caso de fossas individuais.

Nas áreas públicas, deve haver um equilíbrio na pavimentação e impermeabilização do solo. Ao mesmo tempo em que o piso impermeabilizado garante a condução das águas pluviais para os sistemas de drenagem evitando a saturação do solo, a tendência de impermeabilização de quase todo o sistema viário favorece a concentração cada vez maior das águas em poucos pontos de lançamento, podendo sobrecarregar a rede de drenagem.

Obras com estrutura de contenção devem contar com sistemas de drenagem e ser devidamente dimensionadas, para que o seu peso próprio suporte os esforços do maciço. Destacam-se as tipologias de muro de pedra seca, muro de pedra argamassada, muro de gabião-caixa, muro de concreto ciclópico, muro de concreto armado, atirantamentos e aterros reforçados. Estas últimas, por serem soluções mais caras, devem ser reservadas para situações muito especiais.

As obras de estabilização de retaludamento, cortes e aterros, devem ser definidas em projeto elaborado a partir de estudos geológico-geotécnicos do local e de cálculos de estabilidade e deverão contar com sistemas de drenagem e proteção superficial.

As obras de proteção superficial são bastante importantes, pois têm como função impedir a formação de processos erosivos, evitando a incidência direta da chuva sobre o solo e para diminuir a infiltração de água, através da superfície exposta dos taludes. Destacam-se a cobertura vegetal, cobertura vegetal com gramíneas, selos de solo argiloso, pano de pedra, gabião-manta, impermeabilização asfáltica, solo-cal-cimento, cobertura de argamassa, tela e gunita.

## **6.2 Diretrizes para Parcelamento e Construção em Área de Perigo**

A avaliação, por meio do competente análise pela Prefeitura Municipal, de projetos e empreendimentos, deverá ser realizada a partir da sobreposição do mapeamento geológico-geotécnico, elaborado para determinada área, com as


características da implantação do objeto avaliado, verificando-se a classificação do risco de desastre e as condicionantes de parcelamento, uso e ocupação do solo urbano.

A Tabela YV propõe um modelo hipotético para a avaliação dos movimentos de massa correlacionados à escala espacial e às condicionantes do desenvolvimento urbano.

Cada Prefeitura deverá elaborar o seu próprio quadro, de acordo com os tipos de mapeamento existentes, adequando-o às suas leis de parcelamento, uso e ocupação do solo, que incorporam diretrizes e características particulares a cada um, devendo ser avaliadas individualmente.

Somente após a verificação dos itens contemplados no Quadro será aprovada a proposta de planejamento ou projeto de empreendimentos objeto de análise. A autorização para implementação pode ser concedida de imediato ou será objeto de análise individual, desde que haja necessidade de maior detalhamento ou da determinação de contramedidas que garantam a segurança da área ou da edificação.

**TABELAYV. Avaliação de projetos e empreendimentos e sua inter-relação com o mapeamento geológico-geotécnico, de acordo com as escalas espaciais e com os dados utilizados.**

Escala espacial	Alvos considerados para risco de desastres naturais	Avaliação nas áreas de risco de desastres		Dados a serem utilizados									
		Zona de Controle	Zona de Restrição	1) População	2) Residências	3) Ind. e Comércio	4) Tráfego	5) Preço do terreno	6) Uso do solo, const.	7) Infraestrutura	8) Ambiente e B. Esp.	9) Desastres	
	Área urbana	Avaliar individualmente	Não		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		



áreas verdes.																			
Rede de Esgoto	Possível	Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>															
Instalação para tratamento de esgoto, unidade de incineração e outras instalações para tratamento de lixo.	Possível	Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>															
Outras instalações (equipamentos) de fornecimento.	Possível	Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>															
Estruturas para rios, impermeabilização, prevenção de desastres naturais.	Possível	Possível	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>															
Instalações para fins educacionais e culturais, bem-estar social.	Não	Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>															
Equipamentos urbanos de 01 conjunto habitacional.	Não	Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>															
Equipamentos de serviços públicos de 01 conjunto habitacional.	Não	Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>															
Conjunto de blocos para serviços de logística.	Avaliar individualmente	Não	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>															

## BIBLIOGRAFIA (em complementação)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8044: Projeto

Geotécnico: Procedimento. Rio de Janeiro, p. 58. 1983.

\_\_\_\_\_. NBR 11682: Estabilidade de taludes. Rio de Janeiro, p. 39. 1991.



BITAR, Omar Yazbek. Guia Cartas geotécnicas [livro eletrônico] : Orientações básicas aos municípios / autores e organizadores Omar Yazbek Bitar, Carlos Geraldo Luz de Freitas, Eduardo Soares de Macedo. São Paulo : IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015.

BITAR, Omar Yazbek.; CERRI, L. E. S.; NAKAZAWA, V. A. Carta de risco geológico e carta geotécnica: uma diferenciação a partir de casos em áreas urbanas no Brasil. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 2., 1992, Pereira. Atas... Pereira, v. 1, 1992.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

\_\_\_\_\_. Estatuto da Cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos. 2 ed. Brasília : Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2002.

\_\_\_\_\_. Lei Federal Nº 10.257, de 10 de Julho de 2001. Estatuto da Cidade; Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União, 11 de julho de 2001.

\_\_\_\_\_. Lei Federal Nº 11.977, de 7 de Julho de 2009. Dispõe sobre o Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas. Brasília, 2009.

\_\_\_\_\_. Lei Federal Nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana e dá outras providências : Brasília, 2012.

\_\_\_\_\_. Lei Federal Nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC. 12 abril de 2012.

\_\_\_\_\_. Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Código Florestal; dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Brasília, 2012.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades : Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas / Carvalho, Celso Santos ; Galvão, Thiago (Org.) : Guia para Elaboração de Políticas Municipais / Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.

\_\_\_\_\_. Ministério Das Cidades, Secretaria Nacional De Transporte E Da Mobilidade Urbana- SeMOB. "PlanMob Caderno de Referência para elaboração de plano de mobilidade urbana". Brasília, 2015. Disponível em: <  
<http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSE/planmob.pdf>>. Pesquisa em junho 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério Das Cidades, Secretaria Nacional De Transporte E Da Mobilidade Urbana- SeMOB. "PlanMob, Construindo a Cidade Sustentável. Caderno de Referência para elaboração de plano de mobilidade urbana". Brasília, 2007.

\_\_\_\_\_. Presidência da República : Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, [s.d.].

\_\_\_\_\_. Portaria Nº 269, de 22 de Março de 2017. Dispõe sobre as diretrizes para a elaboração de projetos e aprova as especificações mínimas da unidade habitacional e as especificações urbanísticas dos empreendimentos destinados à aquisição e alienação com recursos advindos da integralização de cotas no Fundo de

Arrendamento Residencial - FAR, e contratação de operações com recursos transferidos ao Fundo de Desenvolvimento Social - FDS, no âmbito do Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV. Diário Oficial da União, 24 de março de 2017. Seção I.

CAIXETA, K. F.; MASIERO, D. Gestão de Risco e Resposta a Desastres: o Apoio do Governo Federal à Elaboração de Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRR'S), [s.d.]. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/eneeamb2016/grrd-002-5054.pdf>

CAMPOS FILHO, Candido Malta. Cidades brasileiras: seu controle ou o caos. 4 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

CARDOZO, P. Modelagem espacial do risco aos movimentos de massa nos municípios de Petrópolis e Teresópolis (RJ) através da estatística global e local. INPE, [s.d.].

CEMADEN. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/municipiosprio.php>. Acesso em: 5 Set. 2017.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E. Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995 - 2014. Florianópolis: CEPED UFSC, 2016.

CEPED/UFSC, CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES/ UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991-2012 - Volume Brasil. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2013a.

\_\_\_\_. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991-2012 - Volume Rio de Janeiro.

Florianópolis: CEPED/UFSC, 2013b.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução N° 369/06.

Brasília, 2006.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO,

Instrução Técnica nº 05 – Segurança Contra Incêndio – Urbanística. São Paulo, 2011.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO.

Instrução Técnica 06 – Acesso da Viatura na Edificação e Área de Risco. São Paulo,

2004.

CUNHA, Márcio Angelieri (Coord.). Ocupação de encostas / Autores e organizadores

Cunha, Márcio Angelieri; Farah, Flávio; Cerri, Leandro Eugênio S. / São Paulo:

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1991. Publicação IPT nº

1831.

DEL RIO, Vicente. Introdução ao Desenho Urbano no Processo de Planejamento /

Vicente Del Rio / São Paulo : Pini, 1990.

FARAH, Flavio. Habitação e encostas / Flavio Farah. São Paulo : Instituto de

Pesquisas Tecnológicas, 2003. Publicação IPT nº 2795.

FIDEM. Fundação de Desenvolvimento Municipal. Manual de ocupação dos morros da

região metropolitana do Recife / Fundação de Desenvolvimento Municipal FIDEM ;

coord. Margareth Mascarenhas Alheiros... (et al.). - Recife : Ensol, 2004.

FREIRE, A. F. R. A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e as ações do Governo Federal na gestão de riscos de desastres. Rio de Janeiro: Escola Nacional em Saúde Pública Sergio Arouca, 2014.

GLAESER, Edward. Triumph of the City: How Our Greatest Invention Makes Us Richer, Smarter, Greener, Healthier, and Happier. Nova Iorque: Penguin, 2011.

GUERRA, A. J. T.; GONÇALVES, L. F. H.; LOPES, P. B. M. Evolução Histórico-Geográfica da Ocupação Desordenada e Movimentos de Massa no Município de Petrópolis, nas Últimas Décadas. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 8, n. 1, p. 35–43, 2007.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades. IBGE ed. [s.l.: s.n.].

JANAINA. 2011 – Inundações e Deslizamento na Região Serrana do Rio de Janeiro | CEPED UFSC, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.ceped.ufsc.br/2011-inundacoes-e-deslizamento-na-regiao-serrana-do-rio-de-janeiro/>>. Acesso em: 1 jun. 2017.

JUNIOR, Nelson Saule. A Perspectiva do direito à cidade e da reforma urbana na revisão da lei do parcelamento do solo/ Nelson Saule Jr., org.; Fernando Bruno, Gabriel Blanco, Cláudia Maria Beré, Paulo Romeiro, Raphael Bischof, Raquel Rolnik, Rosana Denaldi e Rosane Tierno – São Paulo: Instituto Pólis, 2008. 112p. - (Cadernos Pólis; 10).

LANGHE, W. (ED.). HumaNatureza2 =: proteção mútua; percepção de riscos e adaptação à mudança climática baseada nos ecossistemas na Mata Atlântica, Brasília: SLE, 2014.

LEITE, Carlos; DI CESARE, Juliana Marques Awad. Cidades Sustentáveis, Cidades Inteligentes. Desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre : Bookman, 2012.

LEITE, Carlos; CHEZZI, Bernardo. Instrumentos Urbanos Inovadores. Arcoweb, São Paulo, Maio de 2016. Disponível em:

<<https://www.arcoweb.com.br/noticias/artigos/carlos-leite-instrumentos-urbanos-inovadores>>. Pesquisa em Agosto de 2017.

MAGALHAES S.; IZAGA, F; PINTO, A. Cidades: Mobilidade, habitação e escala. Um chamado à ação. Confederação Nacional da Indústria, CNI. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2012/9/cidades-mobilidade-habitacao-e-escala-um-chamado-a-acao/>.

MAGALHÃES, S.; IZAGA, F. Cidade brasileira do século XXI. Demografia, Moradia e Ocupação do Território: uma avaliação urbanística. Arquitectos, São Paulo, ano 18, n 2016.1, Vitruvius, julho 2017. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/18.206/6624>. Pesquisa em julho de 2017.

MASCARÓ, Juan Luis. Loteamentos urbanos. 2. ed. Porto Alegre: Masquatro, Editora, 2005.

MASCARÓ, Juan L.; YOSHINAGA, Mário. Infra-estrutura urbana. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2005.

MOREIRA, Helion França. O Plano Diretor e as Funções Sociais da Cidade: CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Rio de Janeiro: CPRM 2008. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/plano\\_diretor\\_helion.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/plano_diretor_helion.pdf)>. Acessado em 9 de junho de 2017.

NACTO. "Urban Bikeway Design Guide". New York: National Association of City Transportation Officials, 2012.

\_\_\_\_\_. "Urban Street Design Guide". New York: National Association of City Transportation Officials. Washington, Covelo, London: Island Press, 2013.

ONU-HABITAT. "Planning and design for sustainable urban mobility – Global Report on human Settlements. New York: Routledge, 2013.

PETRÓPOLIS, Prefeitura Municipal de. Plano Diretor de Petrópolis – Diagnóstico – Versão 1PMP, 2014. Disponível em: <[http://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/phocadownload/Planejamento/comcidade/diagnostico/diagnostico\\_05\\_04.pdf](http://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/phocadownload/Planejamento/comcidade/diagnostico/diagnostico_05_04.pdf)>.

\_\_\_\_\_. Plano Municipal de Riscos - 1º Distrito Petrópolis/RJ - Relatório Final - Mapa de Intervenções, RJ. Petrópolis, RJ: PMP, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.petropolis.rj.gov.br/e-gov/spe/bdgg/PMRR.pdf>>.

ROSELI SENNA GANEM. Estrutura Institucional da União para a Gestão de Desastres NaturaisBrasil, Camara dos Deputados, jul. 2014.

SANTOS, Álvaro Rodrigues dos. Cidades & Geologia : Discussão técnica e proposições de projeto de lei de grande interesse para as populações urbanas / Álvaro Rodrigues dos Santos. São Paulo : Editora Rudder, 2017.

\_\_\_\_\_. Enchentes e Deslizamentos : causas e soluções : Áreas de risco no Brasil / geólogo Álvaro Rodrigues dos Santos. São Paulo : Pini, 2012.

\_\_\_\_\_. Manual básico para elaboração e para o uso da Carta Geotécnica / Álvaro Rodrigues dos Santos. São Paulo : Editora Rudder, 2014.

SCHLEE, Mônica Bahia. Ocupação de encostas urbanas: Algumas considerações sobre resiliência e sustentabilidade. Cadernos Metrópole (PUCSP) , v. 15, p. 241-264, 2013.

SILVA, T. M. DA; CAMELLO, T. C. F.; ALMEIDA, J. R. DE. Impactos Ambientais Hidrológicos Ocasionados pelo Desflorestamento Metropolitano: Petrópolis, RJ. Revista Sustinere, v. 3, n. 1, 16 jul. 2015.

SOUZA, Cristiane Mansur de Moraes ; MONTERO, Luana Schmitt ; LIESENBERG, V. . Análise de urbanização em áreas declivosas, como uma das etapas da Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), visando o desenvolvimento local. In: 13. Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2007, Florianopolis (Brasil). 13. Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2007. p. 5533-5539.



SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G. Título: Guia para elaboração de cartas geotécnicas de aptidão à urbanização frente aos desastres naturais / Leonardo Andrade de Souza e Frederico Garcia Sobreira, 2014.

TEIXEIRA, Gabriela Miranda. Serviços ambientais hidrológicos das áreas de preservação permanente em topo de morros / Gabriela Miranda Teixeira. – 2015. 49 f.: il. UFRJ Orientador: Ricardo Valcarcel. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, 2015. Bibliografia: f. 39-49.

VIEIRA, R.; JANSEN, G. R.; POZZOBON M. Redução de riscos de desastres naturais. A construção de políticas públicas em Blumenau SC. *Arquitextos*, São Paulo, ano 16, n. 188.02, Vitruvius, jan 2016. Disponível em:  
<<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/16.188/5915>>.

VILLAÇA, Flávio. Espaço intra-urbano no Brasil / Flávio Villaça – São Paulo: Studio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute, 2001.

SANTORO, Paula Freire. O desafio de planejar e produzir expansão urbana com qualidade : A Experiência Colombiana dos Planos Parciais em Bogotá, Colômbia. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*. Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). V. 13, N. 1. Maio, 2011.

SÃO PAULO (cidade). Prefeitura do Município de São Paulo – PMSP. Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo: lei municipal nº 16.050, de 31 de julho de 2014; texto da lei ilustrado. São Paulo: PMSP, 2015. 248p.

\_\_\_\_\_. Prefeitura do Município de São Paulo – PMSP. Decreto Nº 56901 de 29 de março de 2016. Dispõe sobre a elaboração de Projeto de Intervenção Urbana, nos termos do disposto no artigo 134 da Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 - Plano Diretor Estratégico - PDE. São Paulo: PMSP, 2015. 248p.

\_\_\_\_\_. Prefeitura do Município de São Paulo – PMSP. Lei nº 16.402, de 22 de Março de 2016. Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo (LPUOS) no Município de São Paulo, de acordo com a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 – Plano Diretor Estratégico (PDE). São Paulo, SP. 108p. 2016.

TERRY T., JAVOSKI D., CARVALHO S. Sistema Viário – Cadernos Técnicos Morar Carioca. Rio de Janeiro: Instituto de Arquitetos do Brasil, 2013. ISBN- 978-85-65231-10-7.

## **APÊNDICES**

### **B) Estudos de caso para aplicação das orientações do manual –**

#### **Parte1 - Nova Friburgo**

## **Considerando desastres de movimento de massa no planejamento urbano**

### **Índice**

- 1) Estudo das diretrizes do planejamento urbano considerando desastres de movimento de massa na escala do território municipal..... 125
- 2) Políticas do município e planos prioritários, organização da situação atual, desafios, diretrizes de resolução e objetivos de desenvolvimento da área piloto..... 126
- 3) Estudo do zoneamento e projeto de desenvolvimento urbano considerando o risco de desastre de movimento de massa nos municípios piloto ..... 127
- 4) Necessidade de zoneamento com regulamentação de desenvolvimento devido aos desastres de movimento de massa (autorização de desenvolvimento condicionado às obras de intervenção)..... 128

5) Itens a serem decididos para a operacionalização do zoneamento com restrição de desenvolvimento devido aos desastres de movimento de massa (autorização de desenvolvimento condicionado às obras de intervenção) .....	131
5.1. Exemplo do conteúdo das restrições.....	131
a) Controle do uso .....	131
b) Controle de parcelamento (Controle do parcelamento do solo onde o perigo de desastre de movimento de massa permanece) .....	133
c) Controle de construção (Taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, altura, etc.)....	133
5.2. Exemplo do procedimento.....	135
5.3. Exemplo dos critérios de autorização.....	136

## 1) Estudo das diretrizes do planejamento urbano considerando desastres de movimento de massa na escala do território municipal

Com base nos “conceitos básicos relacionados a desastres de movimento de massa na delimitação do zoneamento” acima, foi estudado o planejamento urbano considerando desastres de movimento de massa em escala do território municipal.

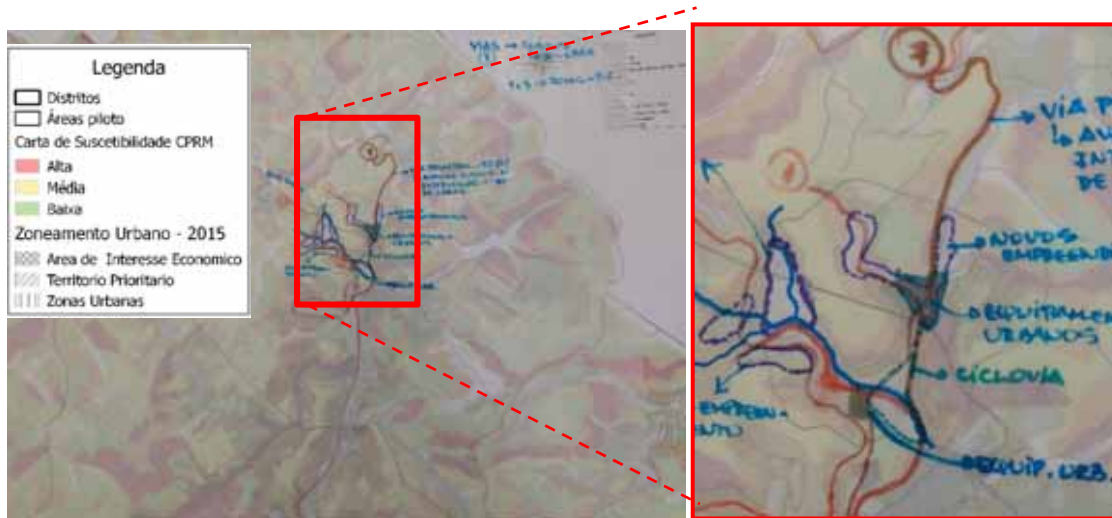


FIGURA 1 ESTUDO DAS DIRETRIZES DE PLANEJAMENTO URBANO CONSIDERANDO DESASTRES DE MOVIMENTO DE MASSA EM ESCALA DO TERRITÓRIO MUNICIPAL (ESCALA UTILIZADA NO ESTUDO DO MUNICÍPIO INTEIRO E ESCALA INTERMEDIÁRIA: 1:200.000)

O processo e resultados concretos do estudo seguem abaixo.

- Sobreposição das cartas de aptidão à urbanização da CPRM e área urbana, área rural e zoneamento.
- Verificação das diretrizes de planejamento urbano e projetos de desenvolvimento (loteamentos, infraestrutura, etc.) nas partes onde a área urbana e as áreas com perigo de desastre de movimento de massa não se sobrepõem (linha roxa no mapa acima).
- Mas com base nos resultados acima, percebeu-se que existe a dificuldade na garantia da segurança de vias necessárias para as atividades de resgate, para a garantia de terreno de escala padrão e rotas de fuga.

## 2) Políticas do município e planos prioritários, organização da situação atual, desafios, diretrizes de resolução e objetivos de desenvolvimento da área piloto

Antes do estudo de caso do projeto urbanístico e zoneamento considerando desastres de movimento de massa, organizamos as políticas do município e planos prioritários, a situação atual, desafios, diretrizes de resolução e objetivos de desenvolvimento da área piloto (Imagem abaixo).

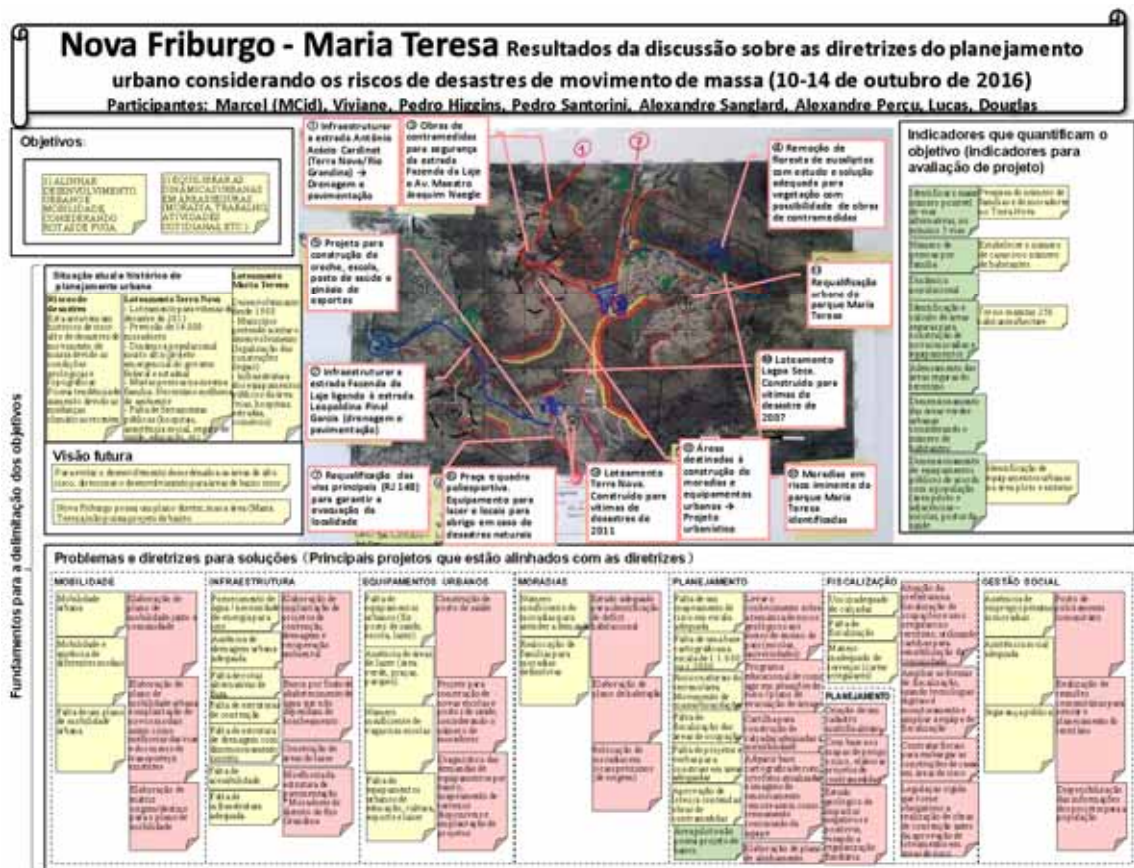


FIGURA 2 POLÍTICAS DO MUNICÍPIO E PLANOS PRIORITÁRIOS, ORGANIZAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL, DESAFIOS, DIRETRIZES DE RESOLUÇÃO E OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO DA ÁREA PILOTO

### 3) Estudo do zoneamento e projeto de desenvolvimento urbano considerando o risco de desastre de movimento de massa nos municípios piloto

Com base nos resultados das “políticas do município e planos prioritários, organização da situação atual, desafios, diretrizes de resolução e objetivos de desenvolvimento da área piloto” acima, foi realizado um estudo de caso do zoneamento e projeto urbanístico considerando desastres de movimento de massa na área piloto (Maria Teresa).

Como resultado, percebe-se que nas áreas piloto, as áreas de perigo e risco estão distribuídas em diversos locais, dificultando a garantia de áreas de certa escala para construção de residências e instalação de equipamentos públicos e vias. Resumindo, considerando os riscos de desastre de movimento de massa, a delimitação de um plano realístico é difícil.

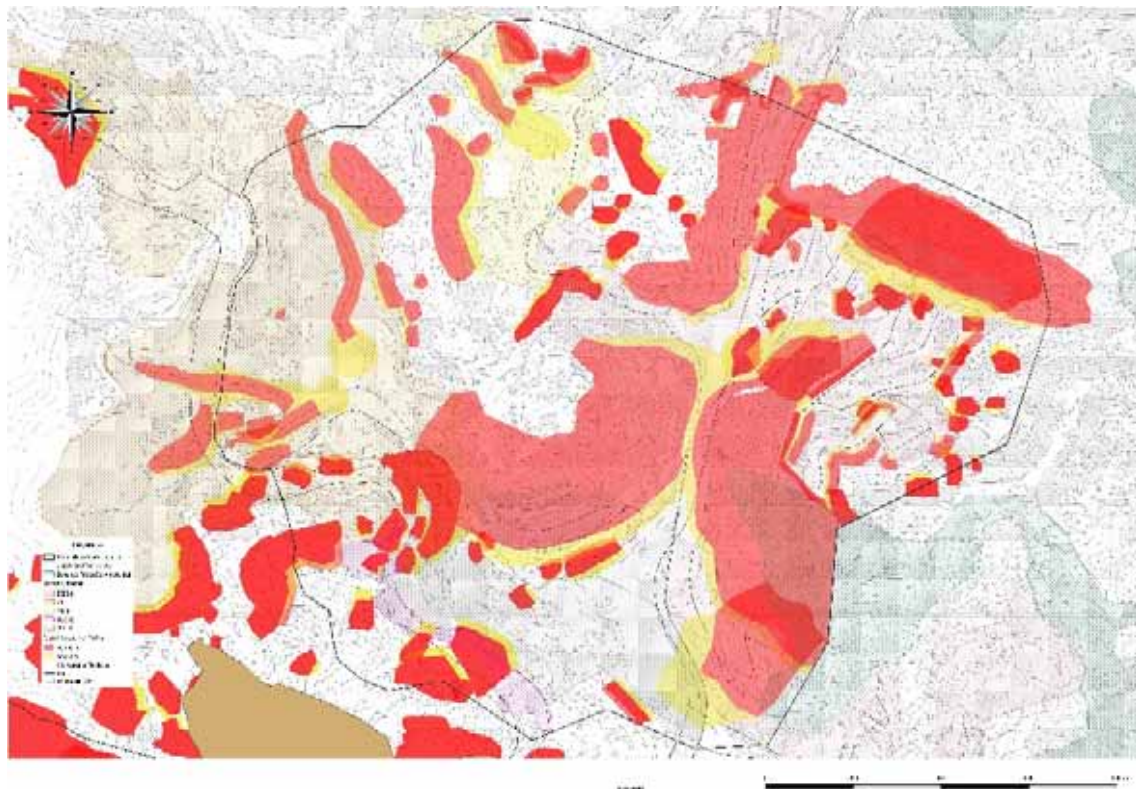



FIGURA 3 MAPA DE PERIGO DA ÁREA DE MARIA TERESA

4) Necessidade de zoneamento com regulamentação de desenvolvimento devido aos desastres de movimento de massa (autorização de desenvolvimento condicionado às obras de intervenção).

Como medidas para essa dificuldade<sup>12</sup>, foi verificado nos municípios piloto a necessidade de “zoneamento com regulamentação de desenvolvimento devido aos desastres de movimento de massa (autorização de desenvolvimento condicionado às obras de intervenção).

Escala espacial	Alvos considerados para risco de desastres naturais	Licenciamento	
		Abaixo do PD4 <sup>13</sup>	Abaixo do PC4 <sup>14</sup>
 <p>A escala intermediária de planejamento (ZONEAMENTO)</p>	Residencial	Avaliar individualmente	Não
	Residencial (com restrição de desenvolvimento para desastres de movimento de massa)	Avaliar individualmente	Autorização de desenvolvimento com restrição com obras de intervenção
	Localização Especial	Avaliar individualmente	Avaliar individualmente
	Comercial	Avaliar individualmente	Não
	Industrial	Avaliar individualmente	Avaliar individualmente
	Agrícola	Possível	Possível
	Proteção Ambiental	Possível	Possível
	Recreacional Urbana	Possível	Possível
	Rural de Desenvolvimento	Possível	Possível
	Rural de Proteção	Possível	Possível

Foi realizado um estudo de caso do zoneamento e projeto urbanístico considerando desastres de movimento de massa na área de Maria Teresa. Os resultados estão descritos na imagem abaixo.

<sup>12</sup> Na região com maior distribuição da zona de perigo/risco, existe dificuldade de assegurar propriedades de um determinado porte, alocação de equipamento público e vias públicas eficazes, etc.

<sup>13</sup> Perigo em áreas Dispersão

<sup>14</sup> Perigo em áreas Crítica



A definição de PD e PC está abaixo.

TABELA 1. DEFINIÇÃO DE PERIGO NO MANUAL DE MAPEAMENTO (PROPOSTA)

PC1	<p>São atendidos os critérios topográficos.</p> <p>Porém, devido à intervenção estrutural, não ocorrerá movimento de massa no período compreendido por uma estação chuvosa normal.</p> <p>Caso haja movimento de massa (decorrente de chuva não prevista), a força externa exercida poderá acarretar, com grande probabilidade, danos severos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como a destruição total das moradias.</p>
PC2	<p>Caso haja movimento de massa, a força externa exercida poderá acarretar, com grande probabilidade, danos severos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como a destruição total das moradias.</p>
PC3	<p>Caso haja movimento de massa, a força externa exercida poderá acarretar, com grande probabilidade, danos severos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como a destruição total das moradias.</p>
PC4	<p>Caso haja movimento de massa, a força externa exercida poderá acarretar, com grande probabilidade, danos severos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como a destruição total das moradias.</p>
PD0	<p>O movimento de massa ocorrido em decorrência de estação chuvosa normal não atingirá até essa área.</p> <p>Caso a área seja atingida por movimentos de massa (decorrente de chuva não prevista), a força externa exercida poderá acarretar danos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como àquelas moradias mais vulneráveis.</p>
PD1	<p>Caso a área seja atingida por movimentos de massa, a força externa exercida poderá acarretar danos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como àquelas moradias mais vulneráveis.</p>
PD2	<p>Caso a área seja atingida por movimentos de massa, a força externa exercida poderá acarretar danos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como àquelas moradias mais vulneráveis.</p>
PD3	<p>Caso a área seja atingida por movimentos de massa, a força externa exercida poderá acarretar danos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como àquelas moradias mais vulneráveis.</p>



FIGURA 4 - PRODUTO DO ESTUDO DE CASO DO ZONEAMENTO E PROJETO URBANÍSTICO CONSIDERANDO DESASTRES DE MOVIMENTO DE MASSA EM MARIA TERESA

5) Itens a serem decididos para a operacionalização do zoneamento com restrição de desenvolvimento devido aos desastres de movimento de massa (autorização de desenvolvimento condicionado às obras de intervenção).

Para o município operacionalizar o “zoneamento com restrição de desenvolvimento devido aos desastres de movimento de massa (autorização de desenvolvimento condicionado às obras de intervenção)”, o município precisa estabelecer uma lei do plano diretor e lei de zoneamento, etc., regulamentando os itens abaixo:

**I. Conteúdo da regulamentação**

Controle do uso

Controle de parcelamento (controle de parcelamento do solo onde o perigo de desastre de movimento de massa permanece)

Controle de construção (Coeficiente de aproveitamento, taxa de ocupação, altura, etc.)

Outros

**II. Procedimento**

**III. Critérios para a autorização de desenvolvimento (obras de contramedidas)**

**IV. Outros**

**5.1. Exemplo do conteúdo das restrições**

**a) Controle do uso**

Definir o zoneamento com base na lei do plano diretor municipal, não construir edificações que não estão descritas na lista abaixo. Se for acordado que não existe prejuízo ao ambiente residencial adequado para o município ou se não há outra escolha para as atividades pública, a construção pode ser considerada.

(Incluir citação relacionada à lei de plano diretor e de zoneamento do município)

TABELA 2.CONTROLE DO USO

		ZEP1	ZEP2	ZEP3	ZUC1	ZUC2	ZUC3	ZUC4	ZUC5	ZUC6	ZT1	ZT2	ZT3	ZEIE1	ZEIE2	ZEIS1	ZEIS2
RESID.	UNI									XX							
	MULTI 1									XX							

	MULTI 2									xx							
	Controle de parcelamento																
N. RESID.	MISTO									xx							
	COMÉRCIO /SERVIÇO									xx							
										xx							

X indica o nível de controle de desenvolvimento (dificuldade)



ZT3								
ZEIE1								
ZEIE2								
ZEIS1								
ZEIS2								

## 5.2. Exemplo do procedimento

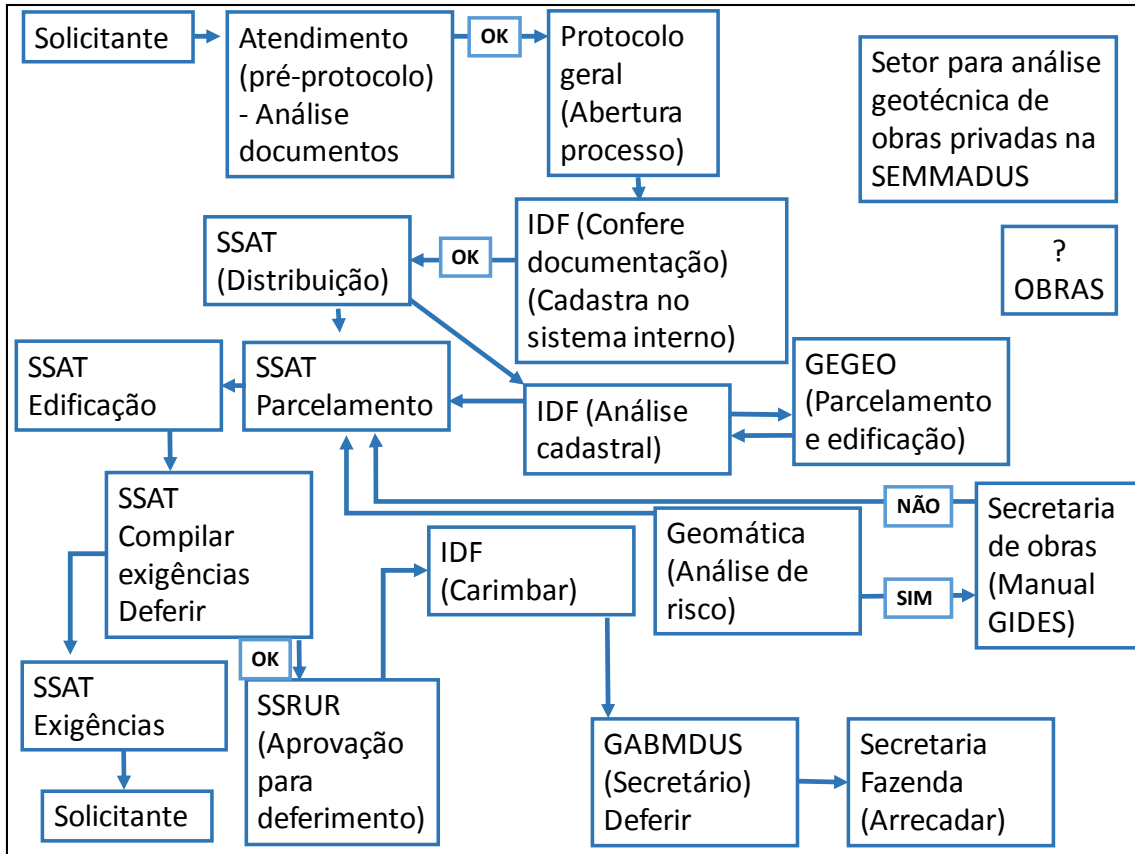



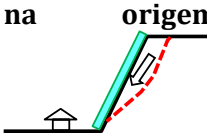

FIGURA 5- PRODUTO DO ESTUDO DO FLUXOGRAMA DE AVALIAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO CONSIDERANDO DESASTRES DE MOVIMENTO DE MASSA

Pedir ao município para inserir explicação da imagem acima.

### 5.3. Exemplo dos critérios de autorização

Nos casos em que a causa do desastre de movimento de massa seja a ruptura de encostas íngremes, o plano de obras de intervenção deve ser executado em conformidade com os padrões definidos abaixo de modo a não permitir que a queda de blocos decorrente da ruptura de encosta chegue ao terreno da edificação prevista específica.

TABELA 4. CONDIÇÕES PARA A PERMISSÃO DO DESENVOLVIMENTO (PARA RUPTURAS EM ENCOSTAS)

Duas condições	Irá proteger contra danos de ruptura na encosta?	A instalação é segura contra forças externas?
<b>Remoção da encosta</b> 	Garante um estado em que não se prevê ruptura em encosta evitando-se condições de relevo onde estima-se a ocorrência de ruptura em encosta.	Não há.
<b>Intervenção na origem</b> 	Garante um estado em que não se estima a ocorrência de ruptura em encosta, suprimindo-se a ocorrência através de instalações de intervenção para a face de deslizamento estimada.	A instalação de intervenção garante a segurança necessária para a força de movimentação da face de deslizamento estimado.
<b>Intervenção de espera</b> 	Garante um estado em que não se estima influências sobre o alvo de conservação, capturando-se o sedimento através de instalações de intervenção do sedimento movimentado estimado na ruptura.	A instalação de intervenção garante a segurança necessária para as forças de movimentação e de sedimentação do sedimento movimentado pela ruptura estimada.

Nos casos em que a causa do desastre de movimento de massa seja o fluxo de detritos, o plano de obra de intervenção deve ser executado em conformidade com os itens descritos abaixo, de modo a não permitir que o fluxo de detritos chegue ao terreno da edificação prevista específica.



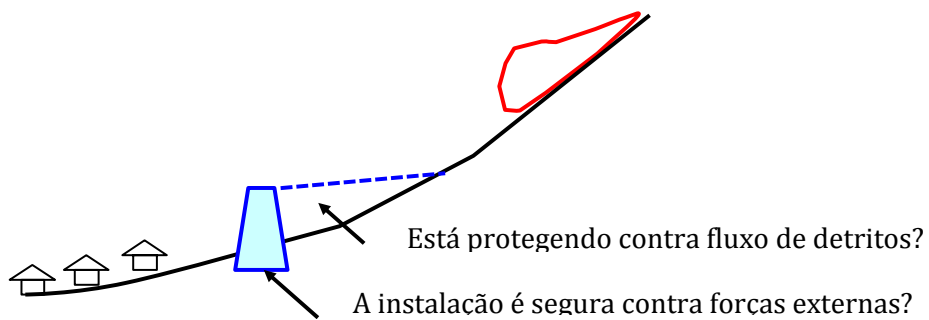


FIGURA 6 CONDIÇÕES PARA A PERMISSÃO DO DESENVOLVIMENTO (PARA FLUXO DE DETRITOS)

Com base nas informações acima, foi feito o estudo sobre a obra de intervenção na área piloto. Os resultados do estudo estão descritos abaixo. Foi utilizado como exemplo, os critérios de autorização de desenvolvimento de obras de intervenção do Japão, na proposta desta obra de intervenção.



FIGURA 7 – EXEMPLO DAS OBRAS DE CONTRAMEDIDA APLICANDO OS CRITÉRIOS DE AUTORIZAÇÃO DO JAPÃO

**Parte 2 - Petrópolis**

## **Considerando desastres de movimento de massa no planejamento urbano**

(Proposta outubro de 2017 – Município de Petrópolis)

### **Índice**

- 1) Estudo das diretrizes do planejamento urbano considerando desastres de movimento de

massa na escala do território municipal.....	141
2) Políticas do município e planos prioritários, organização da situação atual, desafios, diretrizes de resolução e objetivos de desenvolvimento da área piloto.....	143
3) Estudo do zoneamento e projeto de desenvolvimento urbano considerando o risco de desastre de movimento de massa nos municípios piloto .....	144
4) Necessidade de zoneamento com regulamentação de desenvolvimento devido aos desastres de movimento de massa (autorização de desenvolvimento condicionado às obras de intervenção).....	145
5) Itens a serem decididos para a operacionalização do zoneamento com restrição de desenvolvimento devido aos desastres de movimento de massa (autorização de desenvolvimento condicionado às obras de intervenção).....	148
5.1. Exemplo do conteúdo das restrições.....	148
a) Controle do uso .....	148
b) Controle de parcelamento (Controle do parcelamento do solo onde o perigo de desastre de movimento de massa permanece) .....	150
c) Controle de construção (Taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, altura, etc.).....	150
5.2. Exemplo do procedimento.....	152
5.3. Exemplo dos critérios de autorização.....	153

## 6) Estudo das diretrizes do planejamento urbano considerando desastres de movimento de massa na escala do território municipal

Com base nos “conceitos básicos relacionados a desastres de movimento de massa na delimitação do zoneamento” acima, foi estudado o planejamento urbano considerando desastres de movimento de massa em escala do território municipal.



FIGURA 8 ESTUDO DAS DIRETRIZES DE PLANEJAMENTO URBANO CONSIDERANDO DESASTRES DE MOVIMENTO DE MASSA EM ESCALA DO TERRITÓRIO MUNICIPAL (ESCALA UTILIZADA NO ESTUDO DO MUNICÍPIO INTEIRO DE PETRÓPOLIS: 1:80.000)

O processo e resultados concretos do estudo seguem abaixo.

- d) Verificação dos bairros/zonas principais, utilizando o Mapa de Suscetibilidade da CPRM (Círculo preto no mapa acima).
- e) Verificação dos bairros/zonas de desenvolvimento importantes na política urbana e planos preferenciais (Linha laranja no mapa acima).
- f) Verificação de locais classificados como classe alta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa dentro dos principais bairros/zonas (Linha vermelha no mapa acima). Foi verificado perigo de desastre de movimento de massa em todos os bairros/zonas.
- g) Realização de um estudo de caso em 01 área piloto em um bairro/zona de desenvolvimento importante definido por uma política urbana e/ou plano prioritário, com perigo de desastre de movimento de massa (Mapa acima da direita, bairro/zona incluindo Caetitu).

- h) Verificação das partes sobrepostas da área urbana (linha roxa) e locais com perigo de desastre de movimento de massa (linha vermelha no mapa acima).
- i) Com base nos resultados da verificação acima, percebeu-se que existe a necessidade de revisão da área urbana e da área rural considerando desastres de movimento de massa.

## 7) Políticas do município e planos prioritários, organização da situação atual, desafios, diretrizes de resolução e objetivos de desenvolvimento da área piloto

Antes do estudo de caso do projeto urbanístico e zoneamento considerando desastres de movimento de massa, organizamos as políticas do município e planos prioritários, a situação atual, desafios, diretrizes de resolução e objetivos de desenvolvimento da área piloto (Imagem abaixo).

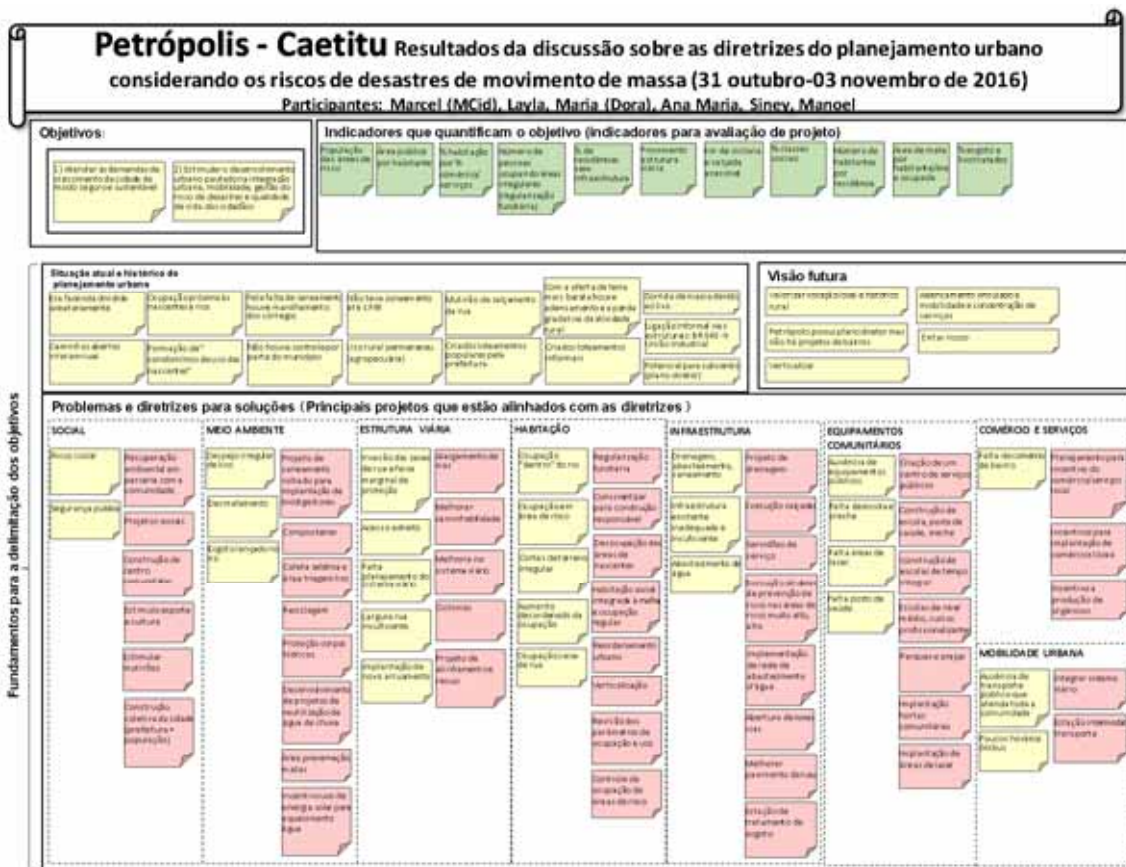


FIGURA 9 POLÍTICAS DO MUNICÍPIO E PLANOS PRIORITÁRIOS, ORGANIZAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL, DESAFIOS, DIRETRIZES DE RESOLUÇÃO E OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO DA ÁREA PILOTO

## 8) Estudo do zoneamento e projeto de desenvolvimento urbano considerando o risco de desastre de movimento de massa nos municípios piloto

Com base nos resultados das “políticas do município e planos prioritários, organização da situação atual, desafios, diretrizes de resolução e objetivos de desenvolvimento da área piloto” acima, foi realizado um estudo de caso do zoneamento e projeto urbanístico considerando desastres de movimento de massa na área piloto (Caetitu).

Como resultado, percebe-se que nas áreas piloto, as áreas de perigo e risco estão distribuídas em diversos locais, dificultando a garantia de áreas de certa escala para construção de residências e instalação de equipamentos públicos e vias. Resumindo, considerando os riscos de desastre de movimento de massa, a delimitação de um plano realístico é difícil.

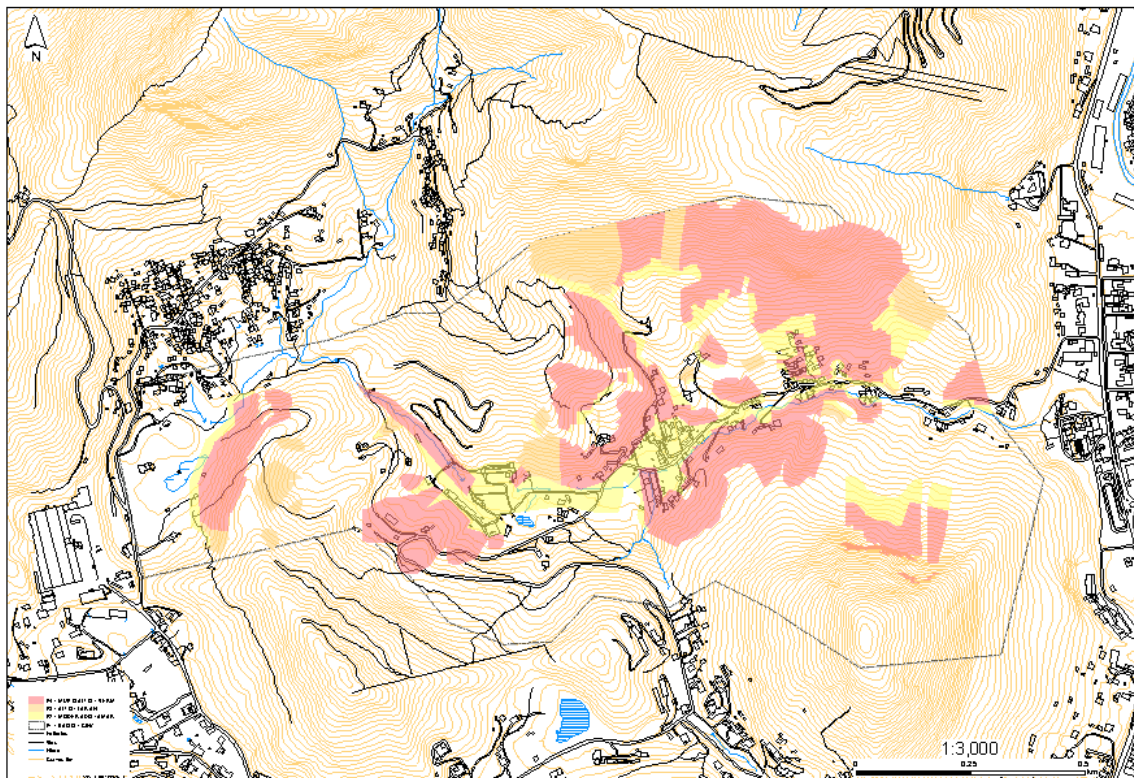



FIGURA 10 MAPA DE PERIGO DA ÁREA DE CAETITU, PETRÓPOLIS



9) Necessidade de zoneamento com regulamentação de desenvolvimento devido aos desastres de movimento de massa (autorização de desenvolvimento condicionado às obras de intervenção).

Como medidas para essa dificuldade<sup>15</sup>, foi verificado nos municípios piloto a necessidade de “zoneamento com regulamentação de desenvolvimento devido aos desastres de movimento de massa (autorização de desenvolvimento condicionado às obras de intervenção)

Escala espacial	Alvos considerados para risco de desastres naturais	Autorização	
		Abaixo do PD4 <sup>16</sup>	Abaixo do PC4 <sup>17</sup>
 <p>A escala intermediária de planejamento (ZONEAMENTO)</p>	Residencial	Avaliar individualmente	Não
	Residencial (com restrição de desenvolvimento para desastres de movimento de massa)	Avaliar individualmente	Possível
	Localização Especial	Avaliar individualmente	Avaliar individualmente
	Comercial	Avaliar individualmente	Não
	Industrial	Avaliar individualmente	Avaliar individualmente
	Agrícola	Possível	Possível
	Proteção Ambiental	Possível	Possível
	Recreacional Urbana	Possível	Possível
	Rural de Desenvolvimento	Possível	Possível
	Rural de Proteção	Possível	Possível

<sup>15</sup> Na região com maior distribuição da zona de perigo/risco, existe dificuldade de assegurar propriedades de um determinado porte, alocação de equipamento público e vias públicas eficazes, etc.

<sup>16</sup> Perigo em áreas Dispersão

<sup>17</sup> Perigo em áreas Crítica

Foi realizado um estudo de caso do zoneamento e projeto urbanístico considerando desastres de movimento de massa na área de Caetitu. Os resultados estão descritos na imagem abaixo.

A definição de PD e PC está abaixo.

TABELA 5. DEFINIÇÃO DE PERIGO NO MANUAL DE MAPEAMENTO (PROPOSTA)

PC1	São atendidos os critérios topográficos. Porém, devido à intervenção estrutural, não ocorrerá movimento de massa no período compreendido por uma estação chuvosa normal. Caso haja movimento de massa (decorrente de chuva não prevista), a força externa exercida poderá acarretar, com grande probabilidade, danos severos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como a destruição total das moradias.
PC2	Caso haja movimento de massa, a força externa exercida poderá acarretar, com grande probabilidade, danos severos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como a destruição total das moradias.
PC3	Caso haja movimento de massa, a força externa exercida poderá acarretar, com grande probabilidade, danos severos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como a destruição total das moradias.
PC4	Caso haja movimento de massa, a força externa exercida poderá acarretar, com grande probabilidade, danos severos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como a destruição total das moradias.
PD0	O movimento de massa ocorrido em decorrência de estação chuvosa normal não atingirá até essa área. Caso a área seja atingida por movimentos de massa (decorrente de chuva não prevista), a força externa exercida poderá acarretar danos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como àquelas moradias mais vulneráveis.
PD1	Caso a área seja atingida por movimentos de massa, a força externa exercida poderá acarretar danos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como àquelas moradias mais vulneráveis.
PD2	Caso a área seja atingida por movimentos de massa, a força externa exercida poderá acarretar danos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como àquelas moradias mais vulneráveis.
PD3	Caso a área seja atingida por movimentos de massa, a força externa exercida poderá acarretar danos à vida humana, à integridade física dos moradores, bem como àquelas moradias mais vulneráveis.

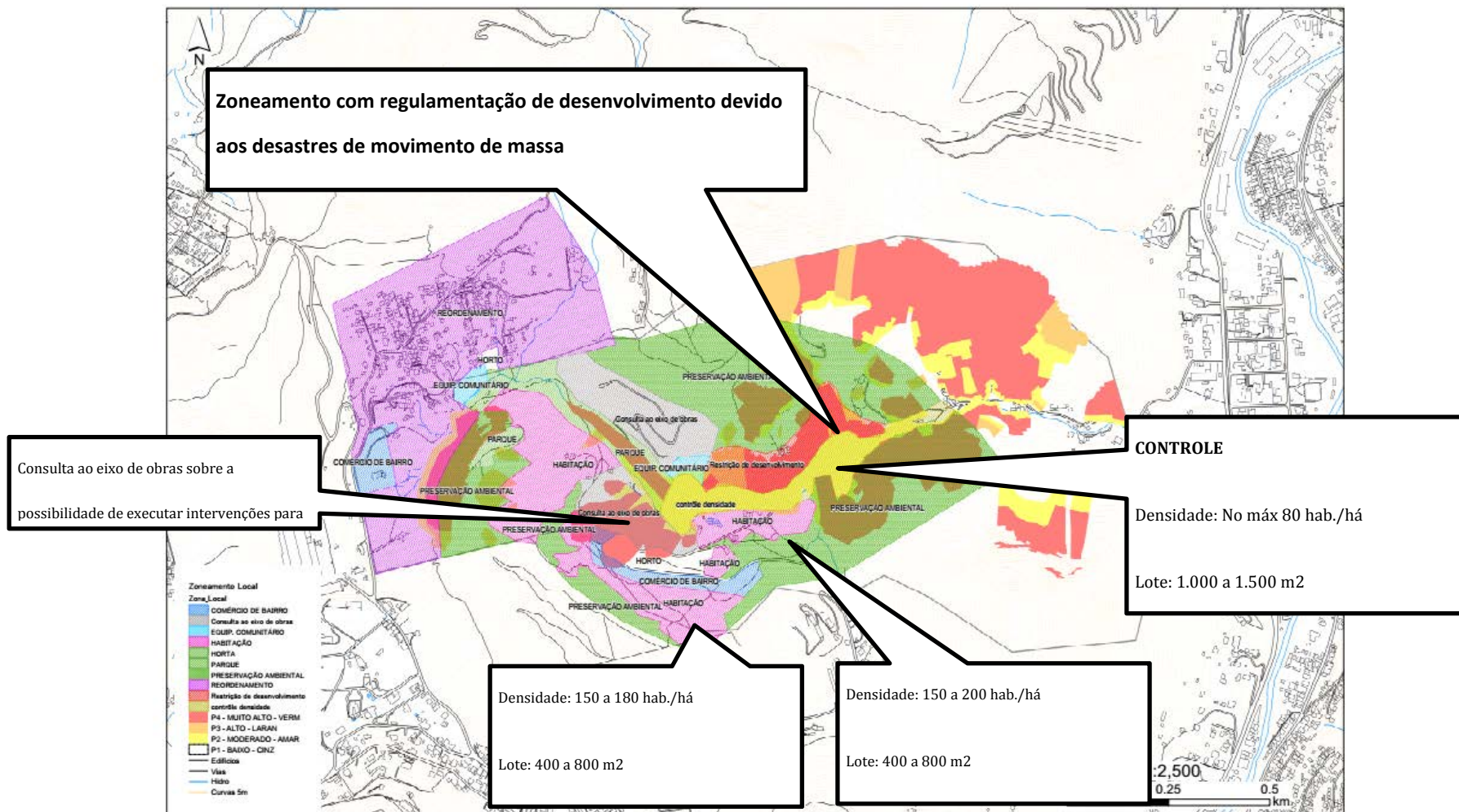


FIGURA 11 - PRODUTO DO ESTUDO DE CASO DO ZONEAMENTO E PROJETO URBANÍSTICO CONSIDERANDO DESASTRES DE MOVIMENTO DE MASSA EM CAETITU







SIP2								
SIP3								
SIP4								
SRU1								
SRU2								
SRU3								
SRU4								
SRU5								
SAR								
SPE								
SPR								
ZX								

## 10.2. Exemplo do procedimento

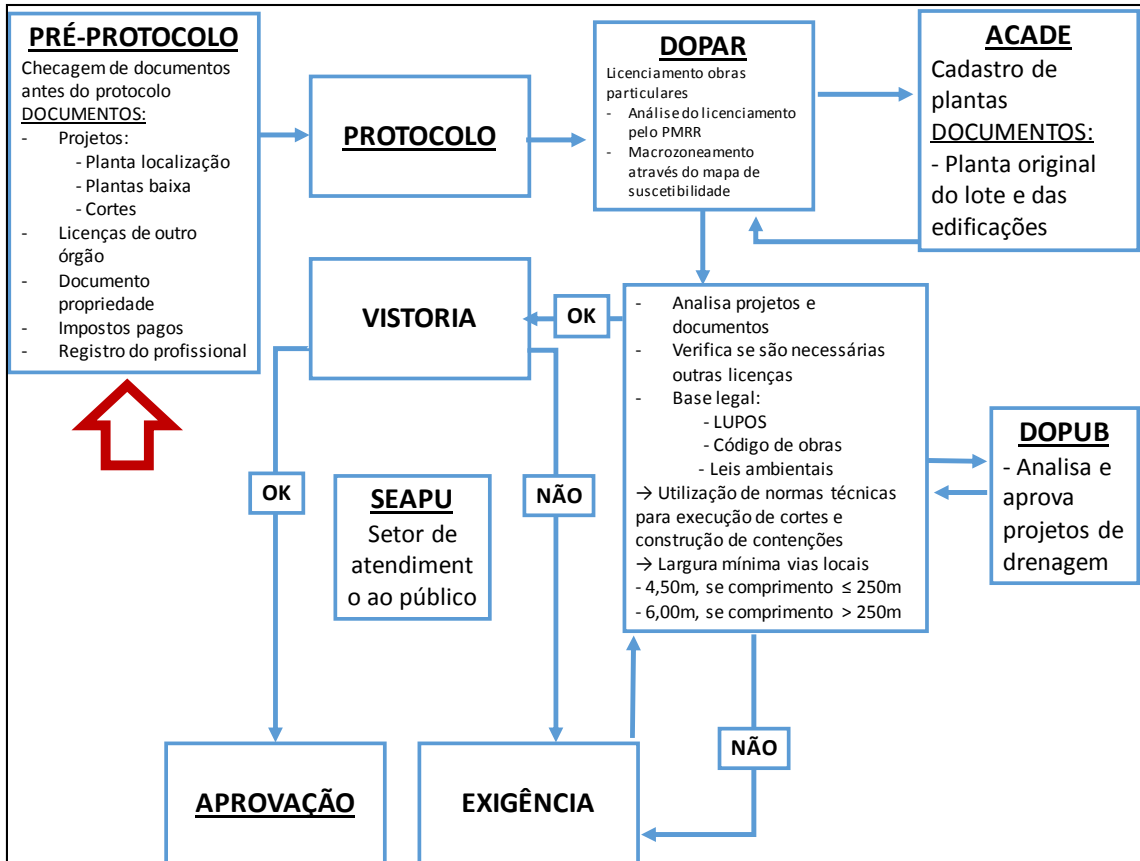


FIGURA 12- PRODUTO DO ESTUDO DO FLUXOGRAMA DE AVALIAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO CONSIDERANDO DESASTRES DE MOVIMENTO DE MASSA (PETRÓPOLIS)

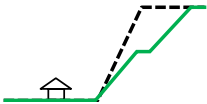
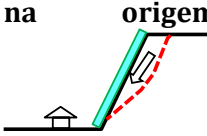
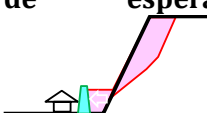
Pedir ao município para inserir explicação da imagem acima.



### 10.3. Exemplo dos critérios de autorização

Nos casos em que a causa do desastre de movimento de massa seja a ruptura de encostas íngremes, o plano de obras de intervenção deve ser executado em conformidade com os padrões definidos abaixo de modo a não permitir que a queda de blocos decorrente da ruptura de encosta chegue ao terreno da edificação prevista específica.

TABELA 8. CONDIÇÕES PARA A PERMISSÃO DO DESENVOLVIMENTO (PARA RUPTURAS EM ENCOSTAS)

Duas condições	Irá proteger contra danos de ruptura na encosta?	A instalação é segura contra forças externas?
<b>Remoção da encosta</b> 	Garante um estado em que não se prevê ruptura em encosta evitando-se condições de relevo onde estima-se a ocorrência de ruptura em encosta.	Não há.
<b>Intervenção na origem</b> 	Garante um estado em que não se estima a ocorrência de ruptura em encosta, suprimindo-se a ocorrência através de instalações de intervenção para a face de deslizamento estimada.	A instalação de intervenção garante a segurança necessária para a força de movimentação da face de deslizamento estimado.
<b>Intervenção de espera</b> 	Garante um estado em que não se estima influências sobre o alvo de conservação, capturando-se o sedimento através de instalações de intervenção do sedimento movimentado estimado na ruptura.	A instalação de intervenção garante a segurança necessária para as forças de movimentação e de sedimentação do sedimento movimentado pela ruptura estimada.

Nos casos em que a causa do desastre de movimento de massa seja o fluxo de detritos, o plano de obra de intervenção deve ser executado em conformidade com os itens descritos abaixo, de modo a não permitir que o fluxo de detritos chegue ao terreno da edificação prevista específica.

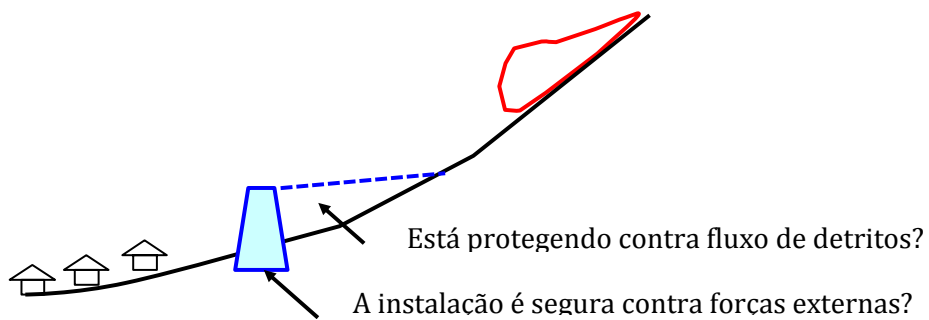


FIGURA 13 CONDIÇÕES PARA A PERMISSÃO DO DESENVOLVIMENTO (PARA FLUXO DE DETRITOS)

Com base nas informações acima, foi feito o estudo sobre a obra de intervenção na área piloto. Os resultados do estudo estão descritos abaixo. Foi utilizado como exemplo, os critérios de autorização de desenvolvimento de obras de intervenção do Japão, na proposta desta obra de intervenção.



# **Manual para Elaboração de Plano de Medidas Estruturais contra Rupturas de Encostas**

**Outubro-2017**

## Sumário

Capítulo 1 Disposições Gerais .....	6
1.1 Objetivos do Manual .....	7
1.2 Conteúdo e Características do Manual.....	8
1.3 Área de Aplicação do Manual .....	8
1.4 Definição dos Termos .....	9
Capítulo 2 Características Ambientais e de Rupturas em Encostas no Brasil.....	11
2.1 Relevo .....	11
2.2 Clima .....	12
2.3 Geologia.....	13
2.4 Geologia / Solos Superficiais .....	15
2.5 Rupturas de Encostas no Brasil .....	16
2.5.1 Áreas com Desastres de Movimentos de Massa.....	16
2.5.2 Estudos de Movimento de Massa.....	17
2.5.3 Ruptura de Encostas .....	18
2.5.4 Características das Rupturas nas Encostas do Brasil.....	19
Capítulo 3 Seleção da Área das Medidas Estruturais de Rupturas em Encostas .....	22
3.1 Seleção das Áreas Alvo de acordo com o Mapa de Riscos.....	22
3.2 Zonas Alvo de Projetos de Medidas Estruturais de Rupturas em Encostas na Restauração de Desastres .....	22
3.3 Verificação por Levantamento de Campo e Delimitação da Zona Alvo.....	23
Capítulo 4 Levantamento para o Planejamento de Obras .....	23
4.1 Objetivos do Levantamento .....	23
4.2 Método de Levantamento e Precisão do Levantamento Padrão .....	23
4.3 Coleta e Compilação de Documentos.....	24
4.4 Levantamento Detalhado em Campo.....	25
4.4.1 Levantamento de rotas drenagem superficiais .....	25
4.4.2 Levantamento topográfico .....	26
4.4.3 Levantamento Geológico e Geotécnico .....	26
4.4.4 Antecedentes de Rupturas do Local Objeto e encostas Adjacentes (Localização / Escala / Idade etc.).....	26

	3
4.4.5 Levantamento da Vegetação (Espécie, Idade, Vestígios de Desmatamento, etc.).....	26
4.4.6 Levantamento dos Alvos de Conservação.....	27
4.4.7 Caracterização do Local e Formas de Rupturas .....	27
4.4.8 Resumo do Levantamento de Campo .....	31
Capítulo 5 Previsão para o fenômeno de ruptura em encostas.....	35
5.1 Método de Previsão para o Fenômeno de Ruptura em Encostas .....	35
5.2 Avaliação do Grau de Perigo de Ruptura e Estabilidade da Encosta .....	35
5.2.1 Método de Avaliação do Grau de Perigo de Ruptura.....	35
5.2.2 Avaliação de Estabilidade Baseado em Investigações Detalhadas de Relevô, Geologia e Pedologia.....	35
5.2.3 Avaliação da Estabilidade com Relação ao Gradiente Padrão .....	36
5.2.4 Avaliação do Cálculo de Estabilidade .....	36
5.3 Prováveis Causas e Formas de Rupturas.....	37
5.4.1 Largura da Ruptura.....	38
5.4.2 Altura da Ruptura .....	39
5.4.3 Profundidade da Ruptura .....	39
5.4.4 Estimativa do Volume de Detritos da Ruptura .....	40
5.5 Estimativa do Alcance dos Detritos.....	40
Capítulo 6 Diretrizes das Medidas Estruturais de Rupturas de Encostas .....	40
6.1 Objetivos das Medidas Estruturais de rupturas em Encostas (Posicionamento) .....	40
6.2 Estabelecimento dos Objetivos dos Projetos de Medidas Estruturais de rupturas em Encostas.....	41
6.3 Estabelecimento das Funções das Medidas Estruturais.....	41
Capítulo 7. Classificação das Medidas Estruturais de Rupturas em Encostas .....	42
7.1 Classificação de Acordo com as Funções das Obras das Medidas Estruturais de Rupturas em Encostas .....	42
7.2 Tipo/Métodos e Características das Obras de Medidas Estruturais de rupturas em Encostas.....	42
7.2.1 Obras de Drenagem Superficial .....	44
7.2.2 Obras de Drenagem de Águas Subterrâneas .....	45
7.2.3 Obras de Proteção de Superfícies com Vegetação .....	46
7.2.4 Obras de Paliçadas .....	47
7.2.5 Obras de Argamassa e Concreto Projetado.....	47
7.2.6 Obras de Colagem de Material Artificial (Pedra, Bloco ou Placa de Concreto).....	48
7.2.7 Obras de Grelhas (Pré-moldado, Concreto Moldado in Loco, Concreto Projetado).....	48

	4
7.2.8 Obras de Retaludamentos.....	50
7.2.9 Obras de Muros de Contenção.....	50
7.2.10 Obras de Ancoragens.....	53
7.2.10.1 Obras de Ancoragem do solo.....	54
7.2.10.2 Obras de Chumbadores (Rock Bolt).....	55
7.2.10.3 Obras de Solo Grampeado.....	55
7.2.11 Obras de Estacas (Estacas de Aço, Estacas de Concreto ) (Tubulão).....	56
7.2.12 Obras de Estacas com Cercado para o Reforço de Solo.....	56
7.2.13 Obras de Prevenção de Queda de Blocos.....	57
7.2.13.1 Obras de Compactação da Base.....	57
7.2.13.2 Amarração com Redes e Cabos Metálicos.....	58
7.2.14 Obras de Muro de Contenção de Concreto com Estrutura de Espera.....	58
7.2.15 Obras de Proteção contra Queda de Rochas.....	59
7.2.15.1 Cercados de Proteção contra Queda de Rochas.....	60
7.2.15.2 Telas Protetoras contra Queda de Rochas.....	60
7.2.16 Barreiras de Impacto.....	61
Capítulo 8 Seleção do Método das Obras de Medidas Estruturais em Encostas.....	61
8.1 Itens Normalmente Considerados na Seleção do Método das Obras.....	61
8.2 Tipos e Processo de Seleção do Método das Obras.....	61
8.3 Fluxograma para a Seleção do Tipo de Obras.....	63
8.4 Seleção do Método da Obra.....	64
8.5 Cálculo de Estabilidade de Obras com Estrutura de Contenção.....	70
8.5.1 Estimativa da Resistência do Solo da Encosta com Deslizamento.....	70
8.5.2 Cálculo da Força Necessária no Muro de Contenção.....	71
8.5.3 Cálculo da Força de Contenção Necessária em Obras de Ancoragem.....	71
8.5.4 Cálculo de Estabilidade de Obras com Contenção.....	72
Capítulo 9 Plano de Instalações de Medidas Estruturais de Rupturas de Encostas.....	72
9.1 Plano de Instalações de Medidas Estruturais.....	72
9.2 Layout de Instalações de Medidas Estruturais.....	72
9.3 Avaliação de Resultados de Instalações de Medidas Estruturais.....	73
9.3.1 Segurança do Plano de Instalação das Medidas Estruturais.....	74

	5
9.3.2 Segurança da Estrutura das Medidas Estruturais .....	75
Cap. 10 Projetos de Reconstrução .....	76
10.1 Projetos de Reconstrução e Medidas Estruturais de recuperação de Rupturas em Encostas Pós-desastre .....	76
10.2 Medidas Estruturais Emergenciais.....	77
10.2.1 Necessidade e Objetivos das Medidas Estruturais Emergenciais.....	77
10.2.2 Avaliação de Perigos de Desastres Secundários .....	77
10.2.3 Exemplos de Medidas Estruturais Emergenciais.....	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	79
APpendice – 1 Índice do Plano de Medida estrutural para Rupturas de Encostas .....	80



## INTRODUÇÃO

Em 2013, foi firmado o *Project for Strengthening National Strategy of Integrated Natural Disaster Risk Management*, uma parceria entre os governos do Japão e Brasil, com participação da Japan International Cooperation Agency (JICA), Ministério das Cidades, Ministério da Integração, Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, Ministério de Minas e Energia, Agência Brasileira de Cooperação, além das Prefeituras de Petrópolis, Nova Friburgo e Blumenau. Em território brasileiro o projeto recebeu o nome de Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos e Desastres Naturais (GIDES).

O trabalho conjunto entre Brasil e Japão vem desenvolvendo ações de gerenciamento e intervenção em áreas propensas à ocorrência de desastres de movimentos de massa. Para isso, as contrapartes do projeto GIDES elaboraram um conjunto de manuais em diferentes áreas do gerenciamento de desastres, os quais devem ser tratados em conjunto para orientação ações integradas de prevenção e recuperação de áreas de risco.

Em recorte específico, este *Manual para Plano de Intervenção de Rupturas em Encostas* visa oferecer orientações para a elaboração de um plano de obras de infraestrutura voltadas à redução de riscos de desastres relacionados à movimentos de massa. Para tanto, o desenvolvimento deste Manual contou com contribuição do conhecimento de instituições japonesas e brasileiras. Essa metodologia foi testada em áreas piloto de três municípios: Blumenau, em Santa Catarina e Nova Friburgo e Petrópolis, no estado do Rio de Janeiro. Os resultados foram apresentados e discutidos em reuniões técnicas onde estiveram presentes técnicos, gestores, acadêmicos e parceiros institucionais que colaboraram para a adaptação da metodologia japonesa à realidade brasileira.

Cabe ressaltar que este Manual é fruto de um processo em andamento, ou seja, não representa a integralidade de conceitos nem um nivelamento completo entre todos os usuários, mas sim um esforço no sentido de homogeneizar os diversos produtos atualmente produzidos sobre este tema, consorciados com os avanços trazidos pela metodologia japonesa. Em direção a um manual cada vez mais aplicável, esperam-se revisões e versões futuras, em um permanente processo de aprimoramento, retroalimentação e atualização.

## CAPÍTULO 1 – DISPOSIÇÕES GERAIS

O acelerado processo de urbanização brasileiro foi notadamente marcado por uma expressiva desigualdade sócio territorial, da qual se destaca como um de seus aspectos negativos, a ocupação de áreas ambientalmente frágeis, muitas destas sujeitas a enchentes, inundações e movimentos gravitacionais de massa.

Embora a atual Política Nacional de Proteção e Defesa Civil estabeleça diretrizes para ações articuladas entre os entes federados, boa parte dos municípios brasileiros ainda encontra dificuldades em cumprir exigências de políticas públicas que respondam adequada e efetivamente aos problemas relativos à redução de riscos de desastres em encostas de áreas urbanas.

Como contribuição ao enfrentamento dessas questões, este *Manual para Plano de Intervenção de Rupturas em Encostas* visa oferecer orientações a técnicos que atuam em governos ou organizações locais, para a definição de soluções adequadas e eficientes para o planejamento das obras com essas características.

Para cumprir esse objetivo o Manual apresenta, em linguagem acessível e simplificada, método de fácil aplicação, o qual pode ser entendido e utilizado por técnicos ainda que não especializados. Dessa maneira, espera-se que utilizando as ferramentas disponíveis neste Manual, o usuário seja capaz de elaborar um “plano de obras” de prevenção para enfrentamento de potenciais desastres relacionados a rupturas de encostas. Espera-se também que este Manual possa auxiliar o usuário a realizar julgamento crítico consistente de projetos de engenharia com esses propósitos.

Os capítulos a seguir apresentam informações gerais quanto à geologia e topografia brasileira, bem como uma breve caracterização dos processos de rupturas de encostas mais frequentes no país. Constarão ainda orientações para a identificação de áreas com alto risco a deslizamentos e para a elaboração de levantamentos de campo.

Também será possível estimar qualitativa e quantitativa os possíveis movimentos gravitacionais de massa identificados através da observação e da interpretação das informações coletadas em campo. Dessa maneira, levando em conta tais estimativas e a caracterização das soluções típicas mais utilizadas no Brasil, espera-se que o usuário terá condições de definir, entre as soluções possíveis, qual é a mais adequada a ser utilizada em cada contexto e em cada situação de risco identificada.

A partir da aplicação do método proposto e da identificação de cada solução de obra adotada, será possível definir quais serão as diretrizes e as prioridades que deverão orientar, finalmente, a elaboração de um “plano de obras” para redução de riscos de movimentos gravitacionais de massa em determinada área urbana.

Paralelamente a este Manual, foram desenvolvidos outros quatro manuais no âmbito do projeto GIDES que oferecem orientações suplementares ao presente Manual, cada qual concentrado nos diferentes estágios da prevenção de desastres. O Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos de Massa apresenta procedimentos para a elaboração de mapas de perigo e risco a movimentos de massa, servindo como base para o gerenciamento e o monitoramento das áreas de risco. O Manual de Redução de Riscos de Desastres Aplicado ao Planejamento Urbano apresenta instrumentos e método para a definição de áreas a serem ocupadas levando em conta a necessidade de se garantir a oferta de locais seguros para ocupações urbanas. Já o Manual Técnico para Concepção de Intervenção para Fluxo de Detritos trata de orientações e diretrizes para a definição de soluções de obras de infraestrutura para a prevenção de desastres relacionados a fluxos de detritos.

Cabe ressaltar que a abordagem específica do Manual para Fluxo de Detritos, foi necessária por conta da experiência ainda incipiente do Brasil frente aos movimentos rápidos de grande quantidade de material saturado, com alta energia e poder destrutivo, tais como observados nos desastres de 2011 na região serrana do Rio de Janeiro e em 2008 no interior de Santa Catarina.

Dessa maneira, acredita-se que os referidos manuais poderão se constituir como instrumentos de fundamental importância ao adequado planejamento de ações estruturais para a redução de riscos de desastres, contribuindo sobremaneira para aumento da capacidade de prevenção e resposta das administrações locais.

## **1.1 Objetivos do Manual**

Este Manual tem por objetivo orientar a elaboração do plano de prevenção e redução dos desastres de rupturas de encostas com grau de perigo, adotando medidas antecipadamente, a partir da definição de diretrizes para

soluções de engenharia e da priorização de um conjunto de obras de infraestrutura para prevenção de rupturas de encostas em áreas urbanas.

De acordo com o método, o conjunto de obras definidas dentro de um plano específico pode contemplar soluções tanto para prevenção de desastres em áreas de risco já ocupadas, quanto para áreas ainda não ocupadas, de expansão urbana, com eventual ocorrência de áreas ou setores de risco de deslizamento.

## 1.2 Conteúdo e Características do Manual

O Capítulo 2 deste Manual traz as características básicas da topografia e da geologia brasileira enquanto predisposições para a ocorrência de rupturas em encostas, além de apresentar as características básicas dos desastres relacionados a rupturas em encostas no Brasil. Os Capítulos 3 a 5 apresentam aspectos fundamentais a serem considerados nos levantamentos e nas análises para a elaboração do plano. O capítulo 6 trata da definição das diretrizes das medidas estruturais. Apresentam-se ainda, no Capítulo 7, diversos tipos e características das obras mais utilizadas para prevenção de rupturas de encostas. O Capítulo 8 traz orientações para a seleção das soluções de engenharia mais adequadas frente ao problema identificado. O Capítulo 9 trata do conteúdo e layout necessários para a elaboração do plano de medidas estruturais, enquanto que no Capítulo 10 são abordados aspectos básicos com relação a obras emergenciais e de reconstrução pós-desastre. Dentre os conteúdos acima, os capítulos 4 e 5 sobre a previsão dos fenômenos de rupturas e o capítulo 8 sobre a seleção das medidas estruturais são as partes mais importantes desse manual.

O presente Manual possibilita o seu usuário:

- (1) Realizar levantamentos de campo suficientemente detalhados para reconhecer os fatores e mecanismos que desencadeiam as rupturas de encostas;
- (2) Levantar os subsídios necessários para a definição de soluções de engenharia com base nas características de cada encosta e/ou área de risco;
- (3) Selecionando a medida estrutural através da comparação de diversas medidas alternativas baseado na previsão do mecanismo da ruptura, poderá elaborar um plano otimizado;
- (4) Maximizar os efeitos através da seleção de obras de Medidas Estruturais com base em estimativas das estruturas das rupturas, adotando-se vários tipos de obras com características variadas; (não está claro!)
- (5) Minimizar custos através da seleção mais eficiente para as obras de engenharia necessárias;
- (6) Responder com clareza os beneficiários das obras de infraestrutura, dentro da lógica de um planejamento consistente e com prioridades bem definidas.

## 1.3 Área de Aplicação do Manual

Este Manual aplica-se ao planejamento de obras contra a ruptura de encostas em áreas urbanas de municípios brasileiros, oferece subsídios à elaboração de projetos de estruturas de contenção de encostas e instrumentos para que seja possível realizar julgamento crítico consistente de projetos de engenharia com esses propósitos.

A **ruptura de encostas** que é o objeto deste manual é um fenômeno que os sedimentos, rochas e maciços de terra, movem-se, por inteiro, com alta velocidade devido à gravidade. Este é um fenômeno que inclui na

classificação do movimento de massa de Cruden & Varnes como Tombamento (Topple), Falha (Fall) e Escorregamentos (Slides), é um fenômeno de movimento de massas das partículas de solos que se fluem de forma contínua com a deformação interna da camada rochosa, no entanto, não incluem os fluxos e rastejos. Ocorre no processo de escorregamentos nas encostas com declividades relativamente suaves (abaixo de 20°), no entanto, o fenômeno de movimento de massas que se desloca lentamente (por exemplo, 1 cm/dia), sem deformação interna do maciço de terra, denominado de Deslizamento, não é considerado ruptura de encostas.

Este Manual pode ainda contribuir significativamente para o aprimoramento das ações de planejamento e ordenamento territorial urbano em âmbito municipal ou regional, auxiliar no desenvolvimento de práticas mais eficientes na definição de soluções de engenharia, bem como na interlocução entre os atores envolvidos com a gestão e a execução de obras de prevenção de desastres.

Os resultados da aplicação do método proposto dependem especialmente da qualidade das informações provenientes dos levantamentos de campo e da adequada interpretação dessas informações. A utilidade da aplicação deste Manual depende ainda do interesse de gestores e técnicos locais no planejamento de ações de caráter preventivo e, por esse motivo, da consciência de que se trata de ações de combate a efeitos indesejados futuros, que ainda não aconteceram e que podem jamais acontecer.

É importante ressaltar que este Manual não pretende substituir quaisquer outros manuais específicos, documentos normativos ou diretrizes existentes. Também não pretende abordar questões relativas a situações, locais ou geologias específicas ou atípicas, sendo elaborado visando orientações gerais para o contexto brasileiro.

#### 1.4 Definição dos Termos

##### **Acidente:**

**Alvo de preservação:** pessoas, moradores, construções, infraestruturas, instalações públicas, etc., a serem protegidas, situadas em áreas planas, na encosta, acima e/ou abaixo desta.

**Anisotropia:** fenômeno em virtude da qual certas propriedades físicas de um mesmo corpo dependem da direção em que são medidas.

##### **Área de Expansão Urbana:**

##### **Área de Risco:**

##### **Área Urbana:**

**Colúvio ou Coluvião:** material depositado no sopé das encostas dos morros, trazido especialmente pela ação da gravidade. Tem como principais componentes a mistura de cascalhos de variadas granulometrias ocasionados por rupturas de encostas e deslizamentos.

**Desastre:** resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Os desastres são quantificados em função dos danos e prejuízos, em termos de intensidade, enquanto que os eventos adversos são quantificados em termos de magnitude. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado

Deslizamento (?) (tipos?) (detalhar?):

Elemento em risco:

**Deslizamento circular:** quando a face rompida da encosta e deslizamento ocorridos em aterros reforçados são muitos parecidas com um arco, esse tipos de rupturas e deslizamentos são chamados de deslizamento circular.

**Deslizamento planar:** Ruptura e deslizamento que ocorrem em superfícies planas. Comum em solos com diferentes resistências, juntas de rochas, rupturas em falhas geológicas e rupturas de camadas superficiais de solos.

**Evento:** acontecimento da natureza geralmente observável.

**Fenômeno:** fato ou evento que pode ser descrito e explicado cientificamente

**Falha geológica:** ocorre em rochas com cisalhamento, acarretando uma superfície descontínua, podendo tornar-se facilmente uma superfície de ruptura devido a sua fragilidade comparada com as rochas ao redor.

**Fluxo de Detritos:**

**Gestão de Riscos:**

**Hierarquia Fluvial:** existem vários métodos de ordenamento numérico de rios principais e afluentes numa rede fluvial da bacia hidrográfica. O método de hierarquia fluvial de Strahler considera para a bacia primária a sua cabeceira com comprimento maior que a largura do vale, levando em consideração os contornos de nível num mapa de topografia, onde quando ocorre uma junção de bacias com mesmo nível, sua hierarquia se eleva. É denominado canal de ordem zero desde o ponto mais a jusante do canal de ordem um até o limite da bacia hidrográfica.

**Junta:** é uma ruptura desenvolvida no interior da rocha devido a movimentos do terreno ou redução do volume devido ao resfriamento de rochas vulcânicas. É um ponto frágil nas rochas semelhante às falhas.

**Mapeamento de Riscos:**

**Movimento Gravitacional de Massa:**

**Nascente de Água:** são águas subterrâneas que emergem na superfície. Há aquelas que efluem constantemente e aquelas que aparecem somente quando chove. Em muitas ocasiões, os citados posteriormente predizem rupturas em encostas.

**Obras Emergenciais:** obras realizadas logo após a ocorrência de desastres para evitar danos secundários. Executadas antes das obras de restauração.

**Obras de Restauração:** obras executadas urgentemente com o objetivo de restaurar a funcionalidade original ou restaurar a sua forma original das instalações públicas danificadas por desastres naturais.

**Obras de Restrição e de Controle:** podemos dividir em duas grandes formas de obras de Medidas Estruturais de rupturas em encostas: (1) impedir as forças que tentam deslizar e (2) excluir a água e detritos que causam o deslizamento. O Primeiro é denominado Obras de Restrição que incluem muros de contenção, obras de ancoras, etc. O segundo denomina-se Obras de Controle que incluem obras de drenagem, obras de retirada de solos, etc.

**Perigo:**

**Placa de Imersão (Dip slope) e de Recepção (stratum of opposite dip):** declives de camadas de solos e superfícies voltados na mesma direção na parte mais baixa da encosta. Placa de Recepção é aquela em que a camada de solo e as superfícies possuem encostas opostas.

**Planejamento Urbano:**

**Pressão da Água nos Poros:** a água subterrânea que ocupa os poros de ar do solo é chamada de poro de água e a pressão que esta possui se chama poro-pressão de água. O tamanho da pressão da água nos poros é diretamente proporcional ao tamanho da superfície da água subterrânea.

**Púmice:** é uma rocha vulcânica produzida quando na fase de ejeção os gases contidos na lava formam um coloide com os materiais em fusão.

**Resistência a Cisalhamentos do Solo:** maior resistência no momento em que a face do torrão do solo está continuamente paralela à força. A força de cisalhamento é representada pela soma das forças de adesão e

atrito interno. A redução das rupturas de encostas e deslizamentos ocorre quando a força dos torrões, que tentam se movimentar devido à gravidade, ultrapassam a menor resistência de cisalhamento.

Risco:

Ruptura de Encosta: é um dos fenômenos de movimento de massas em superfícies de encosta, que se movimentam com alta velocidade, devido ao seu peso, sejam as placas de rochas ou sedimento da encosta que inclui a camada superficial. Por outro lado, movimentos mais lentos e intermitentemente são denominados rastejo. Mas, o limite entre ruptura de encostas e rastejo é ambíguo.

Solo Superficial: terras marrons escuras misturadas com solos e decomposições de matérias orgânicas como plantas. São distribuídas com uma espessura de cerca de 0,3 a 2m na superfície do solo normal. A densidade é pequena e, a compressão e a resistência de cisalhamento são chamadas também de húmus do solo pequeno (humus soil).

Sondagem: método utilizado para conhecer as características físicas e mecânicas do solo/terreno através da penetração, arranque e rotação de hastes. O teste de penetração de cone e o teste de penetração padrão (SPT ou teste do valor N) são alguns dos métodos representativos.

Suscetibilidade:

Tálus: relevo com 30° a 40° de declividade devido ao depósito de detritos originários da queda das encostas íngremes, denominados Depósito de Tálus;

Terraço: é uma topografia que apareceu sob a superfície da água devido ao movimento tectônico, mudanças na superfície da água (onde antes ficava de baixo da água), deformação de sedimentos em planos em planícies de fundo de vales, planícies inundadas e fundo de lagos/talvegues, São topografias com facilidade de ocorrência de rupturas e erosões.

Vulnerabilidade:

Zona da Fratura: rochas que sofreram esmagamento devido a movimentos do terreno que apresentam distribuição de detritos em forma argilosa ou conglomerados. Uma fratura que abrange grandes áreas sofre rupturas facilmente.

## **CAAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS E DE RUPTURAS EM ENCOSTAS NO BRASIL**

### **2.1 Relevo**

Com uma área de 8,514,215km<sup>2</sup>, o Brasil ocupa aproximadamente metade do território sul americano. Esta extensa área pode ser dividida em 3 tipos predominantes de relevos: área montanhosa ao leste, área de planalto na parte central e área de planícies do rio Amazonas ao norte. A área montanhosa ao leste atinge elevações de aproximadamente 2.000 m e tem relevo relativamente acidentado, sendo que a parte central tem elevação média de 1.000 m. A bacia do Amazonas ocupa cerca de 40% do território brasileiro e corresponde a áreas com elevação média menor que 200 m.

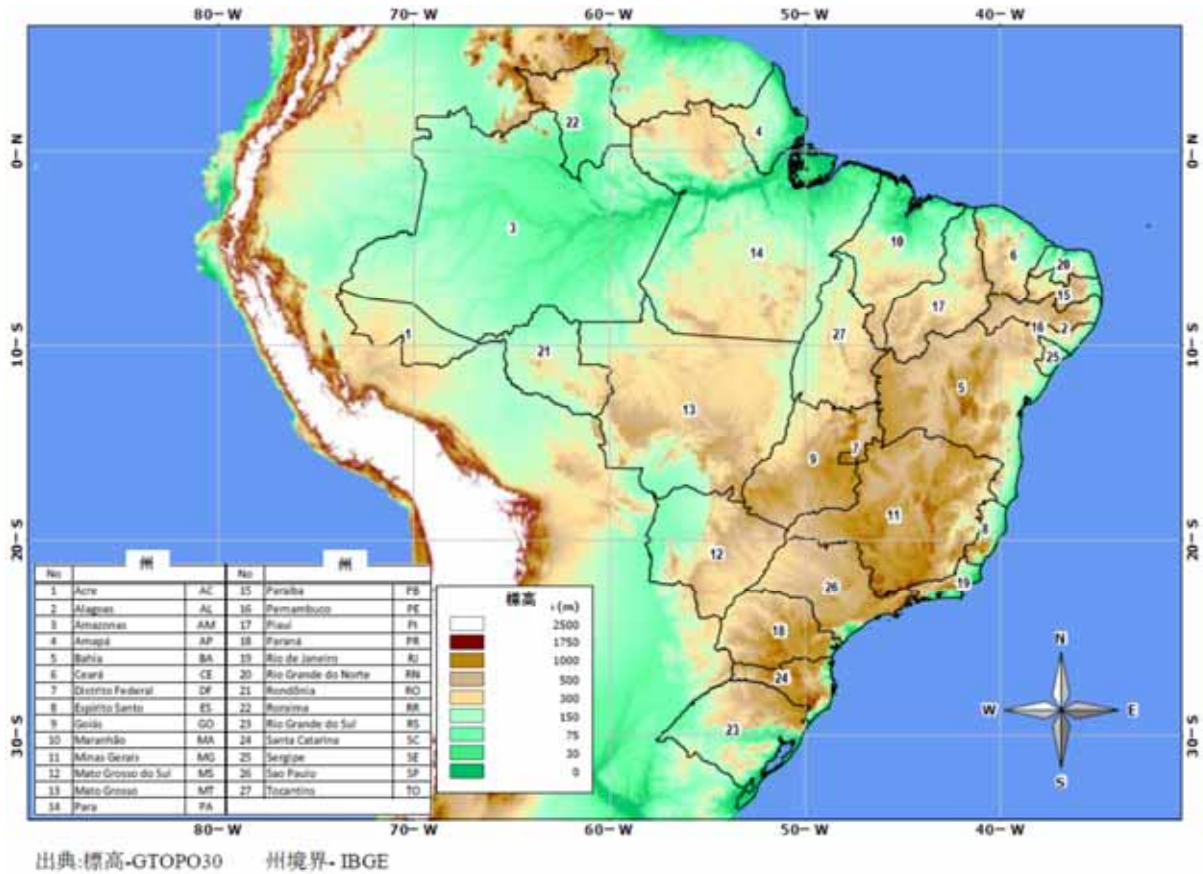
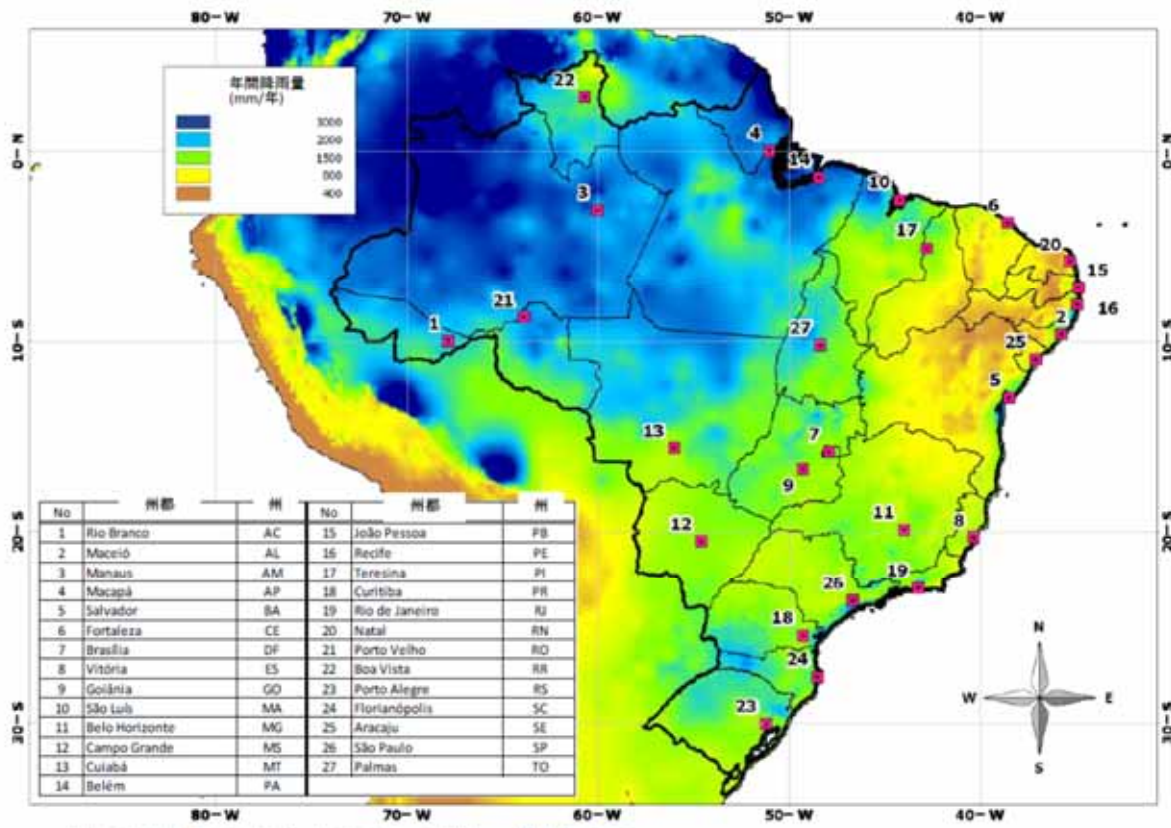


Figura2. 1 Relevo do Brasil (1)

## 2.2 Clima

Cerca de 90% do território brasileiro apresenta clima tropical, sendo a região sul caracterizada pelo clima temperado. A média anual de precipitação está entre 1000 a 1500 mm, ocorrendo variações regionais. A região Amazônica tem precipitação entre 2000 a 3000 mm, sendo que o planalto central e área montanhosa do litoral atlântico apresentam precipitações de 1500 a 2000 mm anuais. O nordeste brasileiro, a partir do norte do estado de Minas Gerais, apresenta precipitações entre 500 a 800 mm anuais, sendo a região mais seca do país. Já a região amazônica e região montanhosa do litoral atlântico apresentam precipitações anuais maiores que 2000 mm com uma divisão clara entre período chuvoso, de janeiro a julho e seco, de agosto a dezembro.



出典: 年降水量-Worldclim (1950-2000 の平均)、州境界-IBGE

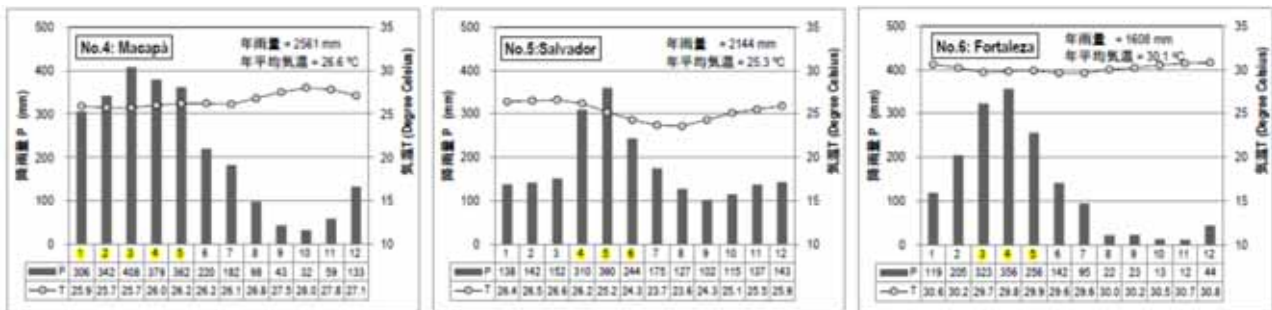


Figura 2.2 Precipitação no Brasil (2)

### 2.3 Geologia

A estrutura geológica brasileira assemelha-se ao do oeste e centro africano. Trata-se de uma estrutura geológica antiga com mais de 3,5 bilhões de anos e que mineralogicamente pode ser dividida em embasamento cristalino e bacia sedimentar (figura 2.3). A bacia sedimentar encontrada no litoral atlântico é uma estrutura nova que teoricamente pode ser ainda subdividida em 3 tipos.



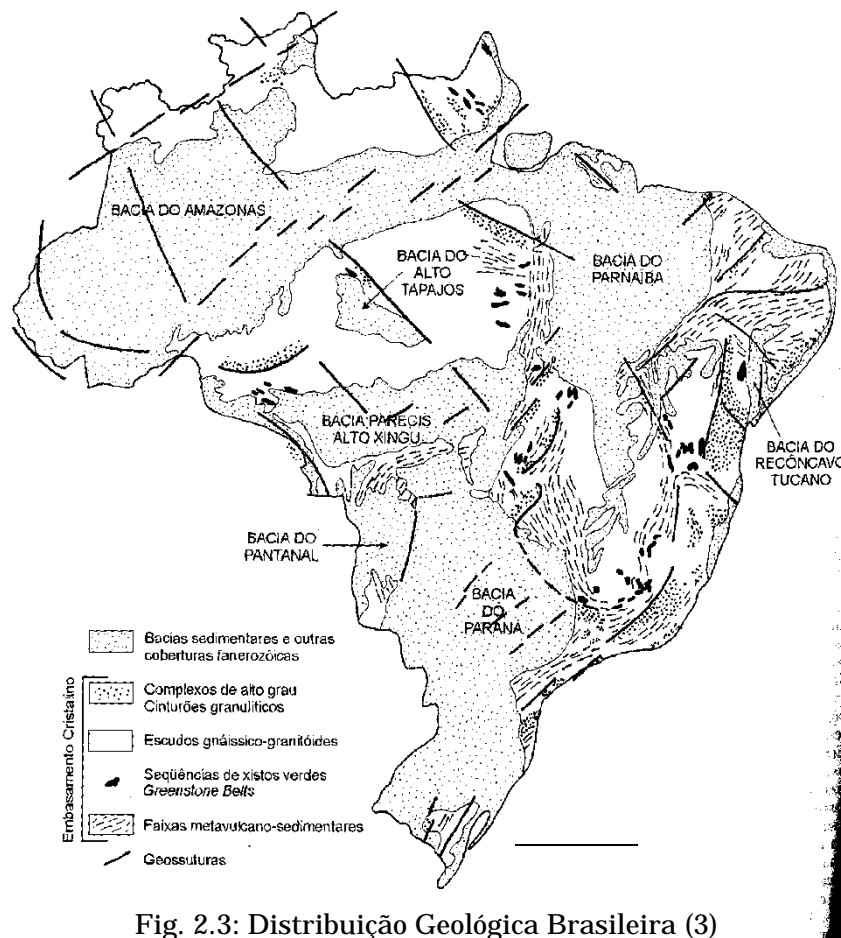


Fig. 2.3: Distribuição Geológica Brasileira (3)

### (1) Embasamento Cristalino

Movimentos da crosta terrestre pré-cambriana de dobras e alterações térmicas acarretaram nas rochas uma recristalização de rochas ígneas. O grau de alteração subdividiu ainda mais geologicamente as rochas existentes em xistos, gnaisses, quartzos, anfíbolitos, gnaiss-granitóides e granitos. Os granitos e rochas ígneas, com grau de alterações menores, formaram maciços grandes estáveis. Mas as rochas metamórficas, que possuem alto grau de alteração, são instáveis possuindo pequenas fissuras. As rochas afloradas foram intemperizadas ao longo dos anos formando espessas camadas de rochas intemperizadas e solos residuais. Os solos residuais atingem espessuras de até 30 m. Onde não há ocorrência de rochas sedimentares afloram rochas basálticas.

### (2) Bacia Sedimentar

As rochas sedimentares formadas nas eras paleozóica e mesozoica distribuem-se em bacias fluviais de grande porte como bacia do Amazonas, do Paraíba e Paraná. Os tipos de rochas incluem as areníticas, siltitos, ardósias, argila xistósas, calcáreos, etc. Estas formam geologias frágeis que sofreram dobras e alterações por movimentos continentais e vulcânicos.

## 2.4 Geologia / Solos Superficiais

A rochas basálticas apresentadas na Figura 2.3 são cobertas por solos. Os solos de regiões montanhosas e continentais apresentadas na Figura 2.4 compõem-se de solos orgânicos, residuais, aluviões, coluviões e taludes. Os solos residuais foram formados por rochas intemperizadas. Os que apresentam resíduos de cristais são denominados solos sapróficos. Os que se tornaram argilas avermelhadas por alto grau de intemperização são denominados solos residuais lateríticos. Os aluviões são sedimentos carregados por vazantes. Os coluviões e taludes são sedimentos carregados por gravidade. Os taludes são formados por sedimentação de materiais carregados por gravidade como areia, cascalho, blocos de rochas acumulados em forma circular com declives de 30 a 40°. Os coluviões são formados por movimentos gravitacionais de solos contendo cascalhos que são sedimentados na base de encostas.

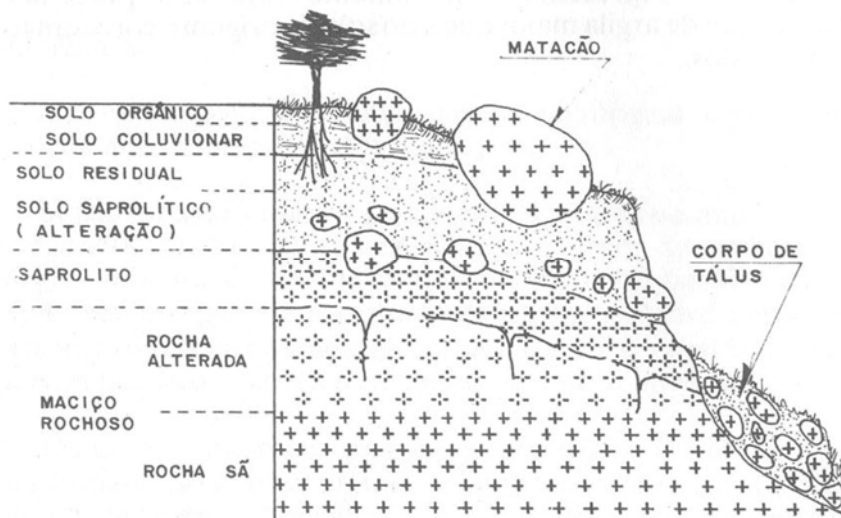


Fig. 2.4: Geologia / Solos Superficiais (4)

A geologia / solos superficiais do Brasil são caracterizados pela sua estrutura idônea e influência do clima tropical. A figura 2.5 apresenta um corte transversal da camada superficial do solo natural do Brasil. Os solos orgânicos compõem apenas uma fina camada de algumas dezenas de centímetros e os lateritos e rochas erodidas compõem uma espessa camada de até 30 m. As encostas possuem coluviões e taludes entre os solos orgânicos e residuais. Coluviões possuem espessuras médias de 1 a 2 m, mas atingem espessuras bem maiores em partes côncavas de encostas.

Observamos muitos casos de rupturas em solos orgânicos e coluviões no Brasil, apresentados a seguir, mas há casos de rupturas em solos residuais também.

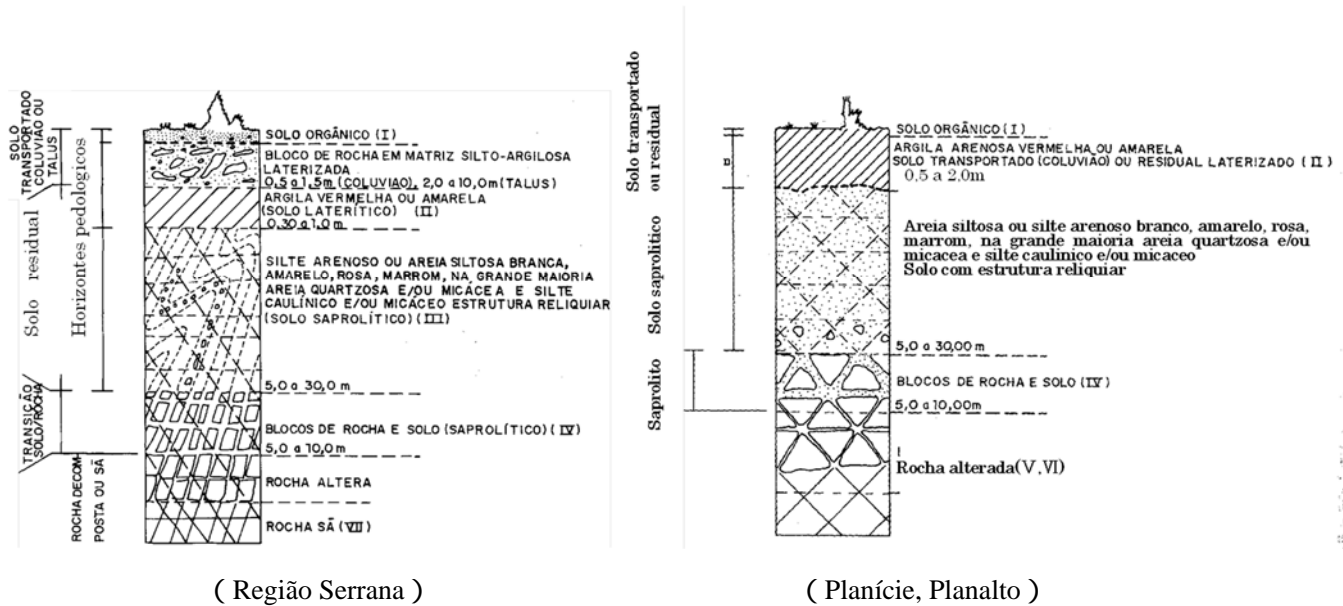


Fig.2.5: Cortes da Camada Superficial Característicos do Brasil (5)

## 2.5 Rupturas de Encostas no Brasil

### 2.5.1 Áreas com Desastres de Movimentos de Massa

Os desastres relacionados a rupturas de encostas no Brasil atingem com maior gravidade municípios localizados principalmente próximos a Serra do Mar nas regiões sul e sudeste e à Zona da Mata na região nordeste.

Os desastres relacionados a movimentos de massa ocorrem principalmente em municípios grandes e são mais frequentes nas seguintes condições:

- (1) Encostas íngremes em altitudes de até 2.000m;
- (2) Regiões com alto índice de precipitação entre 1.500 a 2.000 mm, concentrado em 3 a 4 meses do ano, no período chuvoso;
- (3) Ocorrem em rochas cristalinas geologicamente velhas e fragilizadas devido a dobras causadas por movimentos continentais e vulcânicos, receberam prolongados intemperismos.

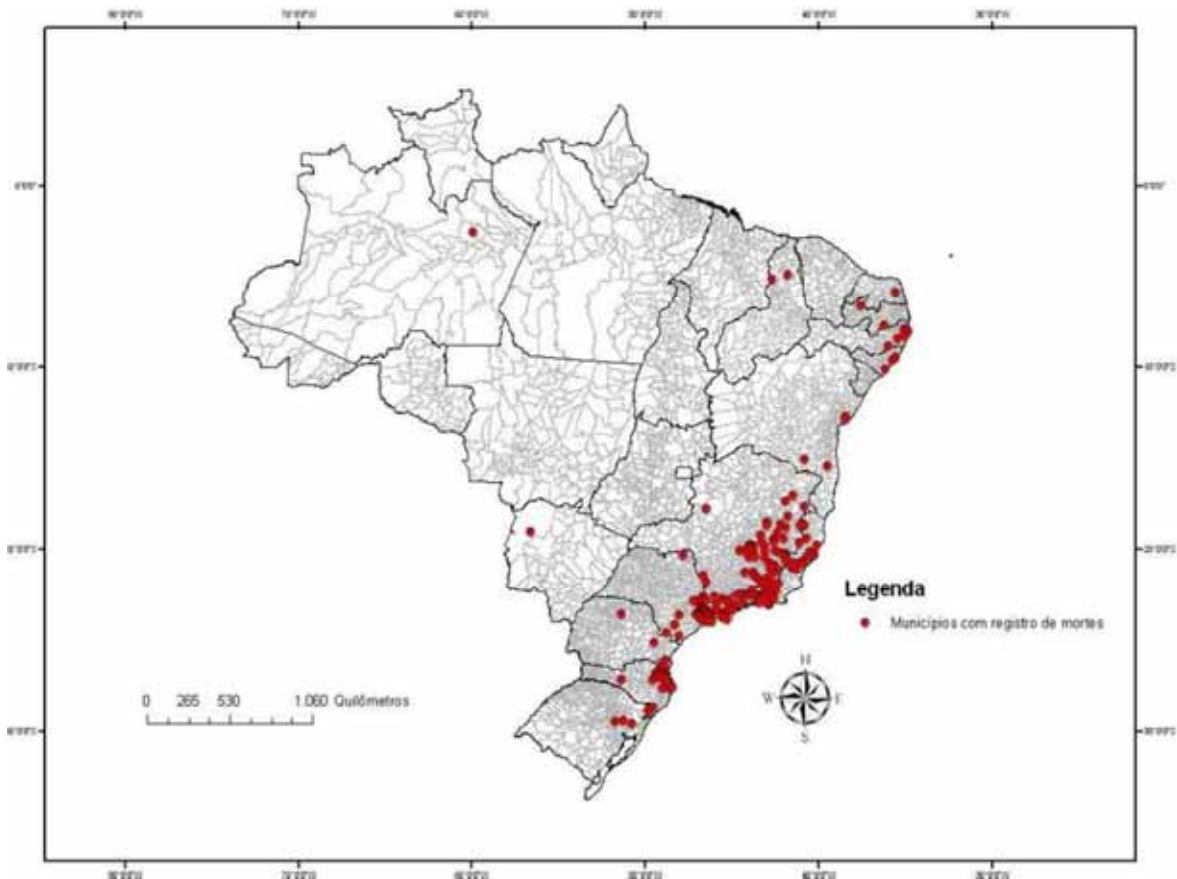


Fig. 2.6: Distribuição dos Municípios onde Foram Registrados Casos de Mortes devido a Movimento de Massa (1988 a 2013) (6) – atualizar – 2016

### 2.5.2 Estudos de Movimento de Massa

Há poucos estudos referentes a movimento de massa no Brasil, entretanto, ao longo do Projeto GIDES foram realizados estudos detalhados de 166 ocorrências de movimentos gravitacionais de massa. Estes estudos contemplaram 8 municípios no litoral atlântico onde se concentram grande parte dos casos de desastres relacionados a movimentos de massa. Os tipos de desastres estudados incluem ruptura de encostas, quedas de blocos, deslizamentos e fluxo de detritos. De acordo com este estudo, a grande maioria das ocorrências estão relacionadas à ruptura de encostas, atingindo o número de 120 ocorrências. A tabela a seguir apresenta os resultados resumidos para referência.

*Tabela 2.1 Quantidade de Observações de Desastres relacionados a Movimento de Massa (7)*

<b>Tipos de Desastres</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Ruptura de Encostas	129	78
Deslizamento	13	8
Fluxo de Detritos	14	8
Queda de Blocos	10	6
<b>Total</b>	<b>166</b>	<b>100</b>

### 2.5.3 Ruptura de Encostas

Para melhor caracterizar os desastres relacionados a movimentos de massa, apresenta-se a seguir, resultados compilados do relatório desenvolvido no âmbito do projeto GIDES:

#### (1) Escala das Rupturas em Encostas

Foram encontradas as seguintes tendências sobre a escala (largura, comprimento, altura e profundidade) das rupturas em encostas de 129 locais:

- Há um aumento grande do número de casos de rupturas em encostas a partir de alturas acima de 5 m. 70% dos casos concentram-se em alturas entre 5 a 25 m. (Fig. 2.7);
- Há um grande aumento dos casos de rupturas em encostas em encostas com declives acima de 30°. 75% dos casos concentram-se em declives entre 30 a 50° (Fig. 2.7);
- As profundidades das rupturas são rasas. 60% estão abaixo de 3 m, e 80% concentram-se abaixo de 6 m (Fig. 2.7). Esta quantidade de rupturas concentra-se em solos orgânicos, taludes e coluviões apresentados na Fig. 2.5. Pode-se considerar que são poucos as rupturas de solos residuais da camada inferior;
- Larguras menores que 30 m das rupturas em encostas representam 60% do total. 80% possuem larguras menores que 70 m (Fig. 2.7);
- As larguras de ruptura (W1) e de sedimentação dos detritos (W2) são quase iguais. 80% da relação W2/W1 estão entre 1,00 a 1,20 (Fig. 2.7);
- 60% dos volumes de detritos das rupturas são menores que 500 m<sup>3</sup>. Mas, há casos com volumes maiores chegando a atingir 900 mil m<sup>3</sup> (Nova Friburgo).

#### (2) Material de Composição das Rupturas

93% da composição dos materiais movimentados nas rupturas são coluviões, taludes e solos orgânicos, como apresentado na Fig. 2.8.

#### (3) Causas das Rupturas em Encostas

As principais causas da ocorrência de desastres de movimento de massa são devido a condições naturais de relevo, geologia e clima. Mas, os resultados dos estudos indicam que ocorrem causas acarretados pelo homem. 10% das rupturas ocorrem em encostas naturais, e 90% em locais onde há utilização da terra com habitações, estradas, etc. Assim, pode-se considerar que há influência humana na ocorrência destes eventos.

Realmente, 77 (60%) dos 129 locais onde ocorreram rupturas foram causadas pela infiltração de água de drenos de estradas e habitações. Isto indica a grande ocorrência de locais onde as Medidas Estruturais de tratamento da drenagem são eficazes para a prevenção contra a ocorrência de rupturas.

#### (4) Área de Abrangência dos Desastres de Ruptura em Encostas

Os casos de mortes e destruição de habitações devido a rupturas em encostas não se limitam a pessoas e habitações na encosta, mas atingem também os situados abaixo da encosta como apresentado na Fig. 2.10. Como a experiência demonstra, os detritos das rupturas atingem locais situados além da parte inferior das encostas. Como os resultados de análises da Fig. 2.11 apresentam, a distância atingida ( $L_4$ ) chega a atingir 4 vezes mais a altura ( $H_1$ ). Mas se considerarmos a relação  $L_4/H_1$ , nota-se que a distância atingida é pequena em muitos casos.

$L_4/H_1 < 1.0$ : 54%

$L_4/H_1 < 2.0$ : 74%

$L_4/H_1 < 3.0$ : 85%

#### **2.5.4 Características das Rupturas nas Encostas do Brasil**

Os resultados dos estudos de rupturas nas encostas de 129 locais do Brasil realizadas no projeto GIDES são apresentadas nas Figuras de 2.7 a 2.12. Essas características das rupturas nas encostas demonstram uma semelhança nas tendências destes com as dos resultados de 19.035 locais estudados no Japão entre 1947 a 2007. As tendências do material de composição, ângulo, profundidade, altura e largura das rupturas em encostas são semelhantes. O único item em que a tendência diverge é o da área de abrangência dos detritos das rupturas apresentada na Fig. 2.11. A área de abrangência no Brasil tem a tendência de ser maior do que a do Japão, como apresentada na Fig. 2.12.

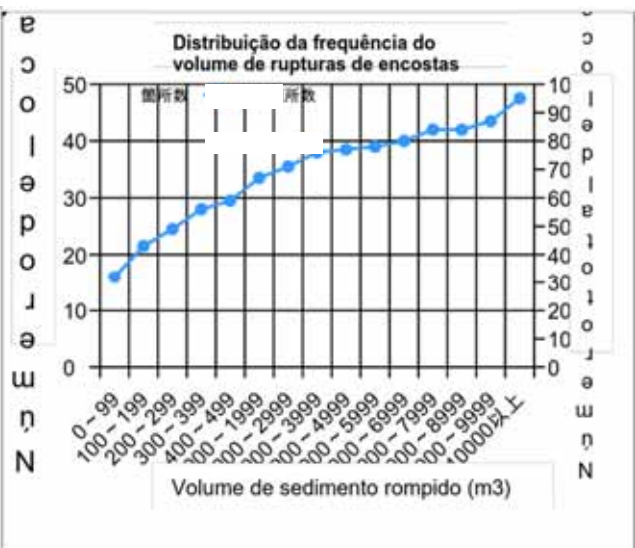
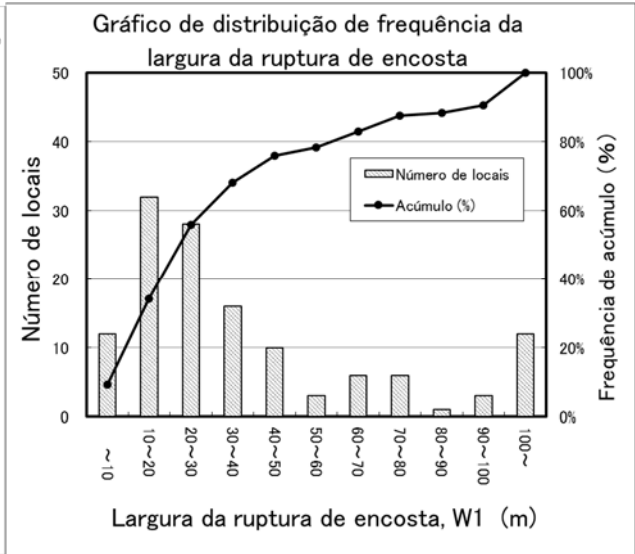
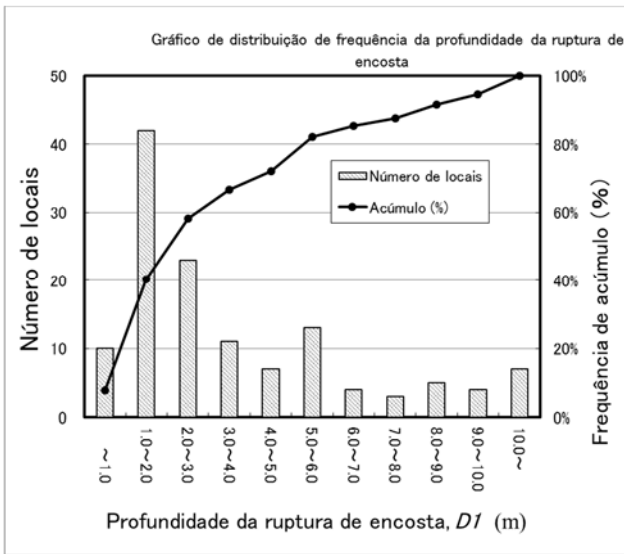
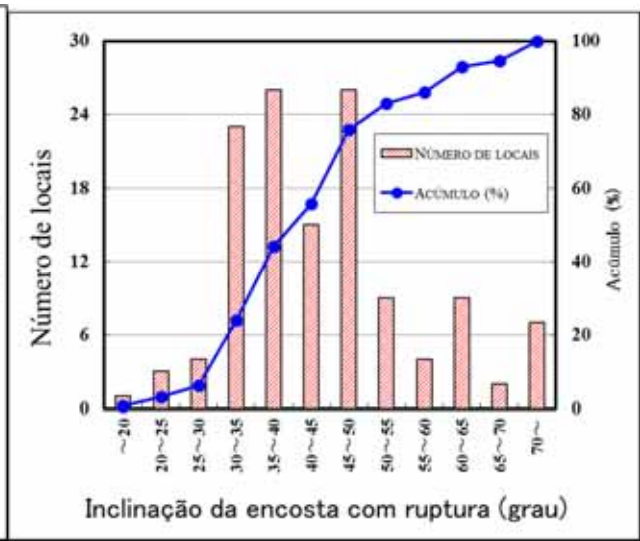
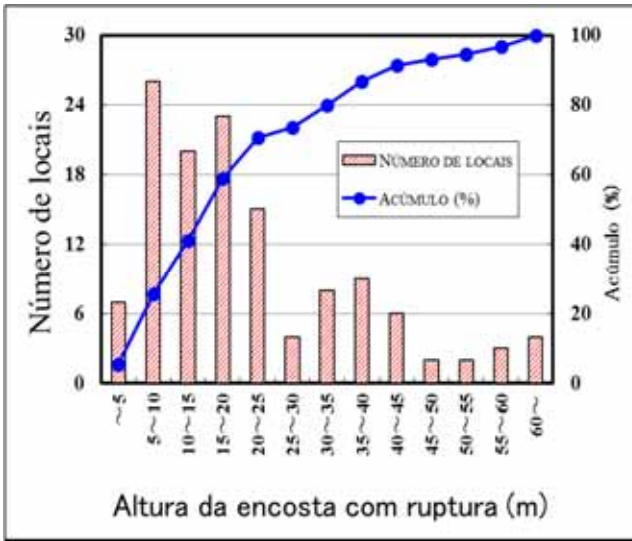


Gráfico - 2.7 Escala das rupturas de encosta (8)

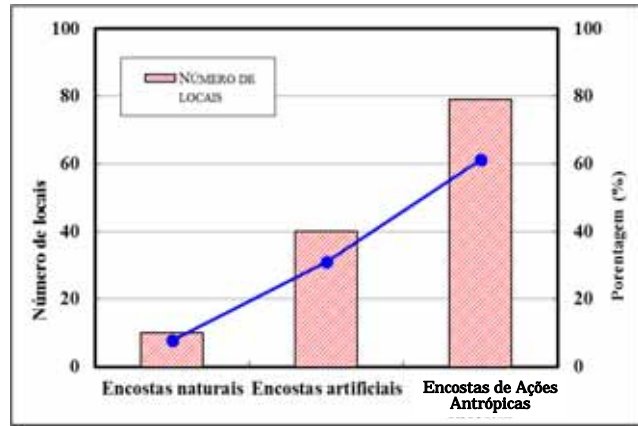
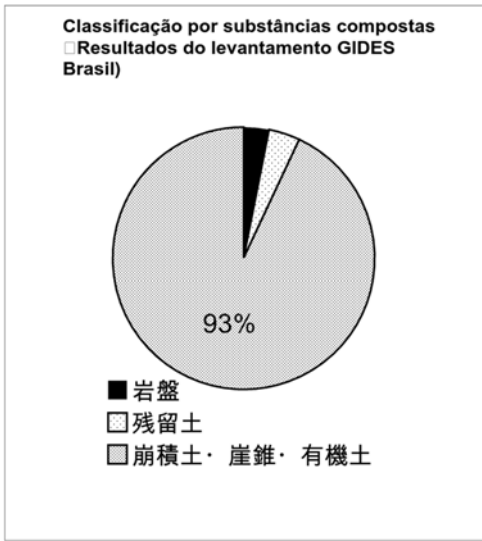


Gráfico - 2.8 Material de composição do sedimento da ruptura de encosta (9)

Gráfico - 2.9 Situação do uso do solo em encostas com ruptura (10)

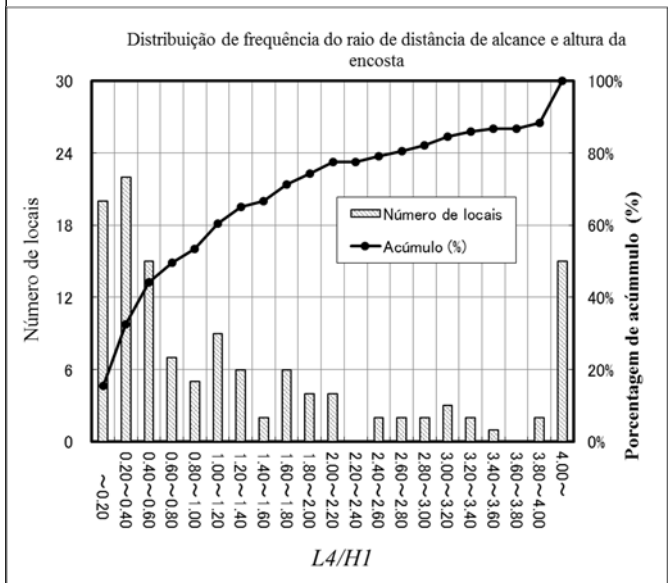
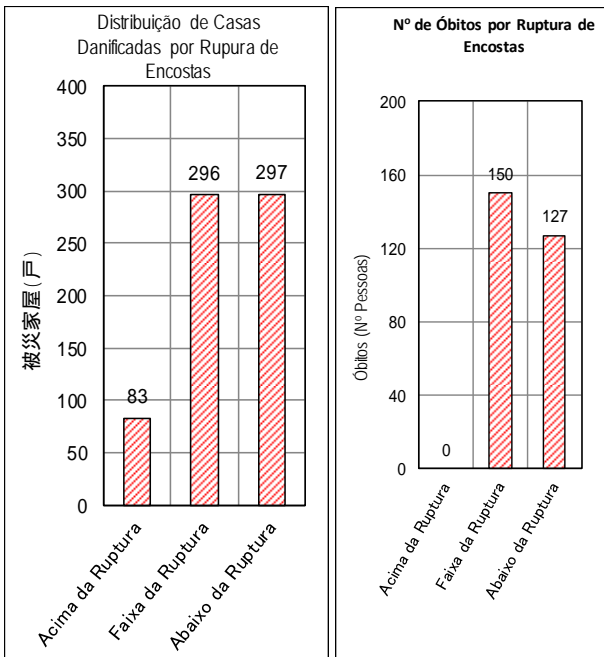


Gráfico - 2.10 Distribuição dos desastres de ruptura de encosta (11)

Gráfico - 2.11 Área de alcance dos sedimentos de ruptura de encosta (12)

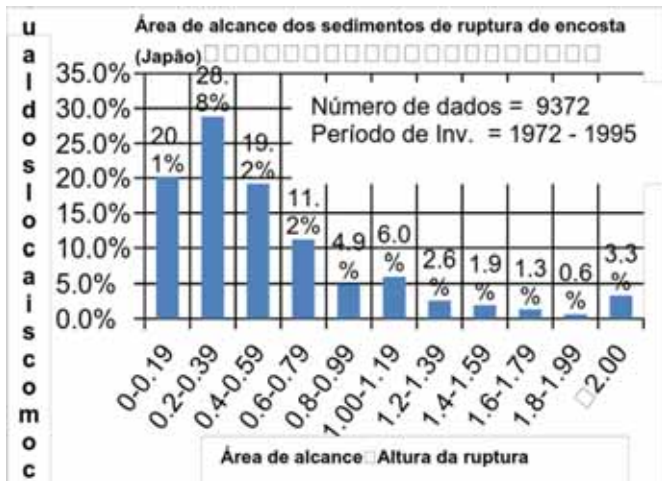


Gráfico-2.12 Área de alcance dos sedimentos de ruptura de encosta (Japão) (13)



## CAPÍTULO 3 – SELEÇÃO DA ÁREA DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS DE RUPTURAS EM ENCOSTAS

### 3.1 Seleção das Áreas Alvo de acordo com o Mapa de Riscos

As zonas alvo para a elaboração de projetos para obras contra as rupturas de encostas correspondem, a princípio, às zonas classificadas como P4, de risco “muito alto”, selecionadas em eventual mapeamento de riscos. De acordo com o gráfico 3.1, as zonas P3 e P4 do mapa de riscos contemplam áreas com encostas com a inclinação maior que 25° (todas as encostas íngremes, incluindo taludes artificiais), altura de maior que 5 m, podendo ser identificadas, em levantamento de campo, evidências de movimentação de massa tais como rachaduras no solo, trincas em edificações, inclinação de postes, árvores e elementos verticais, muros embarrigados, solapamento de margens de córregos e trincas em eventuais maciços rochosos.

- Gradiente: Ângulo formado entre a linha do pé do talude artificial e o ponto de variação da inclinação natural;

- Altura: Altura onde se estima a ocorrência de ruptura. A extremidade superior da altura deve ser medida a partir do trecho com inclinação maior que 20°, mas deverá ser estimada levando em consideração, a partir do levantamento de campo, a topografia, geologia, geotecnia e rupturas/vestígios de rupturas observados nos levantamentos de campo.

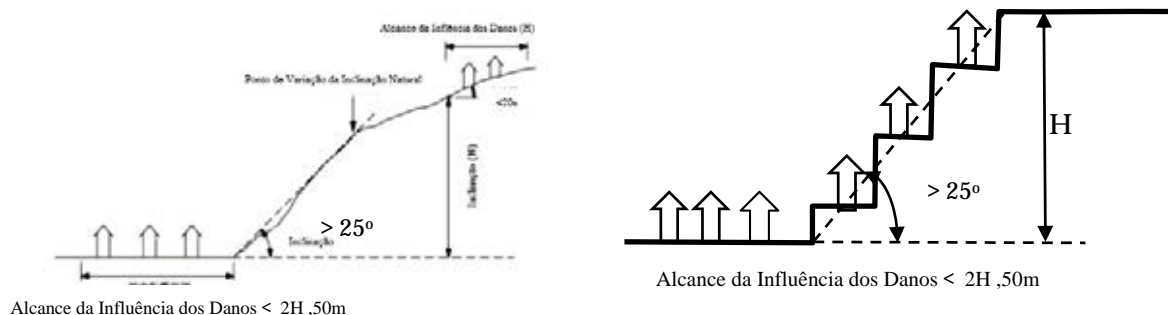


Fig. 3.1: Condições Topográficas Extraídas de Locais com Perigo de Ruptura em Encostas (Declividade / Altura)

As condições de perigo de ruptura das encostas apresentadas no mapeamento de riscos foram identificadas a partir de informações de ocorrências de rupturas em encostas com altura maior que 5m e com mais de 30° de inclinação.

Para regiões que ainda não dispõem de mapeamento de riscos, as zonas alvo para a execução de obras contra a ruptura de encostas, as zonas alvo poderão ser definidas a partir de mapas de suscetibilidade, cartas geotécnicas ou outros documentos técnicos de avaliação de segurança a desastres relacionados a movimentos de massa.

### 3.2 Zonas Alvo de Projetos de Medidas Estruturais de Rupturas em Encostas na Restauração de Desastres

As zonas alvo de projetos para restauração de locais atingidos por desastres de rupturas em encostas correspondem às áreas onde efetivamente ocorreram as rupturas. As obras de restauração devem ter por objetivo o reestabelecimento das condições topográficas do local antes da ruptura, sendo que devem incluir áreas adjacentes quando identificadas topografia e/ou geologia semelhante, com perigo de novas rupturas.



Fig.3.2: Estabelecimento do Aumento da zona de Restauração de Desastres em zonas de Rupturas em Encosta

### 3.3 Verificação por Levantamento de Campo e Delimitação da Zona Alvo

As curvas de níveis em mapas topográficos de escalas 1:25.000 e 1:10.000 são representadas, mais frequentemente, em intervalos de 5 e 2m respectivamente, os quais não possuem precisão suficiente para a identificação da inclinação e da altura de encosta, especialmente quando se trata de alterações artificiais na encosta. Dessa maneira, é importante que a confirmação das áreas de perigo tenha como base informações coletadas a partir de levantamentos de campo e levantamentos topográficos.

## CAPÍTULO 4 – LEVANTAMENTO PARA O PLANEJAMENTO DE OBRAS

### 4.1 Objetivos do Levantamento

Os trabalhos de levantamento têm por objetivo a coleta de informações necessárias para verificação do perigo de ruptura, para a estimativa de fatores de ruptura, da forma e escala da ruptura, bem como para subsidiar a elaboração de projetos e a execução de obras contra a ruptura das encostas. Nesse sentido, são necessários, no mínimo, levantamentos relativos a:

- a) Volume de Precipitação;
- b) Rotas de escoamento de Águas Superficiais;
- c) Topografia;
- d) Geologia / Geotecnia;
- e) Antecedentes de Rupturas;
- f) Alvo de Conservação;
- g) Vegetação.

### 4.2 Método de Levantamento e Precisão do Levantamento Padrão

Inicialmente, é necessária a definição do método padrão de levantamento, que deverá ser orientado a partir da Tabela 4.1, com a identificação de informações básicas resumidas da encosta ou alvo do levantamento, levando em conta aspectos quanto às dimensões da encosta, a complexidade dos estratos, a dificuldade da estimativa de

rupturas, etc.

Os levantamentos deverão contemplar a coleta, verificação e compilação de documentos sobre as áreas alvo, investigações detalhadas em campo, bem como levantamentos com uso de equipamentos, quando necessário.

Tab.4.1: Modo de Utilização dos Métodos de Levantamento Padrão

<b>Grau de Dificuldade do Levant.</b>	<b>Resumo da Encosta Alvo do Levantamento</b>	<b>Método Padrão do Levantamento</b>
Fácil	1 Encosta pequena e baixa declividade	Avaliação visual do local
	2 Simplicidade da estrutura das camadas permite avaliação da geologia superficial.	
	3 Escala estimada de ruptura muito pequena	
	4 Sem histórico de rupturas	
	5 Não há desestabilização da encosta em eventual procedimento de obras	
Mediano	1 Encosta baixa, mas com declividade acentuada ou encosta alta com pouca declividade.	Levantamento visual detalhado; Teste de penetração simples ou Ensaio de penetração estática com 2 a 3 linhas transversais.
	2 Camadas de solo com estrutura um pouco complexo, mas que exigem identificação com levantamentos geotécnicos da superfície	
	3 Escala estimada de ruptura pequena	
	4 Histórico de rupturas de pequena escala	
	5 Possível desestabilidade da encosta em eventual procedimento de obras	
Difícil	1 Encosta alta com declividade	Levantamento visual detalhado Sondagem: mais que 2 a 3 pontos Ensaio de penetração dinâmica. Ensaio de penetração estática, Sondagem tipo suíça (Swedish weight sounding): várias linhas transversais Prospecção sísmica (seismic prospecting), Ensaio geotécnico
	2 Camadas de solo com estrutura complexa, difíceis de serem identificadas com sondagens simples	
	3 Escala estimada de ruptura grande	
	4 Antecedentes frequentes de rupturas com ocorrência de deformações da encosta	
	5 Possibilidade de desestabilidade das em eventual procedimento de obras	

### 4.3 Coleta e Compilação de Documentos

As iniciativas preliminares para os levantamentos correspondem a atividades como coleta de bibliografias, relatórios de levantamentos anteriores, histórico de desastres na região, resultados de mapeamento de risco, entre outros, que contenham informações sobre topografia, geologia, clima, vegetação, uso da terra bem como do alvo de conservação.

A topografia, geologia, clima e a vegetação da região onde se encontra a encosta são informações básicas para as investigações detalhadas em campo das encostas em questão. A quantidade, o uso, o local e o padrão das edificações privadas e das instalações públicas serão organizadas em relação ao objeto de conservação. As informações sobre as zonas já danificadas por eventuais rupturas, o nível do dano, a forma, largura, altura e

profundidade de ruptura, o volume de precipitação registrado bem como o volume de material deslizado, serão organizadas em relatório específico de histórico de desastres.

#### **4.4 Levantamento Detalhado em Campo**

A definição da área e do(s) tipo(s) da obra de estabilização dependerá ainda de levantamentos, em campo, de rotas de drenagem superficiais, detalhamento de informações sobre topografia, geologia, geotecnia, dos fatores ambientais que favorecem as rupturas, do histórico de rupturas, objeto de conservação e vegetação, realizando-se o reconhecimento do grau de perigo das rupturas, estimativa dos fatores/estrutura de ruptura e suposição dos danos com relação à zona de perigo.

Para os levantamentos detalhados de campo são recomendados instrumentos de tais como:

- Trena;
- Nível manual;
- Câmera fotográfica;
- Clinômetro ou inclinômetro;
- Prancheta para anotações.

##### **4.4.1 Levantamento de rotas drenagem superficiais**

É importante lembrar que a infiltração da água da chuva nas encostas é, em muitos casos, o principal fator que provoca rupturas em encostas instáveis.

A água superficial infiltra-se no declive erodindo a superfície e reduzindo sua força de torção e peso, facilitando processos de rupturas. Assim, é fundamental para a definição das soluções de obras necessárias, conhecer e organizar informações sobre a área de concentração de água na parte superior da encosta, o traçado das rotas de drenagem, a localização dos drenos das habitações, bem como a estimativa de vazão e velocidade de escoamento da água superficial. Deve-se, portanto, incluir tais informações nos croquis elaborados para representar a(s) encosta(s).

A água infiltrada na superfície causa variações no nível do lençol freático, levando a uma redução da força de torção, ao aumento de peso do solo e a um aumento da pressão dos poros, facilitando processos de rupturas. Locais com elevada variação do nível do lençol freático apresentam maior tendência a rupturas. Assim, é de fundamental importância estudar a variação do nível do lençol freático, comparando-se as medidas em tempos normais e com chuva.

O primeiro passo para o levantamento do nível do lençol freático é a identificação são as nascentes. Pode-se conhecer o nível do lençol freático interligando pontos de várias nascentes.

O “trado” é um equipamento que pode ser útil e eficaz tanto para verificar o nível do lençol freático quanto para localizar a camada impermeável que o limita. Entretanto, somente é possível utilizar o “trado manual” quando o nível do lençol se encontra a poucos metros de profundidade. Nesse caso, é possível realizar o

levantamento utilizando apenas a força humana. No entanto, não se recomenda sua utilização em solos com matacões, solos muito frágeis ou areias em estado de saturação.

#### **4.4.2 Levantamento topográfico**

Além da drenagem e do nível do lençol freático, deverão ser levantados outros fatores que influenciam a ocorrência de rupturas, tais como a inclinação, a altura e a forma da encosta, a existência de ângulo negativo, ondulações, características das curvas de nível, etc.

O levantamento topográfico deve contemplar não apenas a área da encosta, mas também o seu entorno, observando-se aspectos que estão relacionadas diretamente com rupturas, tais como corpos de tálus, penhascos, terraços, etc. Os resultados dos levantamentos topográficos deverão ser incluídos nos croquis dos perfis transversais e planos elaborados para representar a(s) encosta(s).

#### **4.4.3 Levantamento Geológico e Geotécnico**

De acordo com os resultados do estudo de rupturas apresentados na Fig. 2.8, 93% dos casos de rupturas em encostas ocorrem em solos orgânicos, em taludes e coluviões.

Nesse sentido é necessário entender a distribuição e das camadas e a espessura dos sedimentos de solos orgânicos, taludes e coluviões, onde há facilidade de ocorrência de rupturas em encostas. Além disso também devem ser estudados o grau de compactação e a composição dos materiais que compõem tais camadas, o declive da superfície limite com a base, a ocorrência de afluxo de água subterrânea pela superfície limite no período de chuvas e a existência de púmices.

As rupturas em rochas representam somente 3%, mas normalmente as placas de imersão de encostas em rochas sedimentares possuem tendências a serem frágeis a rupturas necessitando-se assim, realizar medições de movimentações e de declividades para se identificar as placas de imersão e de recepção.

Fraturas na parte superior de encostas são sinais de ruptura maiores e devem ser medidas na sua largura e comprimento. Considerando ainda que as rupturas ocorrem normalmente em divisas de camada ou estrato, é necessário identificar as divisas quando ocorrer mais de um tipo de camada de solo.

Os resultados de tais levantamentos deverão também ser incluídos nos croquis dos perfis transversais e planos elaborados para representar a(s) encosta(s)

#### **4.4.4 Antecedentes de Rupturas do Local Objeto e encostas Adjacentes (Localização / Escala / Idade etc.)**

As rupturas em uma determinada região ocorrem muitas vezes em divisas de estratos semelhantes. Assim, no caso de registros e/ou histórico de rupturas na região, é muito importante que o estrato da face desta ruptura seja identificado, uma vez que é possível supor que outras rupturas possam ocorrer em divisas do mesmo estrato na encosta estudada.

#### **4.4.5 Levantamento da Vegetação (Espécie, Idade, Vestígios de Desmatamento, etc.)**

É possível também levantar informações sobre ocorrência de rupturas de encosta através da observação do tipo de vegetação e das condições de seu crescimento. A zona herbácea misturada nas encostas onde ocorrem crescimento de árvores, distribuição e período de desmatamentos e distribuição de árvores curvadas será

investigada como coleta de informações relacionadas a rupturas.

Algumas informações devem ser levadas em conta quando do levantamento da vegetação que compõe a encosta:

(1) Uma encosta apresenta alta probabilidade de instabilidade e/ou de antecedentes de rupturas onde predomina vegetação herbácea, mesmo ocorrendo crescimento de árvores jovens ao seu redor;

(2) Os restos de desmatamento de árvores que começam a se deteriorar tornam-se espaços vazios dentro do solo em alguns anos criando condições de perigo para rupturas;

(3) Curvaturas apresentadas por árvores são possíveis resultados de deformações de camada de solo.

#### **4.4.6 Levantamento dos Alvos de Conservação**

Com relação aos alvos de conservação, ou aos elementos a serem preservados, 2 tipos de levantamento devem ser considerados.

O primeiro deve se concentrar no tipo e na quantidade de edificações, construções, infraestruturas e instalações públicas que podem sofrer danos pela eventual ruptura de determinada encosta. A identificação destes elementos deve ser feita de maneira a separar aqueles que estão localizados na parte superior da encosta, na parte inferior e também aqueles que estão sobre a encosta. Também devem ser medidas as distâncias entre a extremidade inferior a encosta e o elemento a ser preservado. As localizações de construções e instalações públicas deverão ser incluídas nos croquis elaborados para representar a(s) encosta(s)

O segundo levantamento deve estar concentrado nos fenômenos que antecedem as rupturas. A maioria das rupturas ocorre de maneira repentina, associadas à ocorrência de chuvas. Mas há casos em que é possível observar fenômenos típicos que antecedem as rupturas, tais como rachaduras em edificações e no pavimento das vias de acesso, inclinação de postes, árvores e elementos verticais, deslizamentos localizados de pequena escala, entre outros.

Tais fenômenos devem ser cuidadosamente observados e servirão como base para se estimar o grau de perigo e alcance das rupturas, especialmente em casos de rachaduras encontradas em construções localizadas nas partes medianas e superiores de encostas.

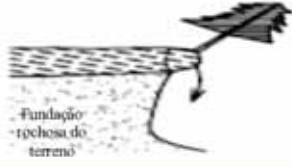


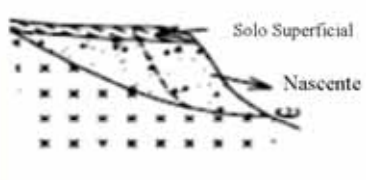
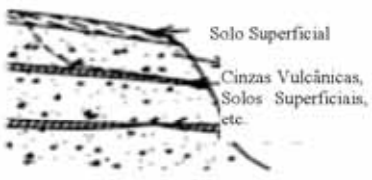
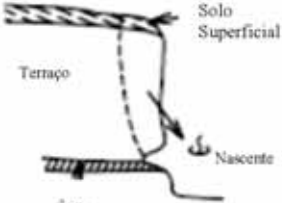

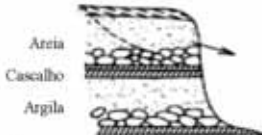

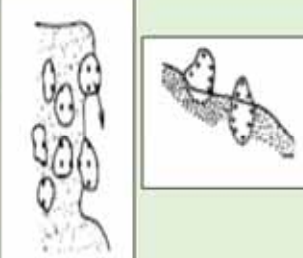

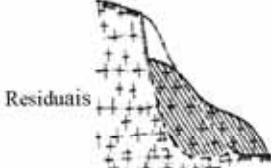
#### **4.4.7 Caracterização do Local e Formas de Rupturas**

As rupturas em encostas são determinadas principalmente pela topografia, geologia e geotecnia dos locais de ocorrência. Assim, paralelamente aos levantamentos indicados nos itens 4.4.1 a 4.4.6 devem ser realizadas estimativas sobre os locais e as formas das possíveis rupturas. As Tabelas 4.1(1) e (2) apresentam formas típicas de rupturas ocorridas no passado, as quais podem auxiliar na identificação de rupturas futuras.

Embora cada encosta apresente características individuais e particularidades, é possível utilizar as Tabelas 4.1 apresentadas abaixo, como referência para estimar as formas, a profundidades e a localização das superfícies (face de deslizamento) em relação às possíveis rupturas. Para tanto, deve ser identificada a situação com as condições e a descrição mais próxima àquela observada em campo, devendo também ser considerados os seguintes pontos:

- Inicialmente, deverá ser considerado o histórico geológico e geotécnico da formação da encosta atual, assim como eventuais ocorrências passadas no local ou nas proximidades;
- No caso de haver áreas com rupturas em áreas próximas ou ao redor, as formas das rupturas deverão ser investigadas detalhadamente;

Tab.4.1(1): Referência para Reconhecimento em Campo das Formas de Ruptura


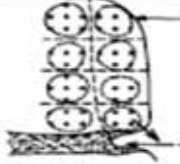
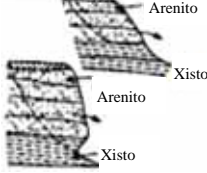
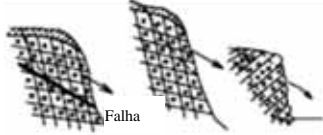
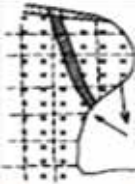



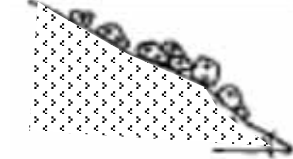
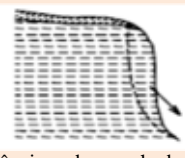
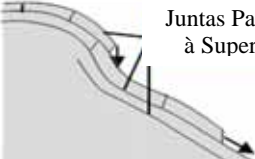
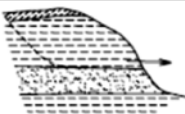
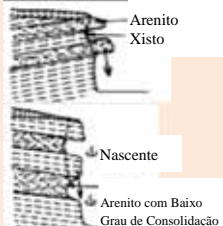
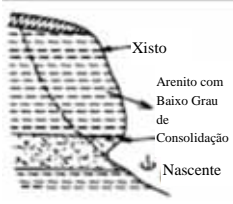
	Queda	Deslizamento		
1. Solo Superficial	1-(1) Queda do Solo Superficial	1-(2) Deslizamento do Solo Superficial		
	 <p>Fundação rochosa do terreno</p> <p>Ruptura do solo superficial devido ao ângulo negativo decorrente à erosão da camada inferior causada por fatores de erosão ou antropológicos. Normalmente de pequena escala.</p>	 <p>Fundação rochosa do terreno</p> <p>Deslizamento somente da superfície do solo onde a divisa está entre a superfície de deslize e a camada inferior. Casos de maior ocorrência em rupturas.</p>		
1. Colúvio	2-(1) Queda de Colúvio	2- (2) - a Queda de Colúvio na Divisa da Superfície	2 - (2) - b Queda de Colúvio na Superfície Descontínua	
	 <p>Solo Superficial</p> <p>Nascente</p> <p>As vezes, observados em partes finais dos deslizamentos. Existem poucos exemplos.</p>	 <p>Solo Superficial</p> <p>Nascente</p> <p>Deslize que ocorre na divisa entre o solo que se rompeu e a rocha ou parte intemperizada. Muitas vezes a camada inferior é composta de rocha sedimentar estratificada (folhelho, arenito, conglomerado, xisto, etc.). Normalmente a encosta desliza totalmente de uma só vez. Muitas vezes observam-se nascentes na parte inferior da encosta.</p>	 <p>Solo Superficial</p> <p>Cinzas Vulcânicas, Solos Superficiais, etc.</p> <p>Deslizamento na face descontínua de colúvios. Ocorrência de diferenças de granulometria, incorporação de solos orgânicos no processo de formação de colúvios, que deslizam tendo estes como divisa. No levantamento in loco, quando encontrar superfície descontínua (Camada entreposta) Tomar notas sobre nascente de água, coloração, granulometria destes.</p>	
	3-(1)-a Queda de Solos Depositados em Terraços na Camada Impermeável	3-(1)-b Desprendimento de Cascalhos Contidos nos Solos Depositados em Terraços	3-2 Deslizamento de Solos Depositados em Terraços no Aquífero	
3. Sedimentos em Terraços	 <p>Solo Superficial</p> <p>Terraço</p> <p>Nascente</p> <p>Silte</p> <p>Ocorrência em casos de nascentes ao redor de estratos de solo contendo silte.</p>	 <p>Queda de cascalhos remanescentes do processo erosivo de estratos sem cascalho.</p>	 <p>Areia</p> <p>Cascalho</p> <p>Argila</p> <p>Deslizamento decorrente da incapacidade de infiltrar as águas subterrâneas em aquíferos com estratos de cascalhos arredondados em colúvios, solos depositados em terraços e estratos com depósito de detritos. Topograficamente ocorrem com facilidade em partes côncavas que facilitam o acúmulo de água.</p>	
	4- (1)-a Granitos Arenizados Fortemente Intemperizados	4-(1)-b Conglomerado de Rochas Fortemente Intemperizadas, Tufo Calcáreo	4-(2)-a Deslizamento da Rocha Deteriorada Altamente Intemperizada	4-2-b Deslizamento Rotacional do Nível Residual Interno (14)
4. Rocha Altamente Intemperizada e Residuais	 <p>Granito Decomposto ou Argila Sulfútica de Águas Termais</p> <p>Escavação devido ao Fluxo de Água</p> <p>Observado em casos em que ocorre erosão devido ao fluxo de água na parte inferior da encosta.</p>	 <p>Queda de cascalho remanescente da intemperização ou erosão das partes que não são cascalhos.</p>	 <p>Granito Decomposto</p> <p>Granito com Baixo Grau de Intemperismo</p> <p>Granito Novo</p> <p>“Queda de Granito” decorrente do deslize do limite entre granitos arenizados fortemente e fracamente intemperizados. A espessura é menor que 2 m.</p>	 <p>Residuais</p> <p>Devido à infiltração de chuvas, os solos residuais espessos que se tornam argila, se transformam em estado de saturação reduzindo a resistência e resultando no deslizamento rotacional.</p>

< Colúvio>: Inclui Colúvio (colluvium) e Tálus (talus)

: Queda       Deslizamento



Tab. 4.1(2) Referência para Reconhecimento em Campo das Formas de Ruptura

5. Rocha Dura	5-(1)-a Queda de Rocha Dura em Forma de Bloco	5-(1)-b Queda da Rocha Dura de Estrato Estratificado (Camada Alternada)	5-(2)-a Deslizamento da Rocha Dura na Superfície de Estratificação	5-(2)-b Ruptura da Rocha Dura com Falhas ou Rachaduras
	 <p>Queda de blocos devido a rachaduras devido a chuvas, congelamento, etc. Fenômeno observado na maioria das rochas.</p>	 <p>Estrutura de estratos alternados onde o estrato inferior é fraco à erosão, restando apenas o estrato superior. Observado em aglomerados, conglomerados e folhelhos.</p>	 <p>Muito observado em estratos alternados da combinação de arenitos e folhelhos, devido a diferentes resistências e permeabilidade.</p>	 <p>Ocorrência de superfícies de deslize variadas devido à combinação da direção, densidade, condição de falhas, rachaduras (juntas, fraturas) que são os principais fatores.</p>
5. Rocha Dura	5-(1)-c Queda das Rochas Duras com Parte Inferior Fraca	5-(1)-d Pedras Duras Formadas em Disjunção Prismática	5-(2)-c Queda ou Deslizamento da Superfície de Estratificação da Placa de Imersão ou da Rocha Dura devido à Rachadura (15)	5-(2)-d Deslizamento Interno dos Cascalhos e Rochas Conglomeradas
	 <p>Ruptura que ocorre em estrato do mesmo tipo, com a parte inferior fraca a erosão, restando apenas a parte superior. Ocorre facilmente em falhas, principalmente na direção vertical.</p>	 <p>Ocorre em encostas com grandes ângulos começando pela esfoliação de juntas em forma de coluna. É denominado de basculamento. Ocorrem muito em topografias de margens de rio e praias.</p>	 <p>A rocha sedimentar escorrega ao longo do fluxo da base da superfície estratificada e os granitos arenizados através das fraturas. Caso o declive da encosta acentuada for maior ou igual a 60 ° acarreta quedas (ou quedas de blocos).</p>	 <p>Deslize que acompanha a divisa da parte cimentada de cascalhos conglomerado / aglomerado e rochas argilosa / calcárea.</p>
6. Rocha Mole	5-(1)-e Queda dos Eixos das Rochas Excluídos pela Intemperização	6-(1)-a Queda do Estrato Estratificado da Rocha Mole	5-(2)-e Deslizamento na Superfície de Granitos devido às Juntas Paralelas	6-(2)-a Superfície de Estratificação e Xisto
	 <p>Ocorre a queda pela erosão do nível residual ou outros motivos, excluindo os eixos das rochas dentro dos residuais ou nas rochas altamente intemperizada.</p>	 <p>Ocorrência de rachaduras superficiais paralelas à superfície seca (normalmente menor que 30 cm de profundidade) onde ocorre a queda.</p>	 <p>Devido à liberação do stress e do intemperismo, as juntas dos granitos se desenvolvem paralelamente à superfície, escorregando como se as rochas estivessem se soltando da superfície. A queda ocorre quando o ângulo da inclinação da superfície for 60 ° ou mais.</p>	 <p>As superfícies estratificadas de folhelhos do estrato do terciário são fáceis de serem intemperizadas resultando em deslizamentos. Ocorrem principalmente em estratos com alta permeabilidade na parte inferior de rochas arenosas.</p>
	6-(2)-b Estrato Estratificado de Arenito e Xisto			
	 <p>Queda do estrato mais resistente à erosão em estratos alternados.</p>			 <p>Ocorre devido à erosão com águas de nascentes em arenitos do terciário com baixa consolidação.</p>

 : Queda       : Deslizamento

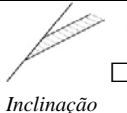
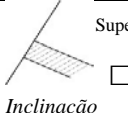
Tab.4.1(3): Referência para Reconhecimento em Campo das Formas de Ruptura

Tipo de Terreno	Formas de Ruptura
Solo Superficial	1 Aproximadamente 50% dos casos de rupturas em encostas ocorrem na superfície do solo. Existe alta possibilidade de rupturas em estratos superficiais com ocorrência de soltura e nascentes na divisa com o terreno natural (fundação).
	2 Ocorrência de rupturas tendo como extremidade superior fraturas na parte superior de encostas, pequenas depressões e/ou cavidades profundas.
	3 Possibilidade de ocorrência de deslizamentos e rupturas da superfície do solo quando se observa curvaturas em árvores e encostas.
	4 Possibilidade de ocorrência de rupturas na parte superior do declive, devido ao progresso da erosão em locais de encosta naturais, com topografia que favorece o acúmulo de água drenada da parte superior do declive, o qual infiltra-se no declive.
	5 Grande possibilidade de ocorrer rupturas após aproximadamente 10 anos do desmatamento total da área, quando ocorre a decomposição dos restos do desmatamento.
Colúvio, Terraço da Margem Fluvial	6 Possibilidade de rupturas na parte superior quando ocorre o estufamento da parte intermediária e inferior da encosta.
	7 Possibilidade de rupturas na divisa de estratos com silte e argila, que são pouco permeáveis, em colúvios com estrutura em camadas e solos depositados em terraços.
	8 Grande possibilidade de ocorrência de rupturas na parte superior de encostas tendo como extremidade superior o ponto de variação da inclinação.
Rochas Intemperizadas, Residuais.	9 Ocorrência de deslizamento do granito decomposto da superfície de encostas em granitos fortemente intemperizados, causados pelo escoamento e infiltração de águas superficiais. A ruptura tem como divisa as faces descontínuas onde ocorrem infiltração de água e intemperismo.
	10 Possibilidade de ocorrer quedas em casos em que a camada mais resistente remanesce depois da erosão de camadas alternadas de arenitos e folhelhos.
	11 Como a força de atrito da argila diminui devido ao aumento da taxa da umidade, os solos residuais uniformes de espessura geram a ação de ruptura no fator de segurança mínimo da parte circular da superfície de deslizamento.
Rocha Dura	12 Divisa de estratos, faces descontínuas de intemperismo, faces com diferentes permeabilidades, falhas geológicas, zona da fratura e faces da junta de rochas possuem grandes possibilidades de rupturas.
	13 Quando os estratos inferiores das camadas de cascalho e areia, situados nas encostas das disjunções prismáticas muito altas, apresentarem facilidade de se deformarem facilmente, as solturas das juntas aumentam, possibilitando assim, a ruptura bascular.
	14 Ocorrência de rupturas em casos onde ocorrem aberturas na junta do declive da rocha na placa de imersão das rochas sedimentares.
	15 No momento do arrefecimento do magma, ocorre a disjunção prismática nas rochas magmáticas. Portanto, caso as aberturas na junta aumentarem devido à liberação do stress ou pelo intemperismo, acarreta o basculamento, causando assim, as quedas dos blocos. Quando as rochas sedimentares ficarem perto da posição vertical acarretará também o basculamento.
	16 O intemperismo dos granitos avança de forma irregular e há casos dos blocos grandes serem excluídos. Nesse caso, os residuais são levados pela água e os blocos permanecem instáveis no talude. São esses blocos que tombam.
	17 Geração de fraturas paralelas à superfície em estruturas de esfoliação esferoidal (casca de cebola) nos granitos, devido à intemperização e alívio de pressão. Quando a abertura de fraturas se expandirem ocorre a queda de blocos grandes.
Comum a Todos os Solos	18 Grande possibilidade de queda indiferente do material de composição em encostas com topografia com ângulo negativo.
	19 Grande possibilidade de se tornar faces de rupturas em locais de nascentes indiferente do tipo de geologia acima e abaixo.

#### 4.4.8 Resumo do Levantamento de Campo

Os resultados dos levantamentos de campo deverão ser compilados sinteticamente não só para um item, mas para a totalidade dos itens, considerando o nível de perigo de rupturas, a estimativa dos fatores e as estruturas das possíveis rupturas. Para tanto, os resultados dos levantamentos de campo serão organizados em lista, tal como mostrado na Tabela 4.2.

Tab.4.2(1): Resumo do Levantamento de Encostas

Levantamento Detalhado de Encostas											
Nº do Local		Área da Encosta		<input type="checkbox"/> Natural	<input type="checkbox"/> Artificial	Nome do Local					
Localização											
(1) Topografia	Inclinação		_____ graus	Altura da Encosta		_____ m		Largura da Encosta		_____ m	
	Forma da Seção Transversal		<input type="checkbox"/> Relevo Ondulado				<input type="checkbox"/> Relevo Plano				
	Forma da Seção Longitudinal		<input type="checkbox"/> Com Ângulos Negativos		<input type="checkbox"/> Existência de Ondulações			<input type="checkbox"/> Deflexão			
(2) Água	Água Superficial		Área de Concentração		_____ ha		Caminho de Escoamento		<input type="checkbox"/> Com	<input type="checkbox"/> Sem	
	Água Subterrânea		<input type="checkbox"/> Nascente Permanente		<input type="checkbox"/> Nascente em Caso de Chuva		<input type="checkbox"/> Normalmente úmido		<input type="checkbox"/> Sem Nascente		
(3) Causas Geológicas / Geotécnicas	Suscetibilidade de a Quedas		<input type="checkbox"/> 1 . Ocorrência de Fendas, Rochas com Seixos / Púmice								
			<input type="checkbox"/> 2 . Intemperismo, Rochas com Fraturas								
			<input type="checkbox"/> 3 . Solos com Cascalho, Solos Arenosos								
	Espessura do Solo		_____ cm								
	Indicações de Ruptura		<input type="checkbox"/> Falha	<input type="checkbox"/> Depressão	<input type="checkbox"/> Cavidade Profunda	<input type="checkbox"/> Solturas	<input type="checkbox"/> Curvatura em Árvores	<input type="checkbox"/> Estufamento	<input type="checkbox"/> Ângulo Negativo	<input type="checkbox"/> Abertura de Juntas	
	Fenda na Parte Superior da Encosta		<input type="checkbox"/> Intervalo entre Fendas < 10cm		<input type="checkbox"/> Intervalo entre Fendas 10-30cm		<input type="checkbox"/> Intervalo entre Fendas 30-50cm		<input type="checkbox"/> Intervalo entre Fendas > 50cm		
	Tipo de solo / rocha		<input type="checkbox"/> Colúvio	<input type="checkbox"/> Solo Intemperizado	<input type="checkbox"/> Rochas Fortemente Intemperizadas	<input type="checkbox"/> Solo Depositado em Terraços	<input type="checkbox"/> Rocha Mole	<input type="checkbox"/> Rocha Dura			
Encosta		 Superfície de Estratificação <input type="checkbox"/> Placa de Rocha no Sentido da Inclinação				 Superfície de Estratificação <input type="checkbox"/> Placa de Rocha contra o Sentido da Inclinação					
Faixa de Fratura / Falha		<input type="checkbox"/> Com Falha/Fratura Claras				<input type="checkbox"/> Sem Falha/Fratura Claras					
(4) Vegetação	Tipo		<input type="checkbox"/> Área Desmatada		<input type="checkbox"/> Pasto	<input type="checkbox"/> Bananeiras/ Frutas		<input type="checkbox"/> Coníferos	<input type="checkbox"/> Floresta Decidual	<input type="checkbox"/> Floresta Mista	
	Idade		<input type="checkbox"/> < 10 anos		<input type="checkbox"/> 10 a 20 anos		<input type="checkbox"/> 20 a 30 anos		<input type="checkbox"/> 30 a 40 anos	<input type="checkbox"/> 40 a 50 anos	<input type="checkbox"/> > 50 anos
	Vestígios de Desmatamento		<input type="checkbox"/> Com Vestígios de Desmatamento				<input type="checkbox"/> Sem Vestígios de Desmatamento				
(5) Histórico de Rupturas	Antecedentes de Rupturas		<input type="checkbox"/> Terrenos com Rupturas Antigas			<input type="checkbox"/> Terrenos com Rupturas Novas		<input type="checkbox"/> Sem Antecedentes de Rupturas			
	Situação Atual		<input type="checkbox"/> Ruptura da Parte Inferior da Encosta		<input type="checkbox"/> Ruptura da Parte Média da Encosta		<input type="checkbox"/> Ruptura da Parte Superior da Encosta		<input type="checkbox"/> Ruptura de Toda a Encosta	<input type="checkbox"/> Sem Ruptura	
	Antecedentes de Rupturas		<input type="checkbox"/> Terrenos com Rupturas Antigas			<input type="checkbox"/> Terrenos com Rupturas Novas			<input type="checkbox"/> Sem Antecedentes de Rupturas		
	Situação Atual		<input type="checkbox"/> Ruptura da Parte Inferior da Encosta		<input type="checkbox"/> Ruptura da Parte Média da Encosta		<input type="checkbox"/> Ruptura da Parte Superior da Encosta		<input type="checkbox"/> Ruptura de Toda a Encosta	<input type="checkbox"/> Sem Ruptura	
(6) Obras de Medidas Estruturais		<input type="checkbox"/> Com Avalia nas Obras			<input type="checkbox"/> Sem Avalia nas Obras			<input type="checkbox"/> Sem Obras de Medidas Estruturais			

		Acima da Encosta	Na Encosta	Abaixo da Encosta	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>(7)Elementos a Proteger</b>	<b>Infraestrutura</b>	Vias de Acesso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Rede de Iluminação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Rede de Energia Elétrica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Abastecimento de Água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Rede de Esgoto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<b>Uso do Solo</b>	Rural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Mata / Floresta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Habitação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Comércio / Serviços	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Lazer / Recreação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Indústria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Institucional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Solo Nú	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Luxo / Entulho		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nº de Unidades Habitacionais					

Tab.4.2(2) Resumo do Levantamento da Encosta

<b>Esboço do Levantamento da Encosta</b>
Vista Transversal
Vista Longitudinal

## **CAPÍTULO 5 - PEVISÃO PARA O FENÔMENO DE RUPTURA EM ENCOSTAS**

### **5.1 Método de Previsão para o Fenômeno de Ruptura em Encostas**

A previsão das forma, altura, largura, profundidade e volume de potencial ruptura da encosta é uma atividade fundamental para identificar a solução de Medidas Estruturais em encostas. As rupturas em encostas, na maioria dos casos, têm como fatores condicionantes a topografia, a geologia e a geotecnia, tendo como fator deflagrante a chuva. Entretanto, há muitas dificuldades em se prever a ocorrência desses fenômenos devido a instabilidades causadas pela anisotropia, ou seja, a não uniformidade da ação da água que altera a resistência de um declive natural.

É possível utilizar valores estatísticos aproximados com relação ao ângulo mínimo, altura mínima e profundidade máxima das rupturas através da observação de experiências passadas de rupturas. Mas deve-se atentar para que estes valores indicam somente valores limites, sendo insuficientes para previsão de fenômenos de rupturas individualmente.

No entanto, é possível aprimorar a previsão de possíveis formas de ocorrência de rupturas através da experiência de técnicos e também com a realização de levantamentos detalhados de topografia, geologia, e geotecnia de cada encosta, tomando como referência os valores limites estatísticos

Dessa maneira, este manual apresenta a seguir procedimento para a previsão de fenômenos de rupturas em encostas baseado em experiências técnicas passadas e em valores estatísticos. Assim, é importante que os técnicos acumulem experiência de campo para possibilitar uma previsão aprimorada dos fenômenos de ruptura

### **5.2 Avaliação do Grau de Perigo de Ruptura e Estabilidade da Encosta**

#### **5.2.1 Método de Avaliação do Grau de Perigo de Ruptura**

A avaliação da estabilidade de encostas pode ser realizada a partir de 3 métodos:

- 1 Método baseado na previsão de formas de ruptura através de levantamentos de campo;
- 2 Método de avaliação através da comparação com a inclinação de face padrão;
- 3 Método através do cálculo de estabilidade.

As encostas naturais são heterogêneas e anisotrópicas sendo raros os casos em que se pode avaliar sua estabilidade apenas com análises teóricas e cálculos de estabilidade. Baseado no resultado de prospecção de topografia, geologia e geotecnia no levantamento de campo, os métodos 1 e 2 são os mais utilizados para avaliação de estabilidade. O método 3 é utilizado como um método auxiliar dos métodos 1 e 2 quando há necessidade de determinar a base quantitativa de estabilidade, porém, é limitada ao caso em que a geotecnia da encosta em ruptura é uniforme, como demonstrado na Seção 5.4.2 deste manual.

#### **5.2.2 Avaliação de Estabilidade Baseado em Investigações Detalhadas de Relevô, Geologia e Pedologia.**

Como apresentado na tabela 4.2, as investigações para a avaliação do grau de perigo de ruptura são relacionadas às topografias, umidade do solo, geologias do solo, vegetações, vestígios de fraturas, desnivelamentos, rupturas passadas, entre outros e o julgamento é feito de forma abrangente para serem

classificados nas categorias de perigo como mostrado abaixo. Em relação ao método desta avaliação do grau de perigo, tenha como referência o "Manual de Avaliação e Mapeamento de Riscos", que define:

- P2C (médio): São atendidos os critérios topográficos, porém não são observadas feições de instabilidade. Mantidas as condições existentes é possível a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no período compreendido por uma estação chuvosa normal;
- P3C (alto): São atendidos os critérios topográficos e/ou são observados indícios de instabilidade no terreno. Mantidas as condições existentes é alta a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no período compreendido por uma estação chuvosa normal;
- P4C (muito alto): São atendidos os critérios topográficos e/ou são observados indícios marcantes de instabilidade no terreno de acordo com o tipo de movimento. Mantidas as condições existentes é muito alta a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no período compreendido por uma estação chuvosa normal.

### 5.2.3 Avaliação da Estabilidade com Relação ao Gradiente Padrão

As inclinações das faces padrões são apresentadas na Tabela 5.2 relativas à avaliação de estabilidade com base em resultados topográficos / geológicos / geotécnicos dos locais.

Tab.5.2: Gradiente Padrão da Declive de Corte (Estimando que Altura da Encosta > 5m)

Geologia em Terreno Natural		Gradiente	Geologia em Terreno Natural	Gradiente	
Rochas Duras		1:0.3-1:0.8	Solos Arenosos	Boa solidificação, distribuição granular	1:0.8-1:1.2
Rochas Moles		1:0.5-1:1.2	Contendo Cascalhos ou Blocos	Má solidificação e distribuição granular	1:1.1-1:1.5
Areia	Má solidificação e distribuição granular	1:1.5-	Argila		1:0.8-1:1.2
Solo Arenoso	Solidificado	1:1.0-1:1.2	Solos Argilosos Contendo Blocos e Godos		
	Não Solidificado	1:1.2-1:1.5			

Mudar para ABNT, IPT, GEO-RIO

### 5.2.4 Avaliação do Cálculo de Estabilidade

A avaliação de segurança de uma encosta através do cálculo de estabilidade é eficaz nos casos em que estão claras as características de cisalhamento do solo através de ensaios geológicos em terrenos naturais uniformes e sem anisotropia. Considera-se eficaz nos casos de rupturas nos terrenos formados pelas rochas sedimentares e granitos intemperizados com mais de 10 m de profundidade.

O caso mais simples de superfície de deslizamento circular é calculado pelo método que dividem a massa rompida em fatias. Este método pressupõe a ocorrência do deslizamento (ruptura) em uma superfície circular, como apresentada na Figura 5.1. O fator de segurança ( $F_s$ ), em relação ao deslizamento, é representado pela razão

entre a força de resistência da superfície de deslizamento circular e a força de cisalhamento que será causada pelo maciço de terra na parte superior da superfície deslizante. As forças de resistência e a tensão de cisalhamento são calculadas dividindo em 5 a 10 fatias, dependendo da forma da superfície da encosta. Calcula-se presumindo várias superfícies de deslizamento circular e estabelece a superfície de deslizamento do caso de menor fator de segurança e o fator de segurança. Na equação de cálculo, existem 2 métodos: “método de tensão total” que não considera a pressão d’água nos poros e o “método de tensão efetiva” que considera a pressão d’água nos poros.

Método Total de Tensão:

$$F_s = \frac{\sum (c_l + \Delta W \cos \theta \tan \varphi)}{\sum \Delta W \sin \theta} \dots \dots \dots (1)$$

Método Efetivo de Tensão:

$$F_s = \frac{\sum \{ c' l + (\Delta W - u \cdot b) \cos \theta \tan \varphi' \}}{\sum \Delta W \sin \theta} \dots \dots \dots (2)$$

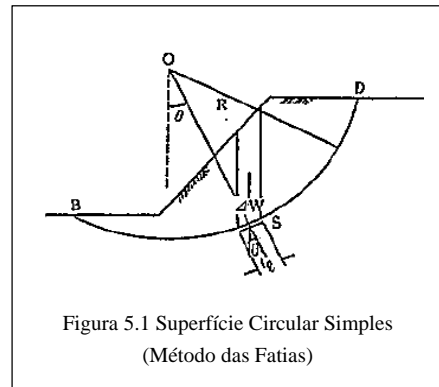


Figura 5.1 Superfície Circular Simples (Método das Fatias)

Onde:

$F_s$ : Fator de segurança com relação ao deslizamento

$\theta$ : Ângulo de inclinação da face de fundo do segmento

$\Phi(\varphi')$ : Ângulo de atrito interno do solo (Força de empuxo com relação do ângulo de atrito interno)

$c$  ( $c'$ ): Força de aderência do solo (Força de empuxo efetiva com relação à força de aderência)

$W$ : Peso do segmento

$L$ : Comprimento da superfície de deslizamento do segmento

$U$ : Poro-pressão da Água

$B$ : Largura horizontal do segmento

### 5.3 Prováveis Causas e Formas de Rupturas

As causas e formas das rupturas do declive serão estabelecidas, tomando-se como referência os resultados de prospecção topográfica, geológica e geotécnica e previsão da forma de ruptura ocorrida no local, através do levantamento de campo. Para possibilitar a definição das diretrizes e seleção de possíveis Medidas Estruturais, a forma de ruptura será representada, incluindo as causas, causas que induz a ação (causa direta), material em movimento e forma de movimentação de forma independente que são ilustradas na Tabela-5.5. Por exemplo, a forma de ruptura é representada: 1) A camada superficial do solo sobre a camada rochosa, numa determinada encosta de 40° de declividade, devido à saturação de solo causada pela chuva e conseqüente aumento de peso,

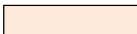


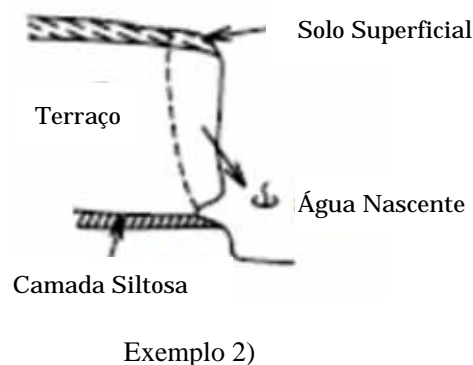
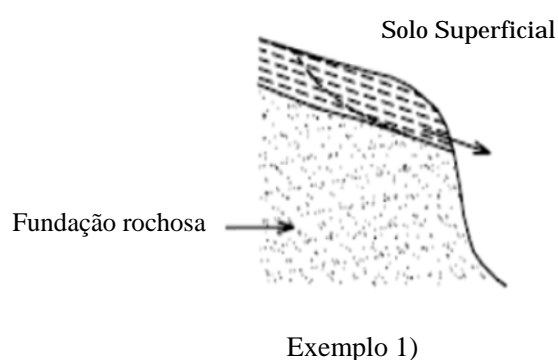
ocorre deslizamento planar até o limite da camada rochosa, movendo a massa e depositando na parte inferior da encosta e 2) O sedimento do terraço, com ângulo negativo (overhang), desaba em função da água nascente.

Tab.5.3: Conteúdo da Representação da Forma de Ruptura

Fator	Material Movimentado	Causas deflagrante da ação	Tipo de Movimento
Terreno com Encosta Íngreme	Solo Superficial	Precipitação	Deslizamento Circular
Erosão (ângulo negativo (overhang), erosão da camada frágil)	Tálus, terraço sedimentado	Água Superficial	Deslizamento Planar
Intemperismo (deformação e abertura da junta, fratura, afinamento de grãos, amolecimento)	Rocha altamente intemperizada	Água subterrânea e água nascente	Queda
	Rochas, solo residual	Rocha	Fluxo

 : Exemplo 1)

 : Exemplo 2)



#### 5.4 Estimativa da Escala da Ruptura

A escala da ruptura será prevista para a seleção da área e tipo no projeto de posicionamento de instalações das Medidas Estruturais de rupturas do declive. A escala será quantificada com base no levantamento topográfico e medições simplificadas, realizadas em campo, sobre a forma de ruptura previstas no item 5.3.

##### 5.4.1 Largura da Ruptura

A largura de ruptura será prevista considerando sua continuidade na direção horizontal, observadas as características do declive (ângulo negativo, nascente, afrouxamento de juntas, espessura do solo) resultantes de investigações detalhadas de topografia, geologia, e solo do declive onde há perigo de ruptura. Como apresentado na figura 2.7, a largura da ruptura será indicada pela sua média devido a não ocorrência de grandes variações na largura dos sedimentos que são considerados semelhantes em suas partes superior e inferior.

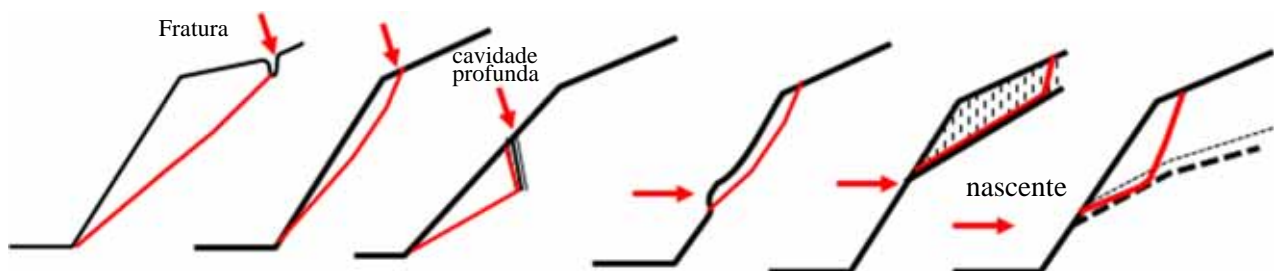
Os resultados dos levantamentos apresentados na Figura 2.7, indicam que as rupturas em encostas no Brasil ocorrem principalmente em larguras de até 40 metros. observando-se uma redução brusca dos casos em rupturas com larguras a partir de 40 metros. Rupturas com larguras abaixo de 40 metros representam cerca de 70% dos casos e servem como um valor de referência ao presumir a largura de ruptura.

### 5.4.2 Altura da Ruptura

A altura da ruptura é definida, identificando-se inicialmente as partes superior e inferior da ruptura, tendo como base os estudos de campo de topografia, geologia e geotecnia. A Tabela 5.4 apresenta indicações básicas para definição das partes superior e inferior da ruptura. O declive possui características desuniformes de topografia e geologia mesmo transversalmente. Assim, poucos casos são aqueles em que a diferença de altura da ruptura alcança a altura total do declive. Os resultados dos levantamentos apresentados na Figura 2.7, indicam que 80% das rupturas em encostas no Brasil apresentam alturas até 35 metros, parâmetro que pode servir como referência para se presumir a altura da ruptura.

Tab.5.4: Caracterização das Partes Superior e Inferior da Ruptura

Caracterização da Topografia/Geologia/Geotecnia da Parte Superior da Ruptura		Caracterização da Topografia/Geologia/Geotecnia da Parte Inferior da Ruptura	
Superfície	Fratura, pequena depressão, cavidade profunda	Superfície	Estufamento da parte mediana e inferior do declive
			Divisa da superfície e afundamento do estrato
Terraço Tálus	Ponto de mudança de inclinação da parte superior do declive	Terraço Tálus	Superfície superior do silte e estrato argiloso com baixa permeabilidade
			Superfície descontínua do intemperismo
Rocha	Junta, afloramento de falhas, fratura	Rocha	Junta, afloramento de falhas, fraturas
Comum	Parte superior de topografia com ângulo negativo	Comum	Locais de nascentes
			Parte inferior do ângulo negativo



### 5.4.3 Profundidade da Ruptura

A profundidade da ruptura pode ser identificada com base nas estimativas locais das formas de ruptura. A profundidade de ruptura é estimada em sua média, a não ser para casos especiais em que apresentam grandes profundidades.

A espessura do solo superficial pode ser considerada como a profundidade média da ruptura em casos de deslizamento plano em solos residuais, taludes, coluviões, nos quais há maior ocorrência de rupturas de encostas. A espessura da porção com ângulo negativo deve ser considerada como profundidade da ruptura, independentemente do tipo de material de composição.

Consideram-se as camadas de argila e silte, que passam pela superfície de deslizamento, em deslizamentos circular e plano em taludes nos casos de rupturas. A profundidade da ruptura é identificada selecionando-se a superfície de deslizamento com o menor fator de segurança relativo entre os cálculos de estabilidade realizados.

É suposta uma superfície de deslizamento que passa pela superfície descontínua intemperizada, mesmo em casos de ruptura em camadas altamente intemperizadas de rochas. Mesmo neste caso, a definição da superfície de deslizamento terá como referência o menor fator de segurança encontrado nos cálculos de estabilidade.

A profundidade da ruptura, em terrenos em que a ruptura tem como causas juntas e falhas serão estimadas tomando-se a superfície das juntas como a de deslizamento.

#### 5.4.4 Estimativa do Volume de Detritos da Ruptura

O volume estimado de sedimento da ruptura é calculado pela fórmula a seguir, utilizando a largura média, altura e profundidade média da ruptura.

$$V_a = B \times (H/\sin\theta) \times D \quad \dots \dots \dots (3)$$

Onde:

$V_a$  : Volume Estimado de Sedimento da Ruptura (m)

B: Largura Média da Ruptura (m)

$\theta$ : Inclinação do Declive (°)

D: Profundidade Média da Ruptura (m)

#### 5.5 Estimativa do Alcance dos Detritos

Apesar de estarem sendo pesquisados métodos de cálculo analíticos sobre a distância de alcance do solo desmoronado (distância horizontal da parte inferior do declive até a extremidade do solo desmoronado), ainda não há consenso sobre qual método pode ser utilizado na prática.

Com base em experiências estatísticas e levantamentos de parâmetros sobre rupturas já ocorridas no Brasil, é possível considerar a relação  $L4/H < 2,0$ , , onde  $L4$  é a distância de alcance e  $H$  a altura da ruptura. De acordo com a figura 2.8, em 75% dos casos a relação  $L4/H$  é menor que 2,0 metros, sendo que em 80% dos casos  $L4/H$  é menor que 3,0 metros.

## CAPÍTULO 6 – DIRETRIZES DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS DE RUPTURAS DE ENCOSTAS

### 6.1 Objetivos das Medidas Estruturais de rupturas em Encostas (Posicionamento)

É muito importante que o planejamento das medidas estruturais leve em conta e respeite os condicionantes do plano diretor do município e dos demais planos setoriais, tais como o plano de expansão urbana, plano de macrodrenagem, de saneamento, de habitação de interesse social, entre outros, assim como os condicionantes de proteção do ambiente natural, e diretrizes para o uso sustentável e ocupação segura das áreas de encostas.

Em alguns casos é possível reduzir significativamente o perigo de ruptura a partir do uso adequado da encosta.

Ainda que planos setoriais não definam claramente restrições e condicionantes de uso e ocupação das áreas de encostas e entorno, as obras do Plano de Medidas Estruturais devem ser previstas respeitando-se a legislação urbanística aplicável, evitando-se produzir situações que possam induzir novas ocupações e novos processos de agravamento dos riscos de deslizamentos a longo prazo.

## 6.2 Estabelecimento dos Objetivos dos Projetos de Medidas Estruturais de rupturas em Encostas

Os objetivos do projeto de Medidas Estruturais contra as rupturas em encostas são os seguintes:

- (1) Reduzir os danos humanos;
- (2) Reduzir os danos a propriedades.

Existem muitos locais com perigo de rupturas em encostas. Portanto, é muito difícil eliminar todos os danos aos humanos e às propriedades. Além disso, é difícil evitar economicamente e tecnicamente, em muitos casos, todos os perigos de grandes rupturas em encostas. Portanto, deve-se esclarecer dentro dos objetivos da obra “quais os danos deverão ser eliminados e quais deverão ser reduzidos”, considerando o plano regional, característica do declive e orçamento do local da encosta em questão.

## 6.3 Estabelecimento das Funções das Medidas Estruturais

A Figura 6.1 apresenta os danos de rupturas em encostas no Brasil. Os resultados deste levantamento mostram que os danos a humanos e a destruição de habitações ocorrem principalmente na parte superior e inferior do declive. Observando-se este fato, é importante Medidas Estruturais de controle da terra desmoronada em caso de ruptura, além de Medidas Estruturais contra as causas para evitar a ocorrência de rupturas. O primeiro é denominado de Medidas Estruturais com estrutura de espera e o segundo, de Medidas Estruturais contra causas de ocorrência. Os custos de Medidas Estruturais contra causas de ocorrência são grandes em casos de grandes rupturas em encostas, e em muitos casos é mais eficaz Medidas Estruturais com estrutura de espera.

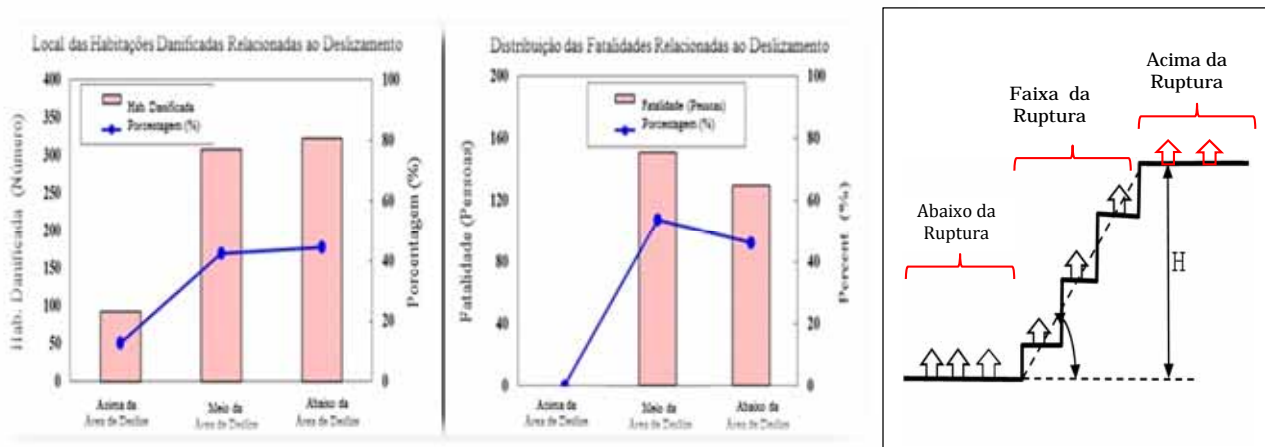


Fig. 6.1: Locais de Ocorrência de Danos a Humanos e Habitações em Desastres de Rupturas em Encostas (16)

No planejamento da seleção do tipo e quantificação da obra das instalações de Medidas Estruturais de rupturas em encostas, devem ser estabelecidas as funções exigidas para estas instalações, apresentadas na Tabela 6.1.

Tab.6.1: Desempenho esperado das Instalações de Medidas Estruturais em Encostas

Medidas Estruturais (1)	Desempenho esperado (2)
1 Medidas Estruturais na Fonte Geradora de rupturas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar rupturas</li> <li>• Reduzir o tamanho das rupturas (se possível, demonstrar em quantidade) <ul style="list-style-type: none"> <li>Reduzir a área de ruptura</li> <li>Reduzir a profundidade da ruptura</li> </ul> </li> <li>• Reduzir a frequência de ocorrência das rupturas (exibir em volume de chuva, etc. se possível) <ul style="list-style-type: none"> <li>Possui esta função para Medidas Estruturais em drenagem de superfícies e águas subterrâneas</li> </ul> </li> </ul>
2 Medidas Estruturais com Muros de espera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retenção total do volume de sedimentos gerados pelas rupturas</li> <li>• Retenção parcial do volume de sedimentos (xx m<sup>3</sup>) gerados pelas rupturas</li> <li>• Reduzir a energia dos sedimentos da ruptura</li> </ul>
3 Combinação de ① e ②	

## CAPÍTULO 7 – CLASSIFICAÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS DE RUPTURAS EM ENCOSTAS

### 7.1 Classificação de Acordo com as Funções das Obras das Medidas Estruturais de Rupturas em Encostas

As funções das Medidas Estruturais de rupturas em encostas podem ser: medidas adotadas na origem da ocorrência e as medidas com estrutura de espera. O primeiro é ainda subdividido em Medidas Estruturais sem contenção para controlar a causa deflagrante da ocorrência de rupturas e em Medidas Estruturais com contenção para conter a ocorrência de rupturas.

Tab.7.1: Classificação das Funções das Obras das Medidas Estruturais de Rupturas em Encostas

Medidas Estruturais		Função	Obras
Medidas Estruturais contra Causas Geradoras	Obras sem Contenção	Evitar a ocorrência através do processamento dos estímulos dos fatores da ruptura	Processamento da drenagem, proteção do declive Eliminação de detritos instáveis
	Obras com Contenção	Conter a ruptura a força	Obras de contenção, Ancoragem, aterro reforçado de contenção
Medidas Estruturais de Espera		Reter o solo desmoronado antes do objeto de conservação	Obras de contenção

### 7.2 Tipo/Métodos e Características das Obras de Medidas Estruturais de rupturas em Encostas

A ocorrência de rupturas tem como principais fatores a erosão da superfície do solo, redução da resistência do estrato, aumento de peso, elevação da pressão dos poros, “piping” e intemperização devido à água no solo. As obras, apresentadas na Tabela 7.2, podem ser divididas em obras de contenção do ponto de vista do processamento da água, obras com estrutura de contenção que impede a ruptura à força, e obras com estrutura de contenção que ajuda na proteção contra desmoronamento de solos.

A queda de blocos também faz parte do fenômeno de ruptura das encostas e as causas são as mesmas. Portanto, as obras de Medidas Estruturais apresentadas na Tabela 7.2, são eficazes tanto para as encostas como para quedas de blocos.

Tab.7.2(1): Tipo/Método da Obra e Características das Medidas Estruturais de Rupturas de Encostas

Classe da Função	Eficiência	Tipo de Obra	Método da Obra (Subdivisão por Tipo de Obra)	Características e Amplitude de Aplicação
Medidas Estruturais nas Fontes de Geração de Rupturas				
Obras sem estrutura de contenção	Evitar Efeitos das Chuvas	Obras de Drenagem	Obras de Drenagem Superficial	Método padrão utilizado na maioria dos locais. Baixo custo de obras.
			Obras de Eliminação de Águas Subterrâneas (Drenagem subsuperficial)	Utilizado em locais com ruptura por deslizamento
		Obras de Proteção com Vegetação	Obras de Proteção de encostas com Vegetação	Utilizado para encostas que comportam inclinações padrões em superfícies de corte com poucas nascentes
		Obras de Material projetado	Obras de argamassa projetada ou concreto projetado	Utilizado em Rochas sem Nascentes
		Obras de Paliçadas	Obras de Paliçadas	Proteção contra Movimento do Solo Superficial
		Obras de Colagem de Material Artificial	Blocos de pedra ou concreto (Nota: há casos de uso de argamassa para fixação de blocos na parte interna)	Utilizado em encostas onde não são apropriadas obras de proteção com vegetação com inclinação menor que 1:1
				Obras de Concreto Pré-fabricado
		Obras de Grelhas	Obras de Grelhas Pré-moldadas	Utilizado em <5m onde a inclinação é menor que 1:1
			Obras de Grelhas com Concretagem in loco	Utilizado em inclinações maiores que 1:1
	Obras de Grelhas com armação e concreto projetado		Mesmo de acima, flexível a ondulações do declive	
Eliminar Fontes Altamente Influenciáveis pelas Chuvas	Obras de retaludamento	Obras de Retirada de Solos Instáveis	Eliminar blocos da superfície com perigo de ruptura, ângulo negativo e púmice. Muito utilizado em conjunto com obras de drenagem, proteção com vegetação e enquadramento.	
Obras com estrutura de contenção	Balancear as Forças para Evitar Rupturas mesmo em Caso de Chuvas	Obras de Retaludamento	Obras de Modificação do Perfil de Terreno	Alterar a topografia da encosta natural em forma de gradiente estável. Muitas vezes este método é utilizado em combinação com as obras de drenagem, cobertura vegetal, obras e grelhas e muros de contenção.
		Obras de Muro de Contenção	Obras de Muro de Contenção com Pedras ou Blocos de Concretos	Utilizado em encostas de sedimentos compactados de inclinação 1:0.3 a 0.5
			Obras de Muro Gravidade Concreto	Utilizado para estabilizar a fundação de declives.
			Obras de Muro de Arrimo por Flexão de Concreto	Utilizado em encostas com cascalhamento de baixa consolidação de inclinação 1:0.3 a 0.5
			Obras de Muro Crib-Wall de Concreto	Utilizado em terrenos frágeis com grande volume de água de nascente.
			Muro de Concreto Armado	É utilizado com propósito de manter a gradiente da encosta em forma vertical.
			Obras de Solo Reforçado	Reforçar a resistência à tração do solo com geotêxtil ou aço e efetuar o aterro em toda a superfície da encosta instável.
			Obras de Contenção com Gabiões	Utilizado em instalações provisórias e fricção com terrenos adjacentes em obras de Medidas Estruturais.
		Obras de Ancoragem	Obras de Ancoragem do Solo	Utilizado em obras adjacentes a habitações, encostas acentuadas e encostas muito longas onde não é possível o uso de outros métodos.
			Obras de Chumbadores em solo ou rocha (Rock Bolt)	Prevenir ruptura da camada de rocha com a evolução de intemperização, rachaduras e estratificação. Muitas vezes este método é utilizado em combinação com as obras de grelha, obras de proteção superficial artificial ou muro de contenção.
Solo grampeado	Medidas estruturais adotadas para rupturas com			

				profundidade menor do que 2 m.
		Obras de Estacas	Obras de Estaca de Tubo de Aço / Estaca de Concreto	Utilizado em rupturas por deslizamento e encostas de rochas com movimento de placas
			Obras de estacas com cercado para reforço de solo	Prevenir ocorrência de ruptura no caso de existência de riscos de rupturas da camada de solo superficial menos de 2 m.
	Fixar lascas de rochas e maciços rochosos instáveis	Obras de Prevenção de Quedas de Rochas	Obras de Compactação da base	Estabilizar, sustentando a gravidade das rochas e maciço rochoso soltos
			Amarração com Cabos Metálicos em forma de malha	Fixar rochas e maciços soltos nas encostas naturais e base rochosa com cabos metálicos em forma de malhas.
Medidas Estruturais de Espera				
Obras com Estrutura de Espera	Evita danos mesmo na ocorrência de rupturas, capturando os materiais antes do atingimento	Obras com Estrutura de Espera	Obras de Muro de Contenção em Concreto com Estrutura de Espera	Utilizado em casos que não é possível evitar diretamente a ruptura em encostas e casos em que o declive é muito longo e o custo da obra torna-se elevado
			Cercado de Proteção contra Quedas de Rochas	Quando não há possibilidade de revestir completamente a encosta muito extensa, captura as rochas em queda na parte superior ou intermediária.
			Tela protetora contra quedas de rochas	Reveste completamente a encosta e captura ou conduz as rochas em queda para baixo da encosta.
			Barreira de impacto	Obras de melhoria do cercado de proteção contra quedas de rochas para absorver a grande energia.

### 7.2.1 Obras de Drenagem Superficial

Dentre os fatores que ajudam a ruptura de encostas estão a chuva e água superficial. O declive é erodido pela água da chuva e água superficial que escoam da redondeza, a pressão dos poros do solo aumenta com a infiltração de água, o peso do solo aumenta devido à água infiltrada e a resistência do solo é reduzida, ocasionando as rupturas nas encostas. As obras de drenagem superficial têm como objetivos coletar estas águas superficiais, drenando-as para fora do declive em um local seguro, e evitar o fluxo de água de áreas ao redor. As obras de Medidas Estruturais de encostas são de fácil construção e são de baixo custo, sendo utilizadas na maioria dos locais. Dificilmente são utilizadas individualmente, sendo que na maioria são utilizadas em combinação com outros métodos.

As obras de drenagem superficial são compostas de drenos de topo, drenos de berma, drenos transversais, câmaras de coleta, etc. O projeto de obras de drenagem superficial deve estar em conformidade com o sistema geral de drenagem, estudando-se a hidrologia da redondeza, condições vulneráveis da superfície do solo e drenagem existente. A fórmula racional é empregada no cálculo do escoamento da água pluvial para definir a seção transversal do dreno.

$$Q = \frac{1}{3,6} f \cdot R \cdot A \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$t = t_1 + L / 60V \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$V = 20 (H / L)^{0,6} \quad \dots \dots \dots (6)$$

$$R = k \cdot R_n \quad \dots \dots \dots (7)$$

Onde:

Q: Vazão de Pico ( m<sup>3</sup>/s )

L: Comprimento da Rota de Fluxo (m)

R: Intensidade da Chuva (mm/h)  
 A: Área de Concentração (km<sup>2</sup>)  
 t: Tempo de Concentração (min)  
 t<sub>1</sub>: Tempo de Afluo (min)

H: Diferença de Nível na Rota de Fluxo (m)  
 V: Veloc. Média na Rota de Fluxo (m/s)  
 R<sub>n</sub>: Intensidade da Chuva Planejada (mm/h)

Utilizam-se os seguintes valores para o Coeficiente de Vasão (f):

Tab.7.3: Coeficiente de Vasão (f)

Condições de Uso por Relevo	f	Condições de Uso por Relevo	f	Condições de Uso por Relevo	f
Declive de Corte	0,9	Áreas Cultivadas Planas	0,5	Área Fluvial em Morros	0,8
Área Montanhosa Acentuada	0,8	Arrozais Inundados	0,8	Pequenas Bacias Fluviais Planas	0,7
Área Montanhosa Suave	0,7	Área Urbana	0,7	Grandes Bacias Fluviais com Mais da Metade Plana	0,6
Área Montanhosa e Florestas com Ondulações	0,6	Florestas	0,3		

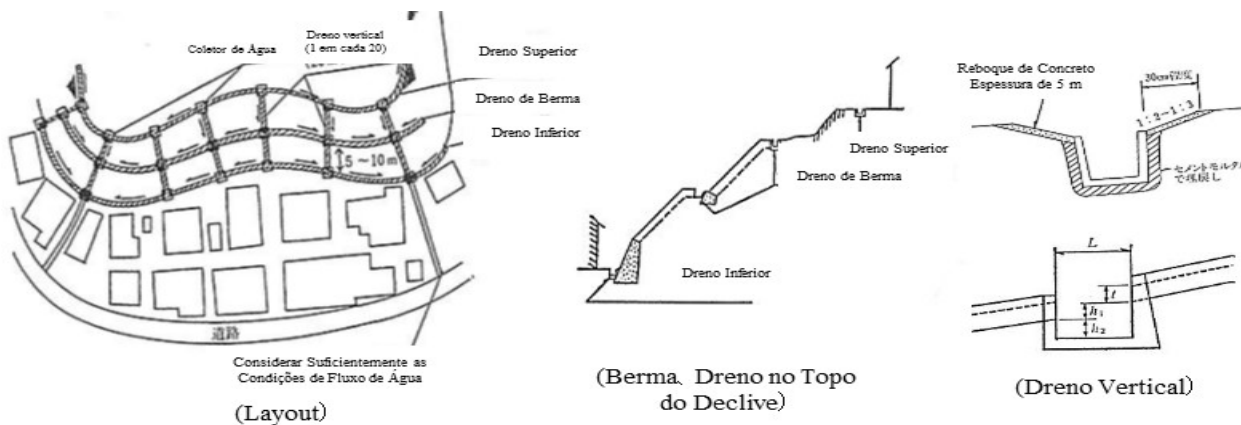


Fig.7.1: Obras de Drenagem Superficial

## 7.2.2 Obras de Drenagem de Águas Subterrâneas

As obras de drenagem das águas subterrâneas são realizadas através da criação de uma camada permeável, sondagem lateral, redução da taxa da humidade do solo ou pressão dos poros, estabilizando-se o declive. Se houver o influxo de águas subterrâneas de áreas ao redor, este é interrompido e drenado. As obras de drenagem de águas subterrâneas são utilizadas em locais que apresentam nível de lençol freático elevado e/ou ocorrência de nascentes. As obras de drenagem de águas subterrâneas são pouco utilizadas independentemente nas obras de proteção de rupturas em encostas, sendo geralmente utilizadas em conjunto com outros métodos.

As obras de drenagem de águas subterrâneas podem ser divididas em camadas rasas e de camadas profundas. Mas, as utilizadas nas obras de proteção de ruptura em encostas são as de camadas rasas. O método é composto de obras de valas de drenagem e obras de sondagem lateral. As valas de drenagem drenam as águas subterrâneas rasas em profundidades de 1 a 2 m, e a de sondagem lateral drenam as águas subterrâneas profundas. As obras de valas de drenagem possuem comprimentos de aproximadamente 20 m em linha reta, tendo a jusante canais de drenagem superficial que drenam as águas. As obras de sondagem lateral possuem comprimentos de 15 a 30 m,



construídas com ângulo de elevação de 5 a 10°, cujas águas são coletadas por canais de drenagem superficial para sua drenagem.

(Junção de Obras de Bueiros e Canais de Drenagem Superficiais)

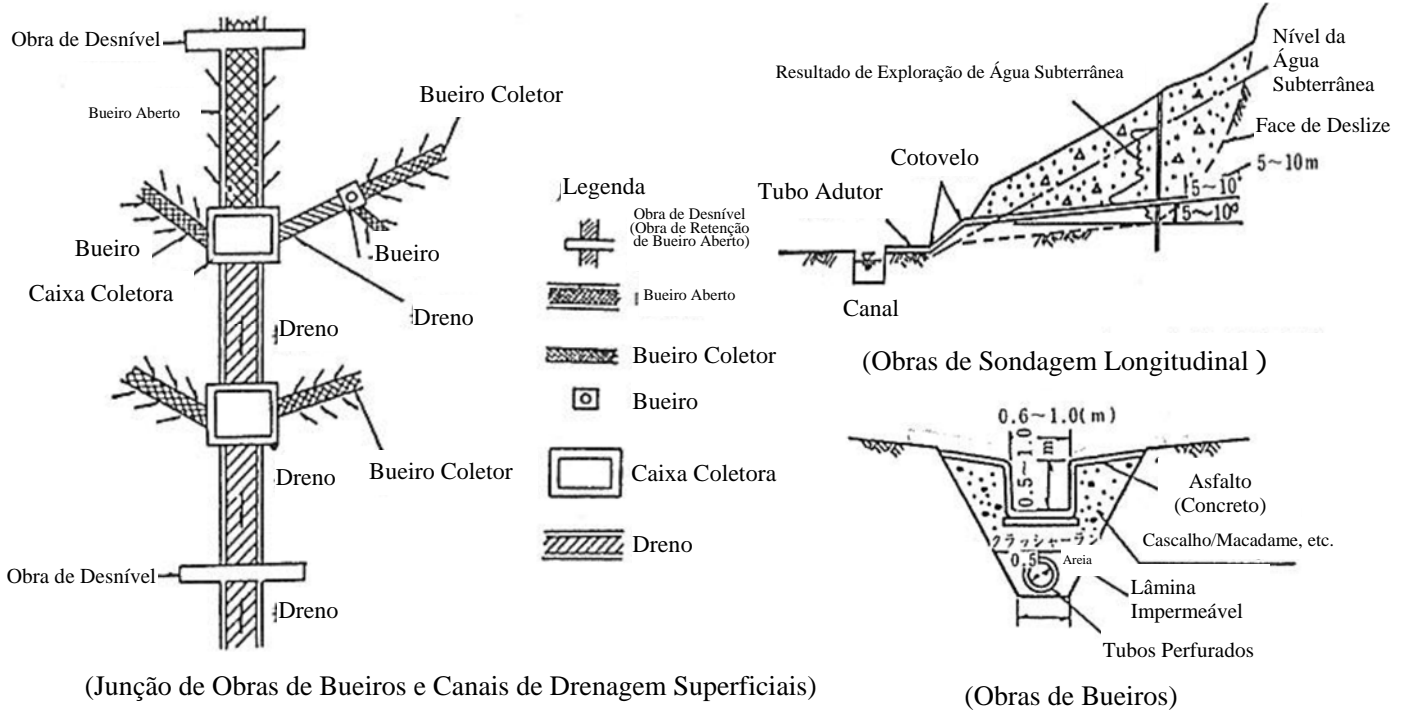


Fig.7.2: Obras de Eliminação de Águas Subterrâneas

### 7.2.3 Obras de Proteção de Superfícies com Vegetação

Áreas desmatadas aumentam a instabilidade com o passar do tempo, tornando vulneráveis a erosão, intemperismo, queda de blocos, rupturas, etc. As obras de proteção com vegetação têm como objetivo proteger as encostas contra a erosão das chuvas com o crescimento da vegetação, reduzir a variação da temperatura do solo protegendo-o contra o intemperismo causado pela sua contração devido ao ressecamento. Além disso, as obras de proteção com vegetação contribuem para a conservação do meio ambiente e do paisagismo da redondeza.

As obras de proteção com vegetação devem satisfazer as condições de inclinação de cortes padrões, pois não possuem efeitos de redução da pressão no solo. Além disso, é necessário utiliza-lo em conjunto com obras de drenagem superficial para estabilizar o declive. Os drenos devem ser posicionados para não alcancarem escoamento das águas superficiais em mais de 10 m nos taludes com vegetação. É desejável inclinação menor que 1:1 para o crescimento da vegetação, mas é possível uma vegetação total da superfície em inclinações até 1:0,5.

As obras de proteção com vegetação podem ser pelos métodos de obras de aplicação de sementes, lançamento de solos férteis, lançamento de material para aumento do estrato, tapete de vegetação, rede de vegetação, sacos de areia com vegetação, tapete de grama, plantio de vegetação, etc. É necessária a escolha de um método adaptado às condições de topografia e de solo.

## 7.2.4 Obras de Paliçadas

As obras de paliçadas têm o objetivo de proteger a superfície do declive de erosões pela chuva e água superficial, auxiliando as obras de proteção por vegetação. Utilizam-se estacas de madeira, galhos ou bambu em casos em que há previsão de rápido crescimento da vegetação. Estacas de aço em H e resina sintética são utilizadas em encostas instáveis.

O comprimento das estacas é de 1 a 2 m, cravando-se no solo 2/3 de seu comprimento. O espaçamento no sentido longitudinal na encosta é de 1,5 a 3,0 m e o espaçamento no sentido transversal é entre 0,5 m a 0,9 m

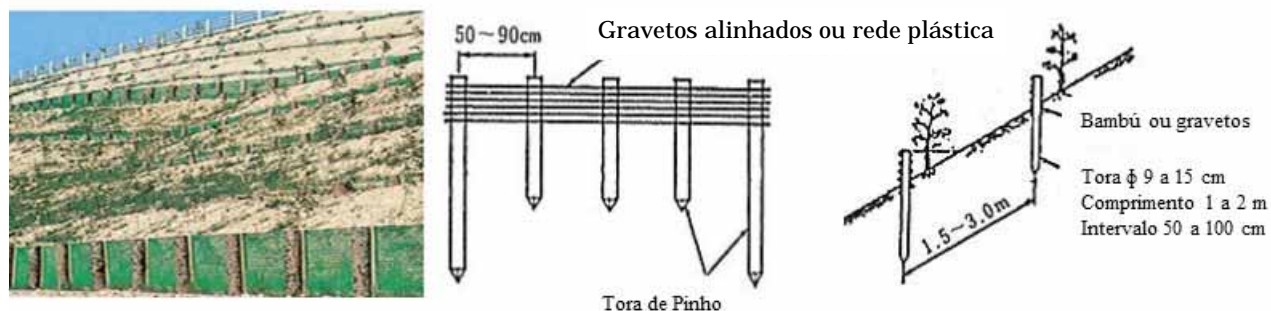


Fig.7.13 Obras de Cercas

## 7.2.5 Obras de Argamassa e Concreto Projetado

As obras de argamassa e concreto projetado têm 2 objetivos. O primeiro é proteger o declive contra a erosão. O segundo é proteger o declive contra o intemperismo evitando a atmosfera exterior e as chuvas, através da proteção contra a redução da resistência do terreno que forma o declive. Este método é eficiente para interromper os efeitos da chuva, por exemplo, tendo grande efeito contra o intemperismo se comparado obras de proteção com vegetação e enquadramento pré-moldado. É indicado para proteção da superfície de rochas frágeis ao intemperismo causada pela infiltração de água da chuva como granito intemperizado e serpentinite. Como os equipamentos para este método são pequenos e simples, é indicado para obras em locais estreitos e altos.

As obras de concreto projetado não são indicadas para a proteção de superfícies de terrenos arenosos. É indicado especificamente para proteção da superfície de rochas. Mesmo em rochas, aquelas com várias nascentes não são indicadas devido a deficiência no contato e na integração, permitindo sucessivas contrações devido ao ressecamento que acarretam a redução da vegetação. É necessário o uso conjunto com obras de grelha e obras de chumbadores (rock bolt) em locais que necessitam de força de contenção.

O método de concreto projetado pode ser do tipo concreto projetado e argamassado. O concreto projetado utiliza armações de metal como base, mas podem ser substituídas por fibra de vidro, fibra de aço, fibra sintética, etc.

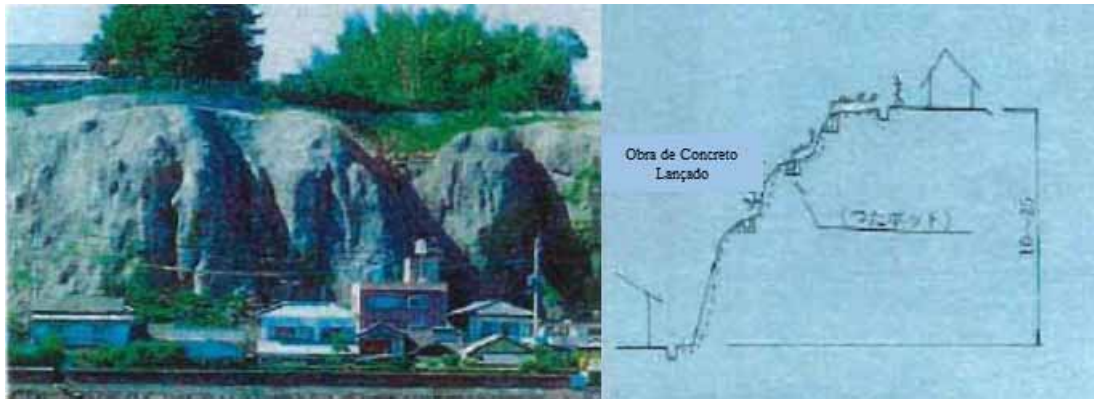


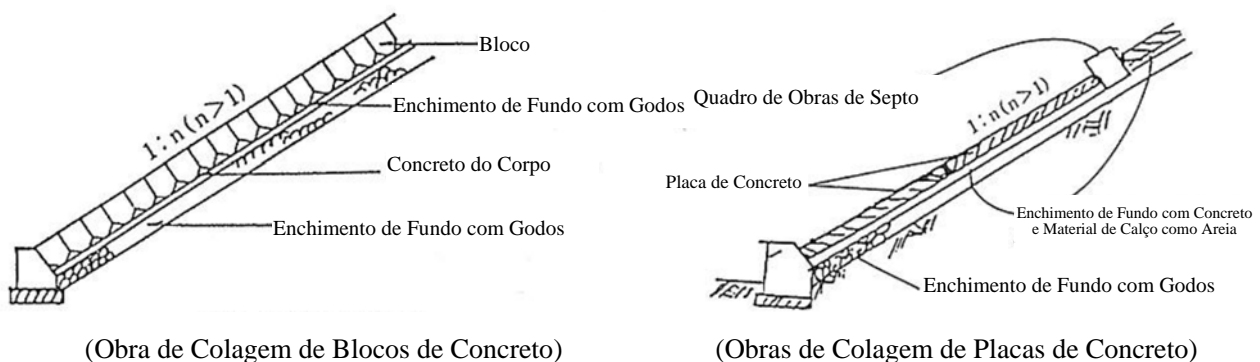
Fig. 7.4: Obras de Concreto Projetado

### 7.2.6 Obras de Colagem de Material Artificial (Pedra, Bloco ou Placa de Concreto)

As obras de colagem de material artificial têm como objetivo proteger o declive contra o intemperismo, erosão, pequena redução da vegetação e rupturas. As obras de colagem de material artificial não são indicadas para corresponder à pressão do solo. Estas obras podem ser de colagem de bloco de concreto, placas de concreto e concreto. Os 2 primeiros são pré-moldados e o último é executado no local.

As obras de colagem de blocos de concreto e placas de concreto são utilizadas para encostas com inclinações menores que 1:1, de lamito intemperizado e de argila com facilidade de desmoronamento. Estes métodos possuem como limite altura de 5 m e comprimento de 7 m.

As obras de colagem de concreto são utilizadas em declive de rochas com inclinação maiores que 1:1 com juntas desenvolvidas, e encostas com sedimentos bem densos. São utilizadas sem armação em inclinações de aproximadamente 1:1 e concreto armado em inclinações de aproximadamente 1;1. A espessura das obras de pedras argamassadas de concreto está entre 20 a 80 m. A altura tem limite de 20 m, e em casos em que superam 15 m empregam-se bermas.



### 7.2.7 Obras de Grelhas (Pré-moldado, Concreto Moldado in Loco, Concreto Projetado)

As obras de grelha é um método conveniente, pois corresponde a várias condições como encostas arenosas, encostas rochosas intemperizadas, encostas rochosas com fissuras, encostas longas, encosta com inclinação acentuada, etc. Pode-se esperar resultados de contenção se utilizado em conjunto com grelhas ancoradas e

ancoragem de solo. Utilizam-se estacas e armação contra deslizamento nas obras de enquadramento para esperar uma integração com o terreno natural.

O espaçamento das vigas transversais e longitudinais é definido dependendo do solo do declive e forma da superfície, mas está entre 100 a 400 cm, com dimensões de 30×30 a 60×60cm.

Ocorrem as variações apresentadas na Fig.7.4 se combinado com o método de construção e outras obras de proteção de superfícies.

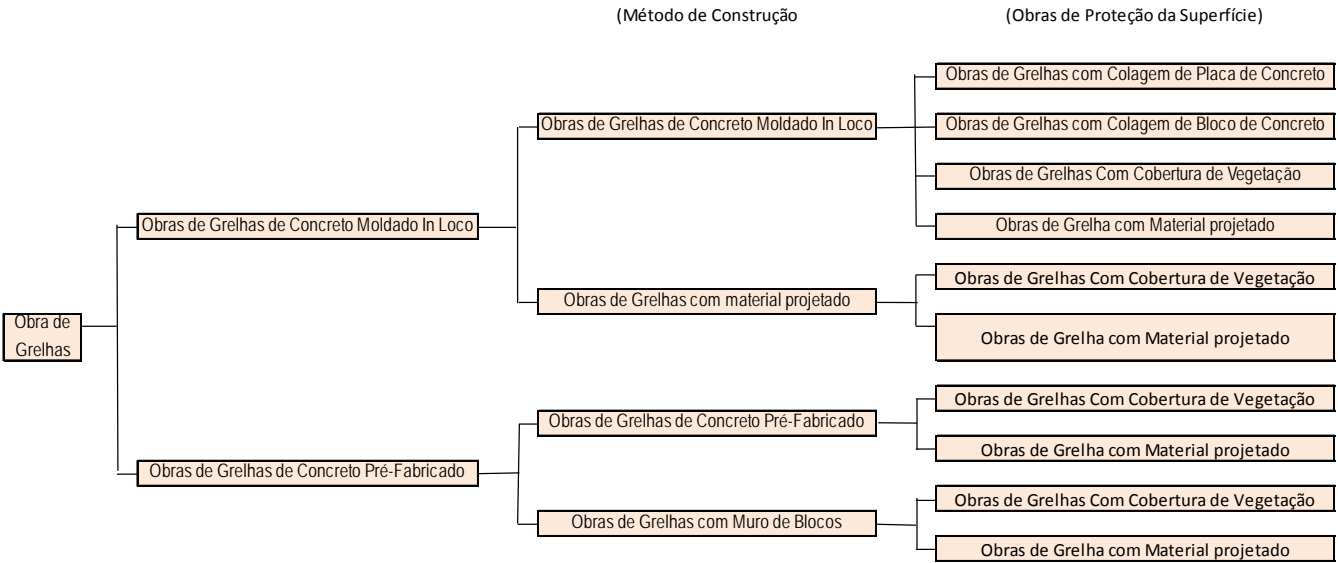


Fig.7.6: Variações de Obras de Grelhas

É utilizada obras de grelha pré-moldado em terrenos naturais estáveis com inclinação menor que 1:1, que não podem ser protegidos contra a erosão superficial somente com a vegetação. As obras de grelha de concreto, injetado in loco, é utilizado em casos de encostas longos maiores que 30m, superfície com solos inadequados, rochas com juntas / falhas e inclinações maiores que 1:1.

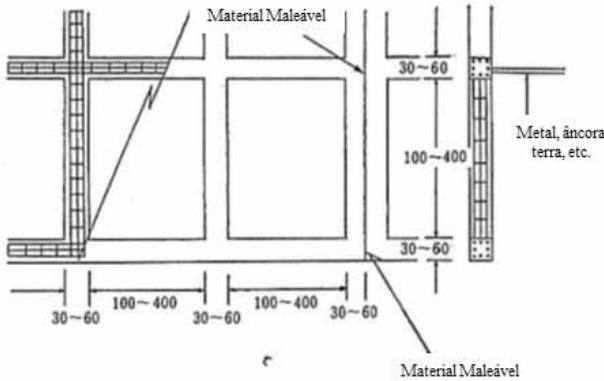


Fig.7.7: Exemplo de Obras de Grelha

### **7.2.8 Obras de Retaludamentos**

A obra de retaludamento é uma das fundamentais em obras de proteção de rupturas de encostas. Os solos e rochas instáveis de encostas são cortados e depositados em locais seguros. Devem-se realizar obras de proteção de taludes artificiais após o corte, para evitar solos descobertos, protegendo a superfície contra a erosão e intemperismo. A geologia e geotecnia de encostas naturais são desuniformes e complexos, sendo difícil encontrar a inclinação estável de taludes artificiais através de cálculos. Inclinações padrão, encontrados por experiência, que estabilizam cortes são apresentados na Tabela 5.2. Pode-se concluir que o retaludamento em taludes artificiais é estável se satisfizerem estas inclinações padrões de talude artificial.

As obras de retaludamento além de moldar toda a encosta em uma inclinação estável através das "Obras de Modificação do Perfil do Terreno", elimina parcialmente o ângulo negativo e os perigos dos torrões de terra, blocos e púmices das encostas através das "Obras de Eliminação de Detritos Instáveis".

### **7.2.9 Obras de Muros de Contenção**

As obras de muro de contenção são utilizadas para Medidas Estruturais de rupturas em encostas de pequena escala, causando resistência contra a pressão do solo em encostas instáveis e evitando à força as rupturas. Portanto, a definição da forma é realizada por cálculo da estabilidade em relação à pressão do solo.

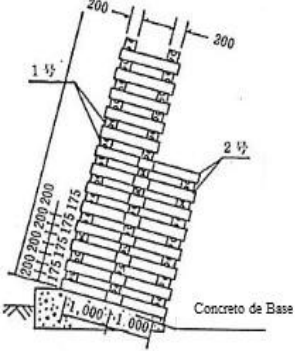
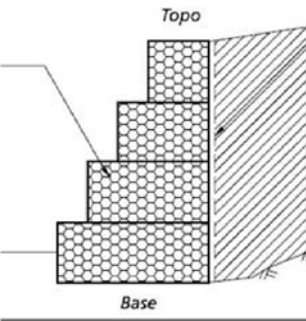
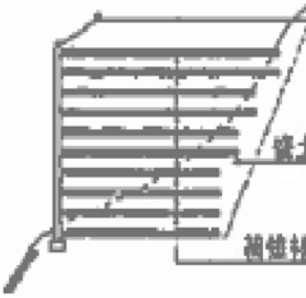
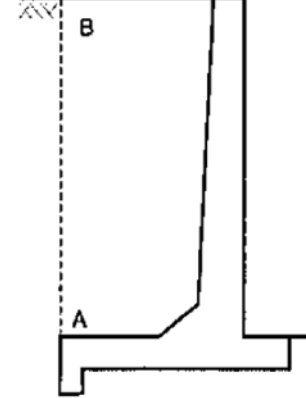
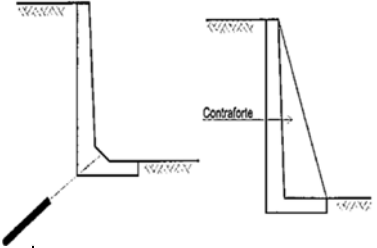
A estabilidade em relação a deslizamento, tombamento e força de apoio é checada através de cálculos de estabilidade. As obras de muro de contenção são utilizadas em locais e objetivos apresentados abaixo:

1. Estabilizar a parte inferior do declive
2. Evitar rupturas de pequena escala em interrupções do declive
3. Utilizado como fundação para obras de grelhas
4. Reforço de aterros de contenção

O tipo, característica e condições de adaptação dos muros de contenção mais utilizados são apresentados na tabela 7.1. A seleção do tipo de obras mais adequado para as funções requeridas no local do projeto pode tomar como referência esta tabela.



Tab.7.1(2): Tipos e Características de Obras de Muro de Contenção

<p>Obra de Contenção Crib-Wall de Concreto</p>		<p>Conter pequenas rupturas em encosta de terrenos frágeis com nascentes</p>	<p>&lt;15m</p>	<p>Alta permeabilidade estruturalmente, não necessitando considerar a pressão dos poros. Não ocorre ruptura em caso de subsidência do solo devido à sua flexibilidade. Muito utilizado em regiões de ocorrência de deslizamento de solo.</p>
<p>Obra de Contenção com Gabião</p>	 <p>Gabião de 1m x 0,5m x (1 a 2m)</p>	<p>Contém rupturas de pequena escala em encostas com muitas nascentes. Geralmente utilizado em obras de Medidas Estruturais emergenciais permanentes.</p>	<p>&lt; 5m</p>	<p>Utilizado da mesma forma que muros de concreto devido a sua alta permeabilidade e flexibilidade. Fácil construção, podendo utilizar materiais do próprio local. Baixo custo. Mas possui baixa resistência devido grande suscetibilidade a ferrugens.</p>
<p>Obra de Contenção com Reforço do Solo</p>		<p>Reforçamento através de placas ancoradas no solo que utilizam a fricção entre o solo e o material de reforço do solo. Utiliza-se aço, material geotêxtil.</p>	<p>3 a 18m</p>	<p>Não é apropriado para bases de construções devido à deformação que sofre no momento de servir como reforço. Possível utilizar em solos frágeis.</p>
<p>Muro de Concreto Armado</p>		<p>É adotado quando não há espaço de localização de muros, sendo necessário verticalizar as encostas e, ao mesmo tempo, tiver altura de 4m ou mais.</p>	<p>4 a 7m</p>	<p>A construção é possível de ser realizada em qualquer lugar. Caso não seja possível executar a escavação, utiliza-se a âncora em forma de "L" invertido ou do tipo de contraforte. ("L" invertido) (Tipo de Contraforte)</p> 

### 7.2.10 Obras de Ancoragens

Método que estabiliza as encostas aumentando a força de resistência com a força de tensão de ancoragem para proteção contra deslizamento de rochas altamente intemperizadas, rochas com muitas juntas/falhas e a superfície do solo. É muito utilizado em conjunto com obras de enquadramento de concreto injetado in loco, muros de contenção de concreto e de concretagem.

As obras de ancoragens são utilizadas nas encostas com inclinações acentuadas e longas, nas quais são difíceis de serem estabilizadas através de outros métodos de construção. São utilizadas também quando não é possível utilizar obras como retaludamento e muro de espera, devido à existência de ocupação habitacional nas partes superior e inferior das encostas. É utilizado em conjunto as obras de ancoragens e obras de muro de contenção, quando são necessárias grandes forças de contenção. As obras de ancoragens são limitadas para solos firmes ou rochas onde possam ser fixadas as âncoras. Em um projeto de obra de ancoragem é importante estimar a localização da superfície de deslizamento e estar informado a respeito do posicionamento da camada de fixação e da característica da resistência. É necessário realizar a sondagem geotécnica e a prospecção sísmica.

Nas obras de ancoragens estão incluídas obras como a ancoragem no solo, chumbador (rock bolt) e solo grampeado. Veja as características dessas obras na tabela 7.2.

Tab. 7.2 Comparação das Obras de Ancoragens

Método de Construção	Obra de Ancoragem no Solo	Obras de Chumbadores (Rock Bolt)	Obra de Solo Grampeado
Mecanismo do Método das Obras com Estrutura de Contenção	Construir a parte fixa da âncora no terreno estável, colocando a força de tração para controlar ativamente o deslizamento	Juntamente com as deformações dos terrenos naturais, gera passivamente uma força de tração no aço, controlando a ocorrência de deslizamento.	Juntamente com as deformações dos terrenos naturais, gera passivamente a tração no aço, estabilizando os taludes.
Seleção da Função	Em muitos casos, espera-se, ou o efeito de aperto ou de contenção.	Há a expectativa dos dois efeitos, tanto o de aperto como a de contenção.	Não são realizados cálculos de projeto mecânico.
Utilização dos Métodos	Quando se espera o efeito de aperto, o solo compactável não é adequado.	Considera-se como principal âmbito de aplicação: Comprimento da Ruptura: L=30m ou menos Profundidade da Ruptura: menos de aprox. 30m	Aplicado para rupturas rasas com profundidade de 2m ou menos.
Seleção do Material de Tração	Há cordoalhas e deformadas barras de aço para concreto protendido, entre outros. São selecionados principalmente pela amplitude da força de contenção necessária.	Há vários tipos, tais como chumbadores, tirantes de aços deformados e barras roscadas. São selecionados pela amplitude da força de contenção necessária.	Vergalhões deformados (de D19 a D32), barras roscadas
Eficácia na Introdução Inicial	Introduzir uma força tênsil que satisfaça o fator de segurança de deslizamento.	Em princípio, não será introduzida a força da tração.	Não será introduzida a força da tração.
Injeção de Argamassa	Geralmente é injetada sob pressão	Praticamente sem nenhuma injeção sob pressão	Sem injeção sob pressão
Condições Adequadas de Solo	Escala de deslizamento acima da intensidade média	Escala de deslizamento abaixo da intensidade média	Ruptura do solo superficial
Desempenho Econômico	Caso seja necessária uma grande força de contenção, é econômico	Caso a escala de deslizamento seja abaixo da intensidade média o custo é relativamente benéfico	Caso a medida de ruptura seja de pequena escala, o custo é baixo



### 7.2.10.1 Obras de Ancoragem do solo

As obras de ancoragem no solo são utilizadas com a finalidade de reforçar a estabilidade, aplicando tensões de forma direta nos terrenos naturais estáveis ou adotando conjuntamente outros métodos de construção, tais como obras de grelhas de concreto moldado in loco, de muro de concreto armado e de muro de arrimo. Essas ações são executadas em casos de ocorrência de riscos de queda ou esfoliação das partes superficiais das rochas duras ou macias, que se encontram nas encostas, devido à existência de juntas/fraturas/estratificação nas rochas. A estrutura da ancoragem no solo e a função de contenção são ilustradas na Figura 7.8. Compõe a obra de ancoragem no solo: dispositivo de fixação do topo (cabeça), elemento de tensão e fixação da âncora. A fixação da âncora se torna unificada com a fundação através da injeção de argamassa e nata de cimento. Considera-se a fixação da fundação: fundação rochosa ou camadas de cascalho e areia apertadas.

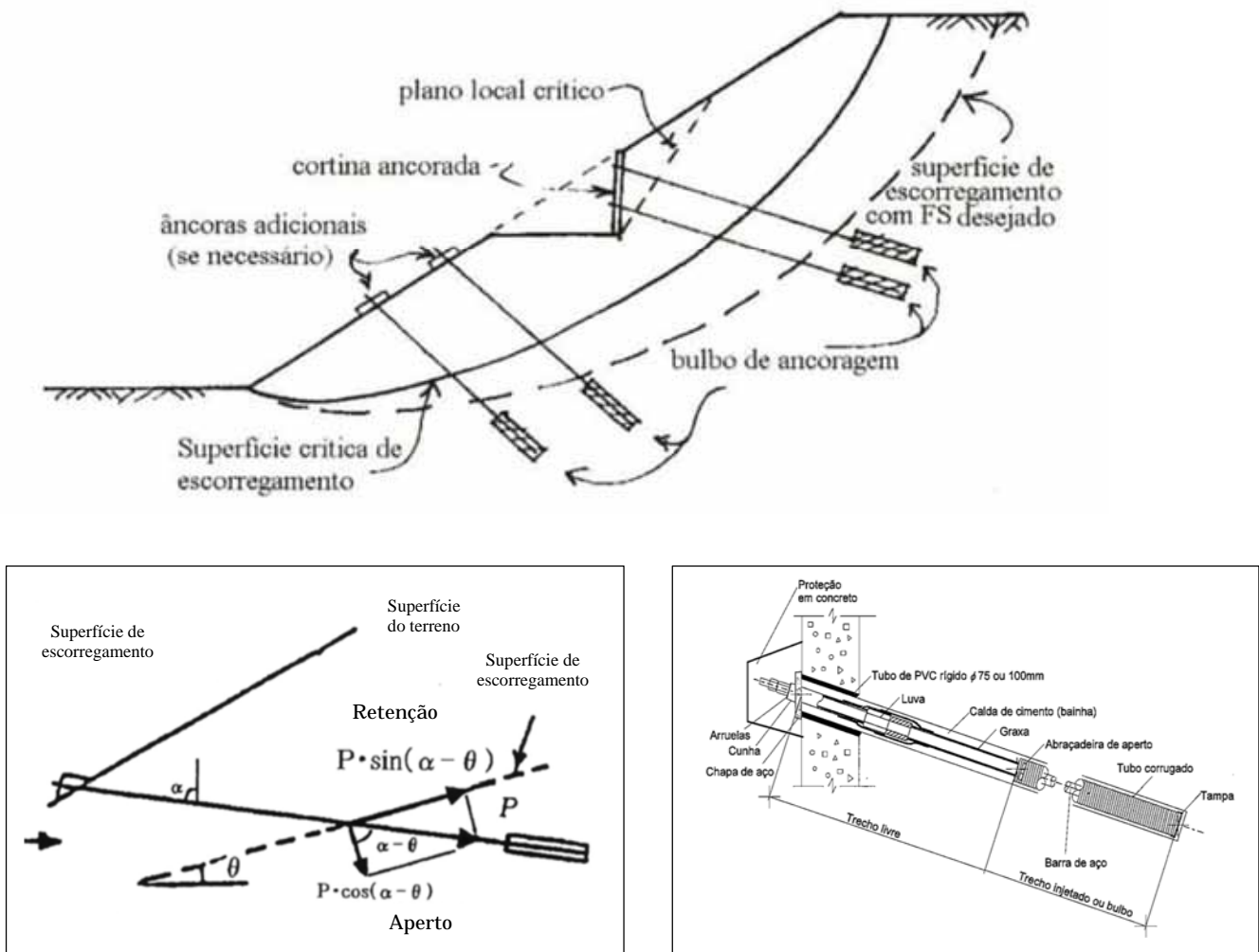


Figura 7.8 Estrutura das Obras de Ancoragem no Solo e Estrutura de Contenção (17)

### 7.2.10.2 Obras de Chumbadores (Rock Bolt)

As obras de chumbadores em solos ou rochas têm o objetivo de contenção da ruptura de talude natural, principalmente pela força de tração dos materiais de aço, através da injeção das argamassas ou natas de cimento nos aços relativamente curtos, colocados nos terrenos naturais após a perfuração. O mecanismo em relação à contenção das rupturas é o mesmo da ancoragem no solo. A estrutura da obra de chumbadores é constituída pelo topo (cabeça) e materiais de aço, como ilustrado na Figura 7.9. As partes dos perfis de aço se tornam unificadas com os terrenos naturais através da injeção de nata de cimento. Muitas vezes, as partes do topo (cabeça) são conjugadas com as obras de grelhas.

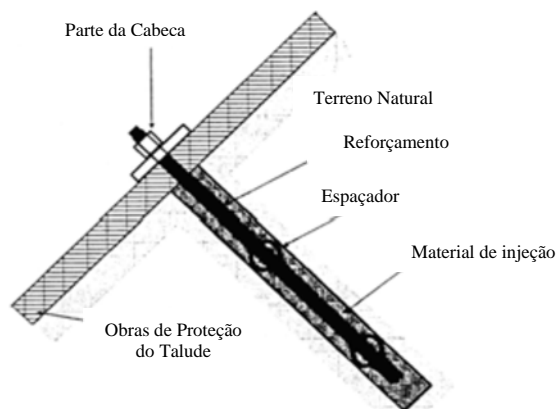


Figura 7.9 Estrutura da Obra de Chumbadores (Rock Bolt)

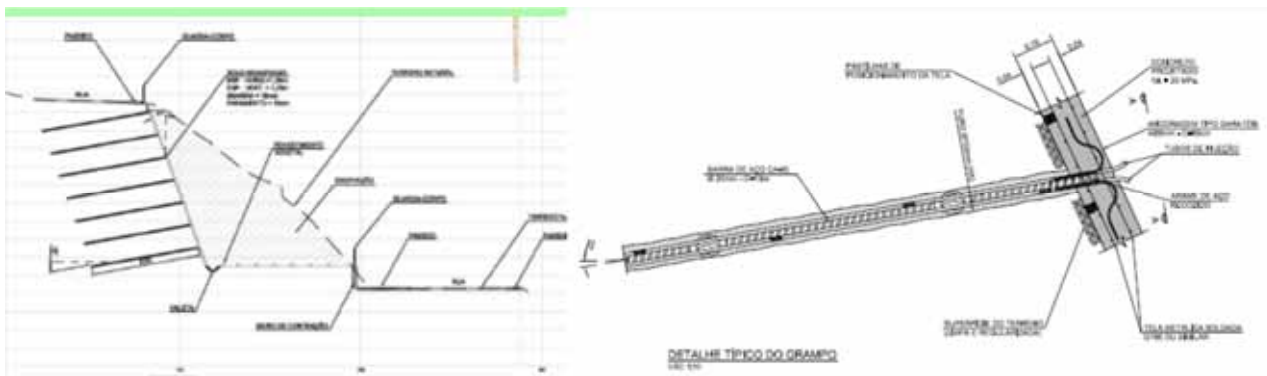
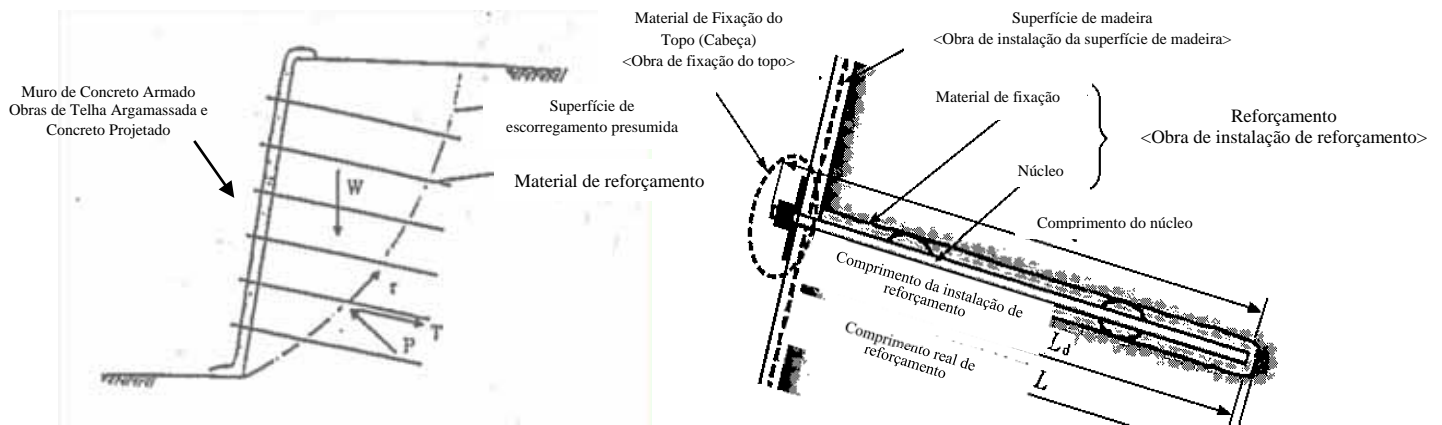
### 7.2.10.3 Obras de Solo Grampeado

As obras de solo grampeado têm o objetivo de estabilizar rupturas rasas estimadas através da otimização da resistência à tração do solo e da força de cisalhamento, inserindo vergalhões dentro do solo. Comparando com as obras de estacas e obras de chumbadores, a profundidade é rasa, e é utilizada com a finalidade de estabilizar terrenos naturais que possui propriedades materiais de baixa rigidez. É utilizado como medidas de rupturas com profundidade de 2m ou menos. Em comparação com obras de chumbadores, o custo é baixo. Como é possível realizar uma construção invertida, não necessita de instalação temporária, possibilitando implementar obras de forma simples.

A inserção de vergalhões tem efeito de reforçar o solo superficial instável mesmo sem necessariamente inserir até o terreno estável. A obra é bastante simples, necessitando apenas efetuar a perfuração (diâmetro: 40-90 milímetros), inserir vergalhões (D19-32) e aplicar natas de cimento e argamassas para rejuntamento no talude instável. O comprimento para inserir vergalhões, de modo geral é curto, com 3 a 4m.

No caso de efetuar inclinação acentuada com gradiente de corte perpendicular até 1: 0,3 para a utilização do terreno ou outros fins, conjuga-se as obras de muro de concreto armado e obras de chumbadores com a finalidade de estabilização. Este método é chamado de Cortina Grampeada, no qual é uma das obras chumbadores.

É possível projetar obras semelhantes às obras de chumbadores, presumindo a superfície de deslizamento. O efeito de reforço de resistência à tração pela obra de solo grampeado e a estrutura básica estão ilustrados na Figura 7.10.



( Cortina grampeado )

Figura 7.10 Obra de Solo Grampeado

### 7.2.11 Obras de Estacas (Estacas de Aço, Estacas de Concreto ) (Tubulão)

As encostas podem ser estabilizadas causando resistência ao deslizamento com estacas em sua superfície de deslizamento em casos de rupturas de encostas a favor e rupturas com existência clara de superfície de deslizamento. Existem 2 formas de obras, as estacas introduzidas através de previa perfuração por sondas e estacas cravadas, onde na maioria dos casos utiliza-se o primeiro pois é possível seu posicionamento em locais com pouco espaço. Os tipos de estaca podem ser os tubulares de aço e os de aço em forma de H.

O posicionamento das estacas um pouco abaixo da metade da altura do declive previsto é mais eficaz em termos de força de stress. Na maioria dos casos utiliza-se um espaçamento de aproximadamente 1,5 m para evitar o escape do maciço de terra rompido do vão entre as estacas. O projeto das estacas deve ser com segurança para o momento fletor e força de torção.

### 7.2.12 Obras de Estacas com Cercado para o Reforço de Solo

É Obra com estrutura de contenção instalado na parte mediana do declive onde estima-se deslizamento plano de solo superficial fino, ruptura de deslizamento circular e ruptura localizada. A ruptura de solo superficial é evitada através da implantação de estacas de perfuração na superfície de deslizamento na superfície inferior da camada de solo onde preveem-se rupturas e placas com largura de 1 m no coroamento do muro para proteção de desmoronamento. Estacas de aço em forma de H são inseridas após a perfuração por sonda. As estacas são fixadas

injetando argamassa nas cavidades entre a perfuração e aço em H. A placa instalada no coroamento pode ser placa de aço, aço em H, etc. O posicionamento das estacas pode ser projetado aproximadamente da mesma maneira que as obras de estacas.

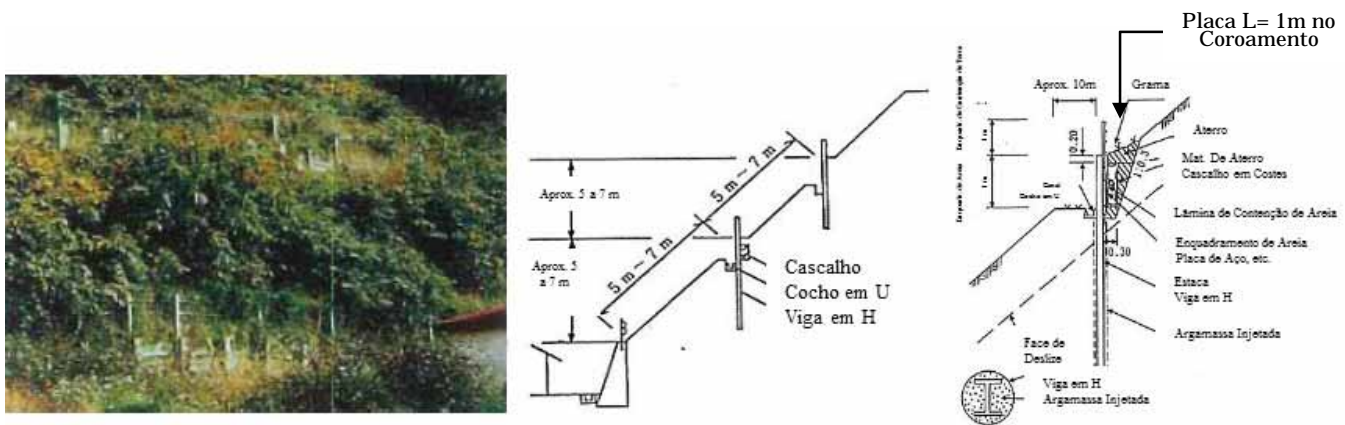


Fig.7.11: Cerca de Retenção e Terra

### 7.2.13 Obras de Prevenção de Queda de Blocos

A construção de obras de prevenção de queda de blocos tem a finalidade de evitar antecipadamente quedas dos blocos desenvolvidos em púmices, pedregulhos e rachaduras abertas nas encostas. Essa obra é uma medida de intervenção na origem das quedas de blocos.

Nas obras de prevenção de queda de blocos são aplicadas todas as obras com e sem estruturas de contenção (exceto obras de estacas) que representam medidas da fonte causadora da ruptura da encosta. Como um método utilizado especialmente para essa obra há o tipo de obra de compactação da base e a obra de amarração com redes ou cabos metálicos.

#### 7.2.13.1 Obras de Compactação da Base

No caso de elevado risco de quedas de grandes blocos de rochas, que já desenvolveram rachaduras abertas, ou, quando não for possível efetuar a remoção dos púmices ou pedregulhos instáveis, a obra de compactação da base tem o método de estabilizar essas rochas com rachaduras desenvolvidas, púmices ou pedregulhos, do jeito que se apresentam, combinando com escoras de concreto e muros fundidos no local. É fixado com o chumbador de rocha para estabilizar escoras de concreto e outras partes quando ocorrer carga desequilibrada devido ao deslocamento das rochas.

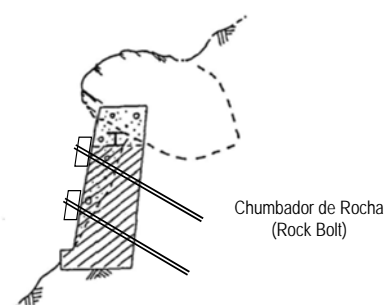


Figura 7.12 Obras de Compactação da Base

### 7.2.13.2 Amarração com Redes e Cabos Metálicos

É um método para fixar os cabos metálicos em forma de rede ou malhas nos taludes, cobrindo ou enlaçando a parte da base deles com vários cabos para evitar que os púmices e os pedregulhos não deslizem ou rolem (Veja a Figura 7.13). É necessário fixar os cabos metálicos nas fundações sólidas com parafusos de ancoragens ou outros métodos. Contudo, como são medidas de caráter urgente e provisória, posteriormente, será necessário mudar para outras obras de Medidas Estruturais ou utilizá-las em conjunto com outros métodos.

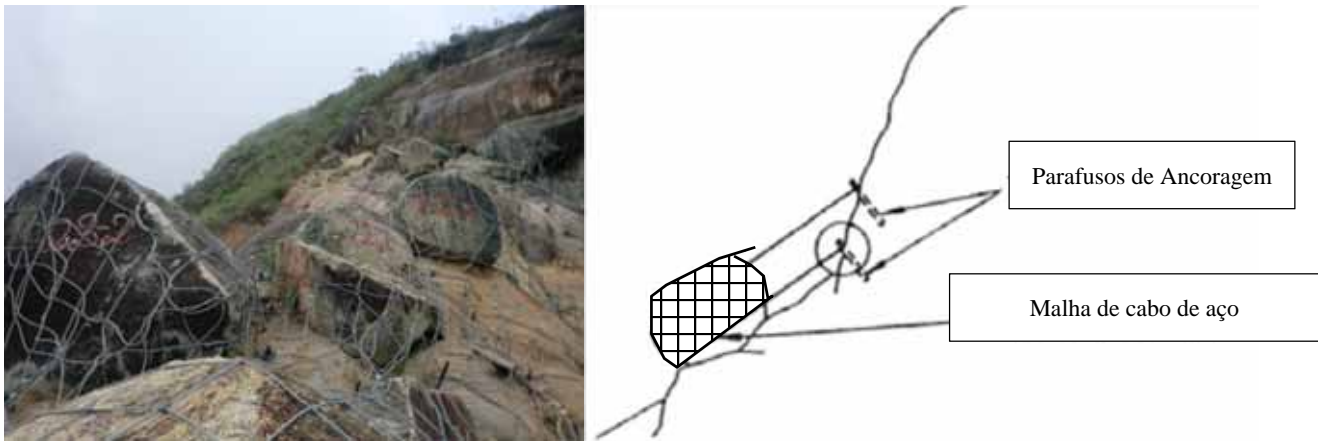


Fig. 7.13 Armação de cabos metálicos em forma de malhas

### 7.2.14 Obras de Muro de Contenção de Concreto com Estrutura de Espera

Os custos de Medidas Estruturais com estrutura de contenção são altos em encostas longas sendo difícil a execução das obras. Nestes casos utilizam-se muros de contenção por gravidade, um pouco afastado da parte inferior da encosta, para conter e sedimentar o solo desmoronado. Este é a obra de muro de contenção com estrutura de espera.

O vão entre a encosta e o muro de contenção (volume da bolsa do muro de contenção) deve ter a localização e altura definidas para suportar o volume de ruptura previsto. Deve-se avaliar a possibilidade de suportar o volume com o retaludamento de parte da encosta, caso não for possível garantir o volume devido à aproximação da zona urbana.

$$V_p = K \cdot V_a \cdot \dots \dots \dots (8)$$

Onde:

$V_p$ : Volume da bolsa do muro de contenção ( $m^3$ )

$V_a$ : Volume da ruptura previsto ( $m^3$ )

$K$ : Constante do volume da bolsa ( $K=0.6 \text{ a } 1.0$ ), Condições do manejo da eliminação de blocos no dia a dia, Constante, considerando a expansão do desmoronamento no plano

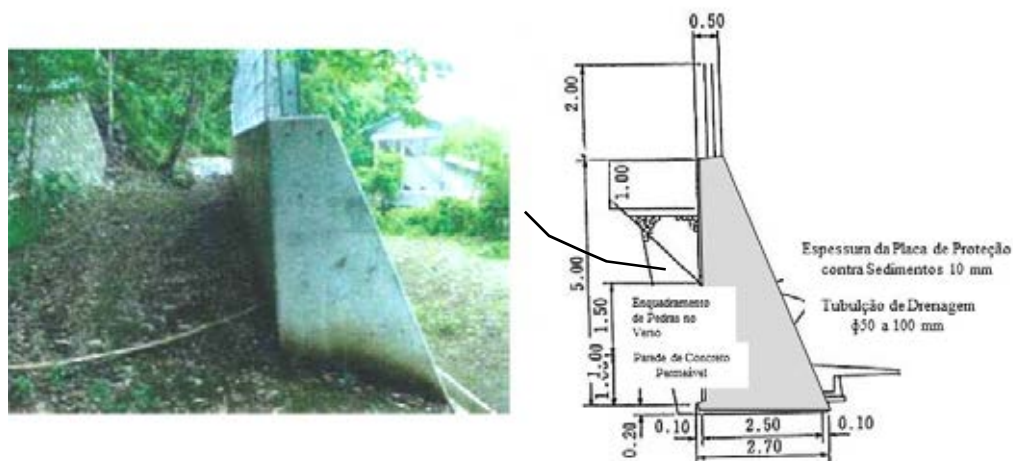


Fig.7.14: Obras de Muros de Espera

### 7.2.15 Obras de Proteção contra Queda de Rochas

A obra de proteção contra queda de rochas é adotada nos taludes com rochas macias, onde não são instaladas as obras de prevenção de queda de blocos, ou nos lugares onde é previsto a ocorrência de quedas de fragmentos, como as de cascalhos, devido à correnteza das águas pluviais nas costas rochosas misturadas com detritos. É utilizado também nos lugares onde a aplicação das obras de proteção são insuficientes. O formato estrutural do "Método da obra de proteção contra queda de rochas" é classificado em "Cercados de Proteção" e "Redes Protetoras". Em relação à função e aplicação desses métodos são apresentadas na Tabela 7.3. A seleção do método da obra é realizada considerando a resistência, facilidade de construção, gestão de manutenção e desempenho econômico baseada nos estudos de investigações dos taludes e energia de quedas de blocos.

Tabela 7.3 Classificação das Obras de Proteção contra Queda de Rochas e suas Funções/Aplicações

Tipo de Obras	Obras de redes protetoras contra queda de rochas	Obras de cercados de proteção contra queda de rochas
Conteúdo do método da obra	Cobrir toda a superfície de talude, que tem risco de gerar quedas de blocos, com redes protetoras, cabos metálicos ou outras formas para deter as quedas de rochas ou encaminhá-las para encosta abaixo.	Os cercados de proteção contra queda de rochas são instalados no cume do talude, que tem facilidade de originar quedas de blocos, ou na parte média do declive para detenção. Após aprisionar as rochas caídas, será necessário realizar remoções das mesmas.
Taludes recomendáveis para adoção das obras	Nos taludes que tem facilidade de gerar quedas de rochas de pequena escala ou que têm púmices com tendência de acarretar esfoliação ou descamação da fundação rochosa.	Quando o custo da obra se torna elevado devido às complicações e dificuldades de cobrir totalmente o declive longo de interesse com as redes protetoras, de forma extensa, nos taludes com uma escala relativamente pequena de gerar quedas de rochas.
Principais tipos de obras	1) Obras de tela de alta resistência para direcionar e amortecer a queda de blocos: desacelera as quedas e encaminha para encosta abaixo pela tensão da tela e pelo atrito de quedas de blocos e terrenos naturais.	1) Cabos metálicos do tipo malha de aço: equipado com cabos metálicos, malhas de aço, tendo o aço H como escora.
	2) Obras de telas protetoras contra queda de rochas (do tipo de bolso): instalar no topo, entradas para aprisionar as rochas que caírem.	2) Aço do tipo H: montado com metais expandidos ancorado pelo aço H.

### 7.2.15.1 Cercados de Proteção contra Queda de Rochas

O cercado de proteção contra queda de rochas é montado pelas obras de fundação de concreto e de contenção, equipadas com escoras, cabos metálicos e outros materiais. A altura é definida pressupondo saltos de 2m das rochas que caem.

Cabos metálicos do tipo malha de aço: as energias de distorção dos cabos metálicos, malhas de aço e escoras absorvem as energias cinéticas das quedas de rochas. Aço do tipo H: instalar materiais de amortecimento como pneus usados na parte dianteira da cerca para absorver energias.

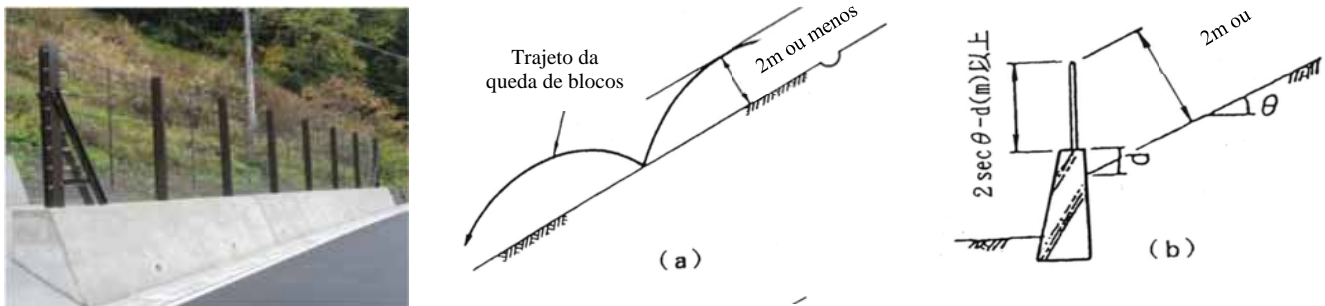


Figura 7.15 Cercados de Proteção Contra Queda de Rochas (Cabos metálicos do tipo malha de aço)

### 7.2.15.2 Telas Protetoras contra Queda de Rochas

A Tela de Alta Resistência para Direcionar e Amortecer a Queda de Blocos tem a finalidade de encaminhar seguramente os blocos que caem, para o canto inferior do talude pela passagem de abertura criada entre malhas de aço e talude artificial. Essa obra é feita cobrindo o talude artificial cortado ou toda a encosta, que têm riscos de quedas de blocos, com a combinação de malhas de aço e cabos metálicos.

A Tela de Alta Resistência para Direcionar e Amortecer a Queda de Blocos cobre toda a superfície de talude que tem risco de gerar quedas de blocos. Por outro lado, as Telas Protetoras contra Queda de Blocos do Tipo Bolso têm o formato de estrutura de bolsa entre as malhas de aço e talude artificial. Essa construção é feita despreendendo a parte superior das malhas de aço de talude artificial, utilizando escoras de bolso ou mini escoras. Como as rochas que caem acima da parte superior das malhas de aço também entram nessa parte do bolso, mesmo que o ponto gerador de quedas ocorra em alturas imprevistas, tem um funcionamento eficaz.

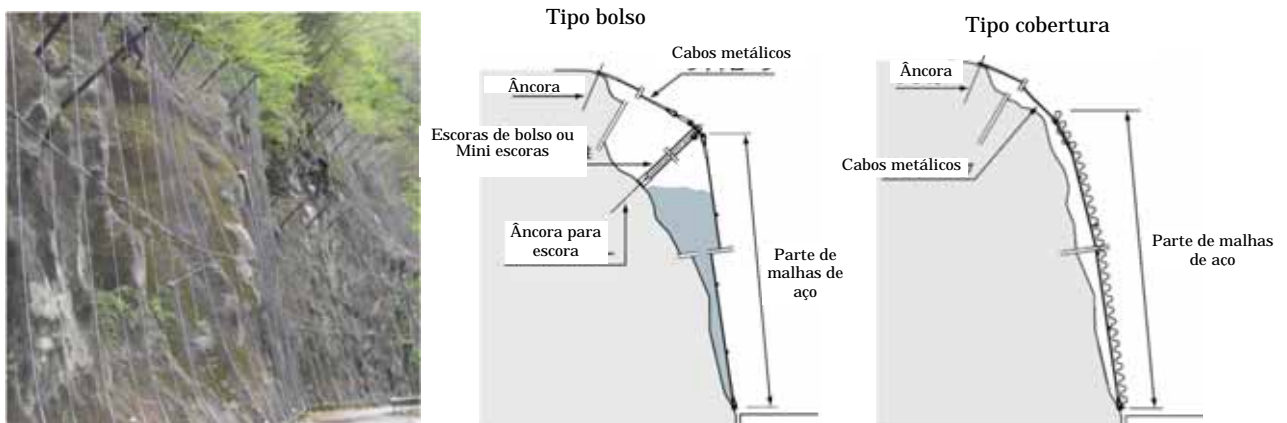


Figura 7.16 Telas Protetoras contra Queda de Blocos

### 7.2.16 Barreiras de Impacto

O método de barreira ao impacto é uma obra protetora contra quedas de blocos, na qual possui a característica de absorver a força de impacto das quedas de rochas e, ao mesmo tempo, aprisionar os detritos. Como as cercas são leves, possibilita executar as obras com máquinas pequenas, podendo assim, proceder de forma rápida e simples. É um método adequado para construir nas áreas onde há obstáculos para colocar muros de impacto e nos locais que há restrições para abater árvores. Ou ainda, quando é necessário concluir as obras em curto prazo como medidas de emergência, entre outras situações.



Figura 7.17 Barreira Flexível ao Impacto

## CAPÍTULO 8 – SELEÇÃO DO MÉTODO DAS OBRAS DE MEDIDAS ESTRUTURAIS EM ENCOSTAS

### 8.1 Itens Normalmente Considerados na Seleção do Método das Obras

O método e tipo da obra devem ser selecionados considerando suficientemente sua estabilidade, resistência, facilidade de construção e harmonia com o meio ambiente ao redor, com base nos fatores e formas de ruptura da encosta em questão, no projeto de obras de proteção de rupturas em encostas. O método da obra deve ser combinado com outros métodos adequados de acordo com a necessidade.

As encostas onde são realizadas as Medidas Estruturais de rupturas são próximas a áreas urbanas, onde a ocorrência de rupturas possui alto perigo em causar danos à vida humana. Assim, deve-se considerar suficientemente sua estabilidade e resistência. Além disso, é desejável considerar a harmonia com o meio ambiente da redondeza utilizando obras de proteção com vegetação onde é permitido, para assegurar a estabilidade da encosta.

As obras de drenagem superficiais, dentro das obras sem contenção, devem ser projetadas, a princípio, para todos os locais e dimensões. As obras de drenagem de águas subterrâneas devem ser projetadas de acordo com a necessidade, em locais com lençol freático elevado, onde existem muitas nascentes.

### 8.2 Tipos e Processo de Seleção do Método das Obras

O tipo e método das obras são realizados de acordo com o seguinte processo.

#### (1) Primeiro Passo

Os tipos de obras sem contenção, drenagem superficial, etc., devem ser selecionados de acordo com o fluxograma de seleção de tipos de obras da Figura 8.2, de acordo com as diretrizes das Medidas Estruturais das



encostas, com base nos resultados de investigações detalhadas em campo. Deve-se tomar como referência os seguintes resultados de levantamento em campo na utilização do fluxograma:

- Tabela explicativa da Figura 8.2: Método de Decisão e Indicativos
- Tabela 4.2: Resumo do Levantamento em Campo
- Tabela 8.3: Indicativos para Seleção da Forma de Proteção de Taludes

#### (2) Segundo Passo

O método da obra deve ser selecionado de acordo com a Tabela 8.1, com base nas investigações detalhadas em campo, tomando como referência os fatores e mecanismo da ruptura. Poderá ser selecionado vários tipos de obras através desta tabela.

#### (3) Terceiro Passo

A seleção do tipo de obra do segundo passo deve considerar a geologia e forma de ruptura. A seleção final do tipo de obra, ou tipos de obras, deverá considerar a “altura necessária da medida estrutural” e “comparação de custos”. Deve-se tomar como referência as seguintes tabelas / figuras:

- Tabela 7.2: (1) a (2) Tipo / Método e Características das Medidas Estruturais de Rupturas em Encostas
- Item 7.2: Geral

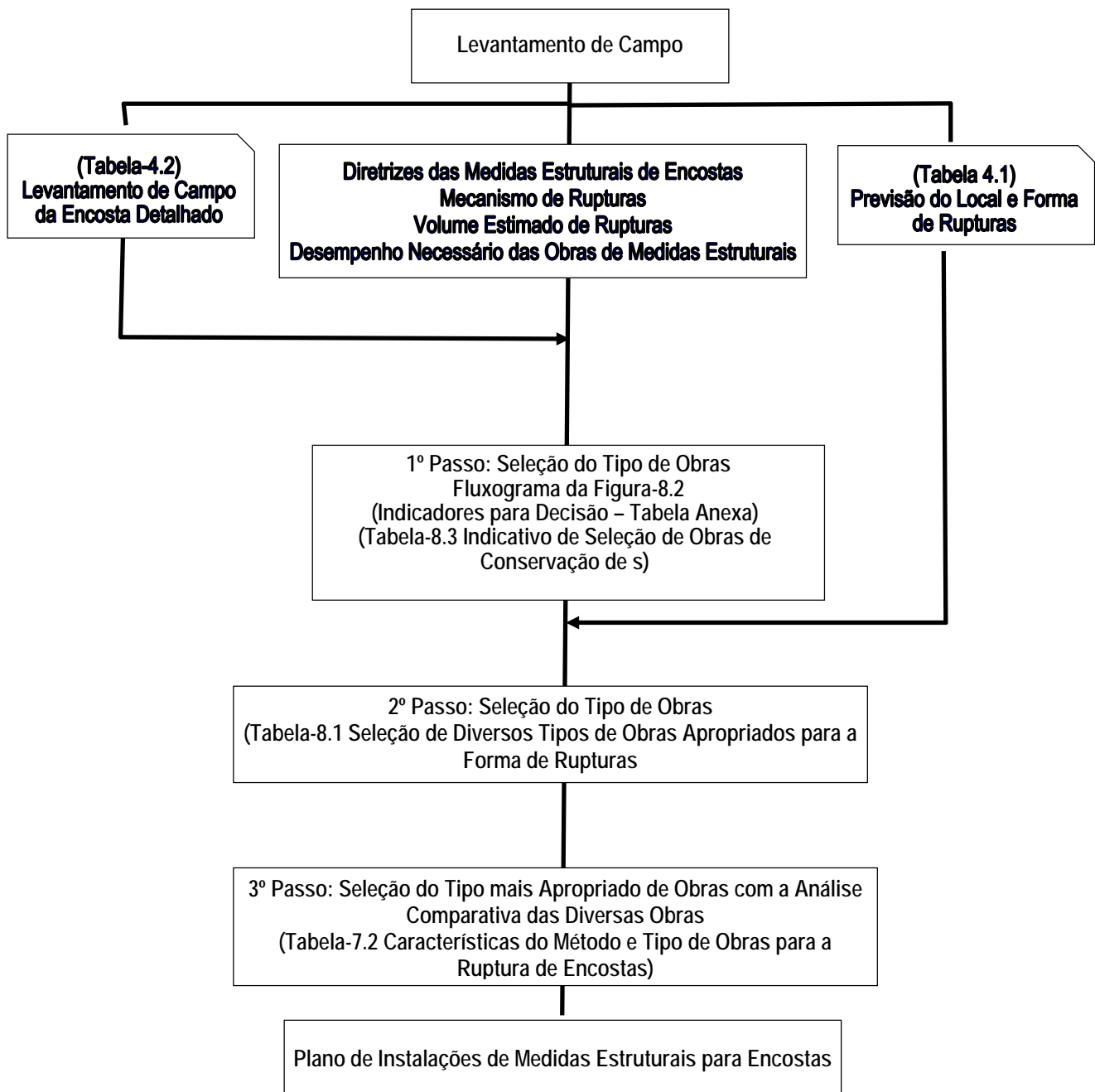


Fig.8.1: Processo de Seleção do Tipo e Método da Obra

### 8.3 Fluxograma para a Seleção do Tipo de Obras

A seleção do tipo da obra deverá seguir a Figura 8.2, com base nos resultados de investigações detalhadas em campo, de acordo com as diretrizes das Medidas Estruturais de ruptura das encostas. A seleção do método da obra deve considerar a possibilidade de instalação na encosta em sua totalidade, considerando a altura, escala, paisagem, condição de construção, etc., e a situação real de construção, custo da obra, etc. existente.

A seleção do tipo de obra deve ser realizada considerando em primeiro lugar obras de proteção de rupturas (principalmente obras com contenção) que estabilizam a encosta em sua totalidade, e em segundo obras de

proteção (principalmente obras sem contenção) contra a erosão superficial e desmoronamento por intemperismo parcial. Devem realizar os procedimentos de cada forma de ruptura caso houver mais de um.

O fluxo para a seleção do tipo de obra é apresentado a seguir:

(1) A eliminação mínima de blocos instáveis deve ser selecionada em casos em que há a ocorrência de blocos com alto grau de perigo, como com ângulo negativo, onde somente resta a forma de eliminá-los ou é evidentemente mais econômica sua eliminação;

(2) A formação da encosta deve ser realizada com o menor corte possível, considerando a inclinação de taludes artificiais padrões indicados nas diretrizes. Mas, não é possível selecioná-lo em caso com restrições como encostas longas ou insuficiente espaço;

(3) Utilizar instalações com estrutura de contenção em encosta acima citadas em que há instabilidade em parte da encosta. Neste caso deve-se calcular a resistência da fundação da base e grandeza da força de contenção necessária.

(4) Avaliar as instalações com estrutura de contenção adequadas considerando a estabilidade da encosta total;

(5) Projetar instalações relacionadas a sondagem para drenagem por exemplo, caso os resultados de investigações indiquem influência de águas subterrâneas além do balanço das forças;

(6) Avaliar a possibilidade de proteção do talude artificial para a proteção localizada contra erosão e intemperismo por água superficial;

(7) Na realidade não se realiza todas as seleções acima citadas, mas a seleção de alguns métodos de obras considerando a importância, urgência e o custo da obra de medidas estruturais.

#### **8.4 Seleção do Método da Obra**

A seleção do método da obra a ser realizada de acordo com a forma e fatores da ruptura, previstas através de investigações detalhadas em campo, como apresentado na Tabela 8.1. Quando resultar em mais de 2 tipos de obras, deve-se realizar a comparação de custos e definir o método.

A Tabela 8.4 apresenta uma indicação para a seleção da obra de proteção do talude artificial.

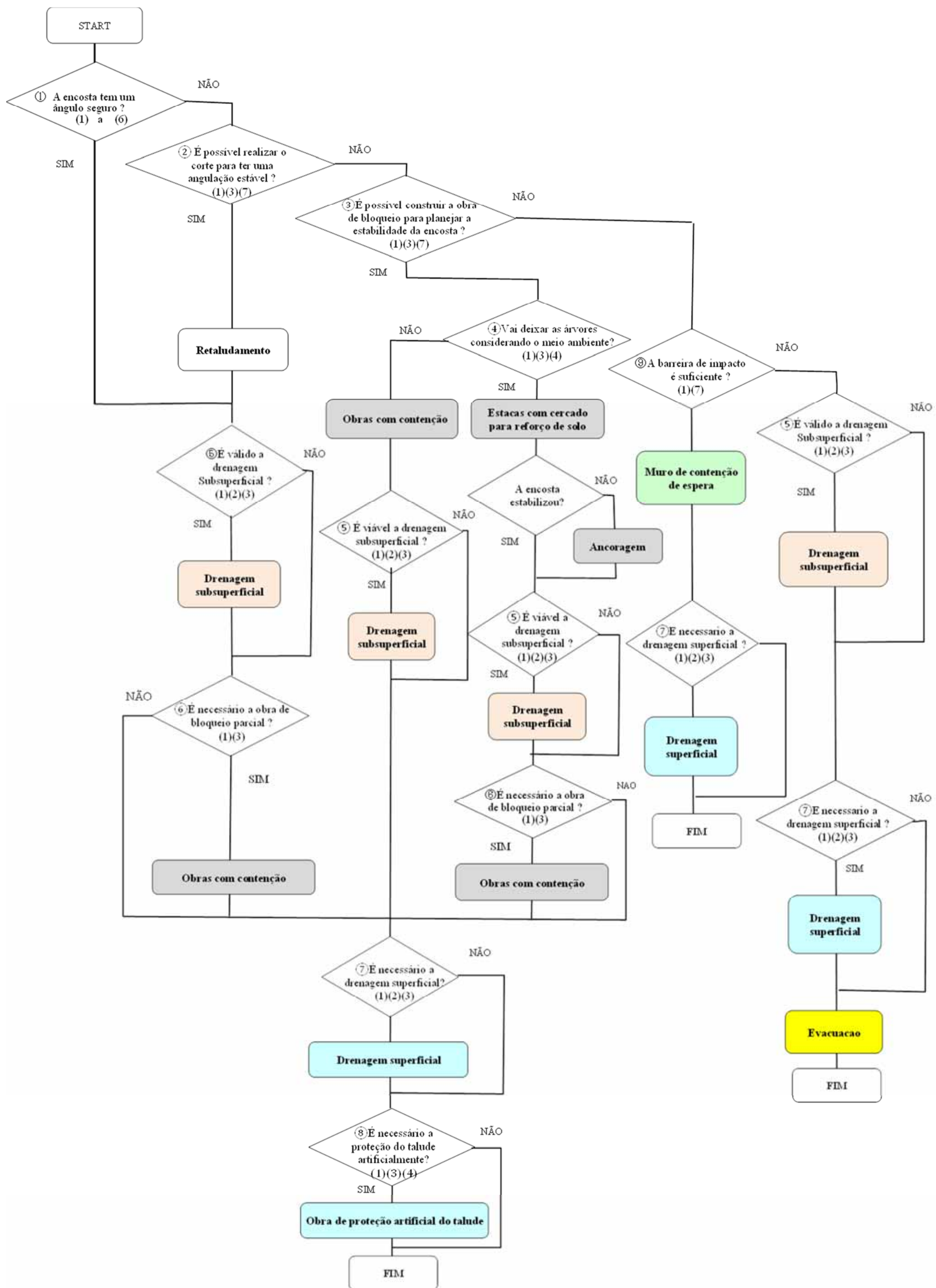


Fig. 8.2: Fluxograma de Seleção de Obras

Decisão	Método de Decisão e Indicativos
①	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É considerado inclinação instável quando confirmado a presença de deformações claras nos resultados de investigações locais. As deformações claras podem ser: falhas na parte superior da encosta, pequenas depressões, cavidade profunda, soltura da divisa do terreno natural e solo superficial, curvatura em árvores, estufamento da parte intermediária da encosta, ângulos negativos, abertura das juntas da encosta a favor, nascentes em áreas contínuas.</li> <li>• É considerado inclinação instável quando a inclinação for maior que a inclinação padrão de superfícies de cortes (Tab. 5.2).</li> </ul>
②	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É considerado possível o retaludamento em encostas com alturas menores que 30 m com ângulo negativo, púmice, sedimentos em terraços, tálus e rochas altamente intemperizadas. No entanto, em casos em que houver habitação na área ou na parte superior da encosta, e não houver planos de transferência destas habitações, não é possível a utilização de cortes.</li> <li>• Considerar impróprio o retaludamento em casos de encostas longas com altura superior a 30 m e instabilidade global do local.</li> <li>• Se houver inclinações instáveis em parte da encosta em casos longas, considerar possível o retaludamento nesta área, estabilizando-se a base em conjunto com obras de muro de contenção.</li> </ul>
③	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar o uso de obras de muro de contenção, grelhas de concreto com ancoragem, ancoragem de solo e ancoragem de fixação como obras de contenção, avaliando a possibilidade de estabilização total. O padrão de decisão é apresentado a seguir.</li> <li>• Considerar possível a estabilização de encosta com alturas menores que 15 m, com obras de muro de contenção e a junção de muro de contenção com grelhas de concreto.</li> <li>• As obras de grelhas, como obras de contenção, são as que alcançam as maiores alturas em encostas de acordo com resultados reais, atingindo alturas maiores que 30 m, mas sendo este o limite (vide Fig. 8.3). Alturas maiores têm custos muito elevados. Portanto, considera-se possível a estabilização de encostas por obras com contenção em casos de estabilização por obras de enquadramento em alturas até 30 m.</li> <li>• Considera-se possível a estabilização parcial por obras de ancoragem em casos de alturas maiores que 30 m, mas a estabilização total da superfície não é possível em alturas maiores que 30 m.</li> <li>• Se ocorrer habitação na área da encosta, e não houver planos de transferência, não é possível cortes.</li> </ul>
④	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em casos que há possibilidade de estabilização com obras de cercas para retenção de terra, como em casos de quedas de blocos em camada superficial, que são relativamente rasos, deve-se decidir deixar a parte arbórea.</li> <li>• Se for possível a estabilização da encosta através do conjunto de obras de cercas para retenção de blocos com obras de ancoragem simples, em casos em que a encosta em questão é considerada importante do ponto de vista de paisagem, deve-se deixar a parte arbórea.</li> </ul>
⑤	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar eficaz a drenagem de águas subterrâneas em casos em que ocorram locais com nascente e grande volume de água destas nascentes.</li> <li>• Considerar eficaz a drenagem de águas subterrâneas em casos de depressão onde ocorrem facilmente a concentração de água subterrânea e há grande variação do lençol freático durante as chuvas.</li> </ul>
⑥	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar necessário obras de muro de contenção em inclinações acentuadas devido aos cortes para uso da terra e em colúvios de densidade baixa.</li> <li>• Considerar necessário obras de muros de contenção para estabilizar casos de encostas com rochas intemperizadas instáveis, blocos, etc.</li> </ul>
⑦	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não é necessariamente exigido a drenagem superficial em casos em que a altura da encosta for menor que 10 m e não houver influxo de água das chuvas de áreas ao redor.</li> <li>• É necessária a drenagem superficial em casos em que a superfície do terreno estiver descoberta e composta de solos arenosos frágeis à erosão, mesmo em casos acima citados.</li> </ul>
⑧	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É necessário obras de proteção do talude artificial da erosão e intemperização das encostas. Priorizar a proteção com vegetação de isto for possível.</li> <li>• Selecionar a proteção do talude artificial da construção através das condições do talude apresentadas na Tabela 8.3.</li> </ul>

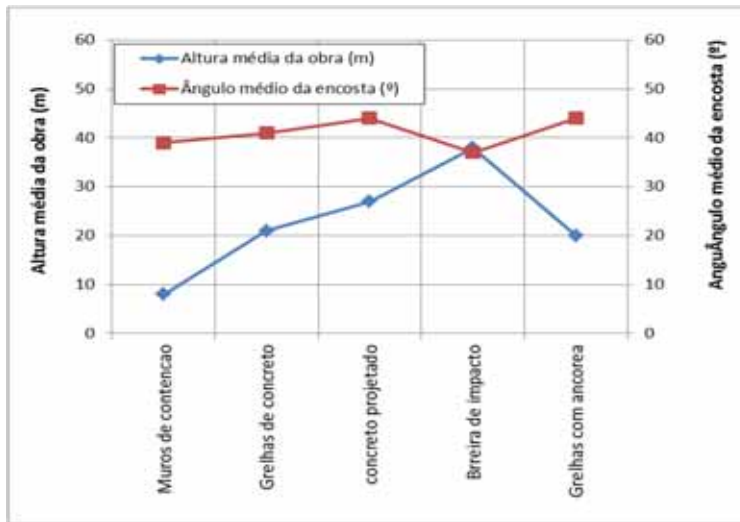


Fig.8.3: Altura Instalada e Ângulo Médio da Encosta em Obras de Medidas Estruturais de Rupturas em Encosta

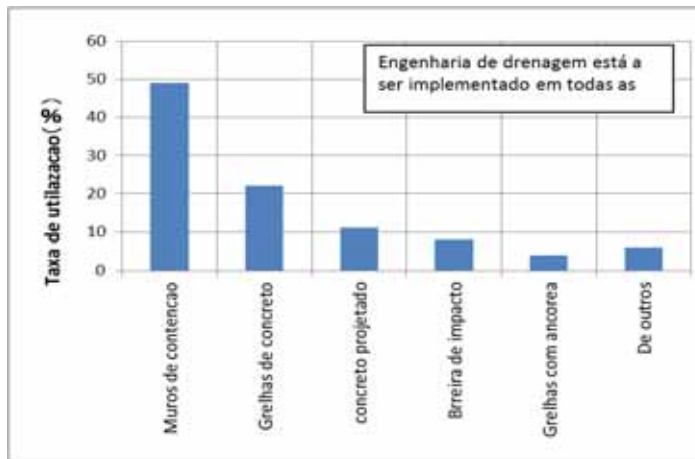


Fig.8.4: Taxa de Seleção de Tipos de Obras de Medidas Estruturais de Rupturas em Encosta (18)

Tab.8.1(1): Seleção de Diversos Tipos de Obras Apropriados para a Forma de Rupturas (Ruptura de Detritos)

Formas de Rupturas		Tab.8.1(1): Formas de Ruptura e Principais Tipos de Obras Utilizadas (Ruptura de Detritos)																																				
		Obras de Controle										Obras de Restrição e de Controle					Obras de Barreira de Impacto																					
		Obras de Drenagem		Obras de Proteção Vegetal		Obras de Proteção da Superfície						Obras de Taludes Artificiais (Retalhamento)		Obras de Muro de Contenção			Obras de Ancoragens		Obras de Estacas, etc.	Obras de Prevenção de Queda de Blocos																		
Estado de Solo (Símbolo)	Subclassificação da Forma de Ruptura	Drenagem Superficial	Drenagem Subsuperficial (Drenagem Profunda)	Obras de Proteção Vegetal	Obras de Cercas	Obras de Concreto Projetado	Obras de Argamassa de Blocos de Pedras/Placas de Concreto	Obras de Argamassa de Concreto (pré-fabricado)	Obras de Grades Pré-moldadas	Obras de Grades com Concreto em Loco	Obras de Grades com Armado e Concreto Projetado	Obras de Eliminação de Detritos Instáveis (Retalhamento)	Obras de Formação de Encostas (Obras de Corte)	Obras de Contenção de Encostas/Blocos	Obras de Muro de Contenção de Concreto por Gravidade	Obras de Muro de Contenção de Concreto Inclinado	Obras de Muro de Contenção de Quadros de Concreto	Muro de Concreto Armado	Obras de Contenção com Terra Armada	Obras de Muro de Contenção de Cobalto	Obras de Ancoragens no Solo (Ground Anchor)	Obras de Parafuso de Pregagem	Obras de Solo Orangeado	Obras de Estacas de Tubo de Apoio/Concreto	Obras de Cercas de Retenção	Obras de Compactação da Base	Obras para Cobrir com Malha Metálica	Obras de Muros ou Telas de Contenção de Impacto	Cercados de Proteção Contra Queda de Rochas	Tela de Alta Resistência para Direcionar e Amortecer a Queda de Blocos	Barreira ao Impacto							
Queda de Detritos	A	1-(1) Queda do Solo Orgânico	○		△					△		⊙	⊙																									
	B	2-(1) Queda de Colúvio	○	△	△				△	△		⊙	⊙								△														△			
	C	3-(1)-a Queda de Solos Depositados em Terraços na Camada Impermeável	○	△	△		△	△	△	△		⊙	⊙	△		△				△	△	○																
		3-(1)-b Desprendimento de Cascalhos Cortados nos Solos Depositados em Terraços	○	△	△		△	△	△	△		⊙	⊙	△	△	△	△	△	△	△	△																	
	D	4-(1)-a Granitos Arenizados Fortemente Intemperizados	△	△			○	△	○	△		⊙	⊙	△		△				○	△	○																
		4-(1)-b Conglomerado de Rochas Fortemente Intemperizadas, Tipo Calcário	○	△	△		△	△	△	△		⊙	⊙		△																							
Escorregamento de detritos	A	1-(2) Escorregamento do Solo Orgânico	⊙	△	○	△				○	△	⊙	⊙		○	○	△	○		△					△	○												
	B	2-(2)-a Queda de Colúvio na Divisa da Superfície	⊙	△	○			△	△	○	○		○	○	△	○	○	△	○	△	△	○			○	△	△											
		2-(2)-b Queda de Colúvio na Superfície Descontínua	⊙	△	○			△	△	○	△		○	○	△	○	△	△	○	⊙		△			△	△												
	C	3-2 Escorregamento de Solos Depositados em Terraços no Aquífero	⊙	△	○			△	△	△	△		○	○	△	○	△	△	○	△	△				△													
	D	4-(2)-a Escorregamento da Rocha Deteriorada Altamente Intemperizada	⊙	△	○	○		△	△	○	○		⊙	⊙	△	○	○	△	○	○	△	○	△		⊙	△	○											
		4-2-b Escorregamento Rotacional do Nível Residual Interno	⊙	⊙	○	○						○	⊙	⊙		○	○					⊙	○	⊙														

A: Superfície do Solo B: Colúvio C: Sedimento não Consolidado D: Solos Depositados em Terraços E: Rocha Altamente Intemperizada F: Rocha I G: Rocha II

⊙ : Melhor Solução ○ : Solução (Não a melhor) △ : Solução mas não apropriada Sem Marca : Praticamente sem solução

Exemplos do Japão (Novo projetos de obras de prevenção de rupturas de encostas e Exemplos reais - Japan Sabo Association, 2007

Formas de rupturas de encostas mais frequentes e Medidas estruturais, extraídos de diversas bibliografias e exemplos de projetos Brasil

Tab.8.1(2): Formas de Ruptura e Principais Tipos de Obras Utilizadas (Queda de Rochas)

Formas de Rupturas		Tab.8.1(2): Formas de Ruptura e Principais Tipos de Obras Utilizadas (Queda de Rochas)																														
		Obras de Controle										Obras de Restrição e de Controle					Obras de Barreira de Impacto															
		Obras de Drenagem		Obras de Proteção Vegetal		Obras de Proteção da Superfície				Obras de Taludes Artificiais (Retalhamento)		Obras de Muro de Contenção			Obras de Ancoragens		Obras de Estacas, etc.	Obras de Prevenção de Queda de Blocos		Obras de Muro ou Teto de Contenção de Impacto												
Subclassificação da Forma de Ruptura		Drainagem Superficial	Drainagem Subsuperficial (Drainagem Profunda)	Clave de Proteção Vegetal	Clave de Cercas	Clave de Concreto Projado	Clave de Argamassa de Blocos de Pedra/Placa de Concreto	Clave de Argamassa de Concreto (Projado)	Clave de Chubla Permeável	Clave de Chubla com Contenção em Lazo	Clave de Chubla com Anelagem e Concreto Projado	Clave de Iluminação de Dorso Individuais (Pólar Abaixo)	Clave de Iluminação de Blocos (Pólar de Cima)	Clave de Contenção de Inocentamento Blocos	Clave de Muro de Contenção de Concreto por Gravidade	Clave de Muro de Contenção de Concreto Reforçado	Clave de Muro de Contenção de Quadros de Concreto	Muro de Concreto Armado	Obras de Contenção com Terra Armada	Obras de Muro de Contenção de Gábio	Clave de Ancoragem no Solo (Causal Anchor)	Clave de Parafuso de Progressão	Obras de Solo Grampeado	Clave de Estaca de Tubo de Aço/Concreto	Clave de Cera de Batentejo	Obras de Osmoseção de Tere	Obras para Chubla com Adição Médica	Obras de Muro ou Teto de Contenção de Impacto	Carvalho de Proteção Contra Queda de Rocha	Tubo de Alta Resistência para Direcionar e Arreter a Queda de Blocos	Barreira ao Impacto	
II	5-(1)-a Queda de Rocha Dura em Forma de Bloco		△	△	△		△	○				⊙				△															⊙	
	5-(1)-b Queda da Rocha Dura de Estrato Estratificado (Camada Alternada)		△	△	△		○	△	○			⊙				△											○	○	○	○	○	
	5-(1)-c Queda das Rochas Duras com Parte Inferior Fraca		△	△	△		○	△	○			⊙				△							△			○	○	○	○	○	⊙	
	5-(1)-d Pedras Duras Formadas em Degradação Prismática		△	△	△		○	△	○			⊙				△							○			○	○	○	○	○	⊙	
	5-(1)-e Queda dos Elaios das Rochas Escluídas pela Intemperança												○										○	△			○	⊙	○	△	○	⊙
F	6-(1)-a Queda do Estrato Estratificado da Rocha Mole 6-(1)-b Camada do Terciário		○	△	△		○	△	○			⊙			△	△	△		△	△	△		△	○			⊙	○	○	○	△	
	6-(1)-b Camada do Terciário		○		△		⊙	△	○			⊙			△	△	△					○	○						○	○	△	
E	5-(2)-a Escorregamento da Rocha Dura na Superfície de Estratificação		○	△	△		△	○	△	○		⊙		△	○	⊙	△	○			△	○				△	△	△	△	○		
	5-(2)-b Ruptura da Rocha Dura com Falhas ou Rachaduras		○	△	△		△	○	○			⊙		△	○	⊙	△	○			○	⊙	△			△	△	△	△	○		
	5-(2)-c Queda ou Escorregamento da Superfície de Estratificação da Placa de Injeção ou da Rocha Dura devido à Rachadura												△									⊙	⊙	△			⊙	△	△	△	○	
	5-(2)-d Escorregamento Interno dos Cascalhos e Rochas Conglomeradas		○	△	△		△	○	△	○		⊙		△	○	⊙	△	○	△			○	⊙	△				△	△	△	○	
	5-(2)-e Escorregamento na Superfície de Granitos devido às Juntas Paralelas à Superfície												△										⊙	⊙	△			⊙	△	△	△	○
	6-(2)-a Superfície de Estratificação e Xisto		○	△	△		△	△	○	△	○		⊙		△	○	○	△	○	△			○	○			△		△	△		
6-(2)-b Estrato Estratificado de Arenito e Xisto		○	△	△		△	△	○	△	○		⊙		△	○	○	△					△	○			⊙	△	△	△			

A: Superfície do Solo B: Colúvio C: Sedimento não Consolidado D: Solos Depositados em Terraços E: Rocha Altamente Intemperizada F: Rocha I G: Rocha II  
 ⊙: Melhor Solução ○: Solução (Não a melhor) △: Solução mas não apropriada Sem Marca: Praticamente sem solução  
 [Green Box]: Exemplos do Japão (Não projetos de obras de prevenção de rupturas de encostas e Exemplos mas - Japan Soil Association, 2007) [Light Green Box]: Formas de rupturas de encostas mais frequentes e Medidas estruturais, extraídas de diversas bibliografias e exemplos de projetos Brasil



Tab.8.3: Indicativo de Seleção de Obras de Conservação de Encostas através de Estruturas

Condições da Superfície	Método da Obra
Caso em que exista vazamento no talude artificial e inclinação do talude menor que 1:1,0	Obras de Grelhas Pré-moldada
Casos em que a inclinação do talude é maior que 1:1,0, talude longo e insegurança numa estabilidade a longo prazo do talude em rochas com fraturas, etc.	Obras de Grelhas de Concreto in Loco
Casos com taludes de sedimento / tálus / rocha sedimentar / argila frágil, com inclinação menor que 1:1,0	Colagem de Pedras, Blocos, Placa de Concreto
Casos com taludes de sedimento / tálus / rocha sedimentar / argila frágil, com inclinação maior que 1:1,0	Obra de Muros de Contenção de Alvenaria / Blocos, Obras de Muros de Contenção de Concreto à Flexão
Casos de taludes de rochas com muitas juntas, com possibilidade de intemperização / erosão / esfoliação de laje, com inclinação menor que 1:0,5	Argamassa de Concreto, Placa de Concreto
Casos de taludes de rochas facilmente intemperizáveis, sem nascentes	Obras de Argamassa / Concreto Projetado
Casos de taludes com muitas nascentes, com possibilidade de escoamento de sedimento	Obras de Gabião
Casos de taludes com possibilidade de escoamento dos sedimentos superficiais	Obras de Cercas

## 8.5 Cálculo de Estabilidade de Obras com Estrutura de Contenção

Os projetos para obras de muros de contenção e ancoragem, obras com contenção como cercas de retenção de terra, etc., devem ter as forças de contenção necessárias obtidas pelo cálculo de estabilidade da encosta para serem utilizadas como forças externas no projeto. O cálculo de estabilidade da encosta, apresentado no item 5.2.4, deve ser realizado utilizando o ângulo de fricção interna ( $\phi$ ) e força de aderência ( $c$ ) da resistência do solo da superfície de deslizamento para prever o deslizamento circular e em cunha.

### 8.5.1 Estimativa da Resistência do Solo da Encosta com Deslizamento

Em princípio, a resistência do solo é estabelecida através de sondagem geotécnicas em campo ou ensaios geotécnicos em laboratório, porém, há casos em que é estabelecida, tomando como referência algum projeto com as áreas geológicas e geotécnicas similares. No entanto, é difícil calcular a resistência do solo devido à não uniformidade do solo em encostas naturais. Quando existe dificuldade de estabelecer a resistência do solo através de sondagem geotécnicas em campo ou ensaios geotécnicos em laboratório, devido à complexidade da estrutura geotécnica, há casos em que determina pelo método reverso de cálculo de estabilidade de encostas.

#### (1) Método de Cálculo Reverso no Caso de Encosta com Deslizamento Circular ou rotacional

O método de cálculo regressivo estima o fator de segurança atual ( $F_s$ ) para uma superfície de deslizamento prevista, considerando o fator de segurança calculado pela fórmula (1) do item 5.2.4, calculando regressivamente os valores de  $c$  e  $\phi$ . Calcula-se a superfície onde o fator de segurança é mínimo para deslizamentos  $m$  em cunha ou rotacional, se não houver uma superfície de deslizamento clara, utilizando este como deslizamento estimado. O fator de segurança, por experiência, é de acordo com o seguinte:

(1) Caso em que se observa sinais de ruptura como anomalias e deformações da encosta  $F_s=0.95$

(2) Casos em que não se encontram sinais de rupturas acima citados  $F_s=1.0$

O cálculo regressivo possui 2 valores desconhecidos ( $c$  e  $\phi$ ) numa única fórmula. Assim, fixa-se o valor de  $c$  para calcular o  $\phi$ . O “ $c$ ” é calculado para a profundidade de acordo com a seguinte fórmula.

$$c = 9.8 D \dots \dots \dots (3)$$

Onde:

$c$ : Força de Aderência ( $\text{KN/m}^2$ )

$D$ : Profundidade do deslizamento da Encosta (m)

#### (2) Método de Cálculo Reverso no Caso de Encosta com Deslizamento em Cunha

Cálculo regressivo de  $c$  e  $\phi$ , semelhante ao deslizamento circular, considerando  $F_s=0.95$  (1.0) na fórmula (4) para casos de superfícies de deslizamento de cunhas.

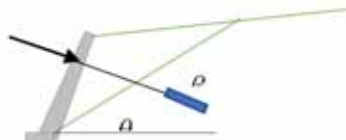


Fig.8.1: Deslize de Cunha

$$F_s = \frac{cl + W \cos \theta \tan \varphi}{W \sin \theta} \dots \dots \dots (4)$$

### 8.5.2 Cálculo da Força Necessária no Muro de Contenção

#### (1) Caso de Deslizamento circular ou rotacional

O fator de segurança na superfície de deslizamento deve ser considerado  $F_s=1,2$  no caso da execução de obras de Medidas Estruturais. A força de contenção necessária  $Pr$  deve ser calculada através da fórmula (4) para deslizamentos circulares.

$$F_s = \frac{\sum \{ cl + (\Delta W \cdot b) \cos \theta \tan \varphi \} + Pr}{\sum \Delta W \sin \theta} \dots \dots \dots (5)$$

Onde:

- Fs: Segurança contra deslizamento
- $\theta$ : Grau de inclinação da superfície do fundo do segmento
- $\varphi$ : Ângulo de fricção interna do solo
- c : Força de Aderência do solo
- $\Delta W$ : Peso do segmento
- l : Comprimento da superfície de deslizamento do segmento
- b : Largura horizontal do segmento
- Pr: Força de contenção necessária

#### (2) Caso de Deslizamento de Cunha

A força de contenção necessária  $Pr$  deve ser calculada considerando  $F_s=1,2$  através da seguinte fórmula (4), semelhante aos casos de deslizamentos circulares.

$$F_s = \frac{cl + W \cos \theta \tan \varphi + Pr}{W \sin \theta} \dots \dots \dots (6)$$

### 8.5.3 Cálculo da Força de Contenção Necessária em Obras de Ancoragem

A força de contenção necessária das obras de ancoragem deve ser calculada pelas fórmulas (7) e (8) para casos de deslizamentos circulares e deslizamento de cunhas respectivamente.

Caso de deslizamento circular

$$Pr = \sum P_o (\cos \beta + \sin \beta \cdot \tan \varphi) \dots \dots \dots (7)$$

Caso de deslizamento de cunha

$$Pr = P_o (\cos \beta + \sin \beta \cdot \tan \varphi) \dots \dots \dots (8)$$

Onde,  $\beta$ : Ângulo entre a ancoragem e a superfície de deslizamento (ângulo entre a superfície de deslizamento de cada segmento e a âncora, no caso do cálculo de deslizamento circular pelo método de segmentação)

### 8.5.4 Cálculo de Estabilidade de Obras com Contenção

O projeto de muros de contenção e ancoragem devem ter suas formas definidas através de cálculos de estabilidade e de projeto, utilizando as forças de contenção necessárias, calculadas nos itens 8.5.2 e 8.5.3, como forças externas de projeto.

## CAPÍTULO 9 – PLANO DE INSTALAÇÕES DE MEDIDAS ESTRUTURAIS DE RUPTURAS DE ENCOSTAS

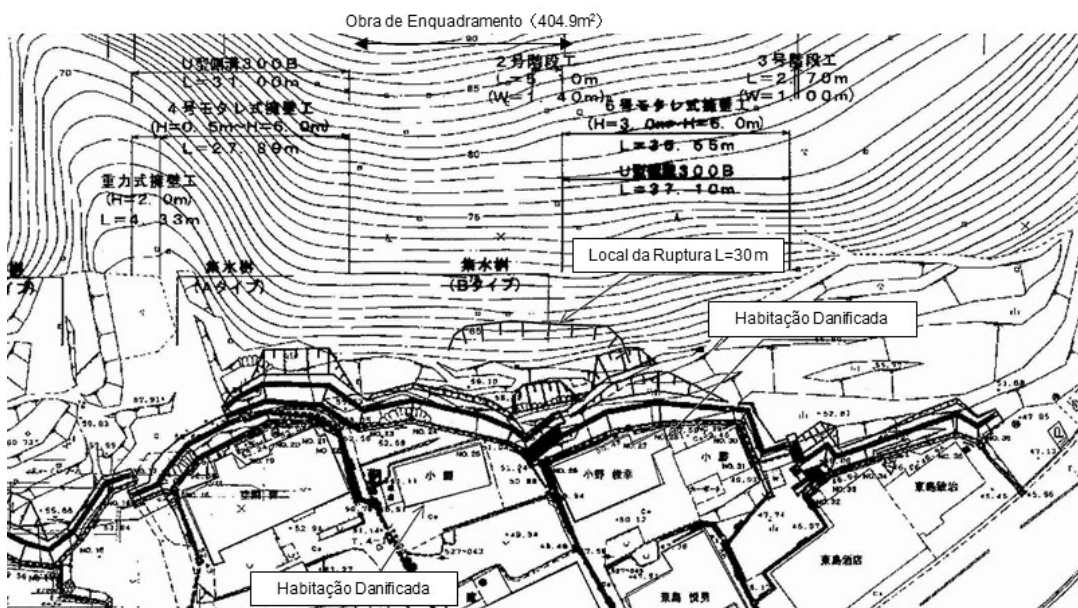
### 9.1 Plano de Instalações de Medidas Estruturais

O conteúdo do plano avaliado nos capítulos 5 a 8 será organizado de acordo com os seguintes itens:

- (1) Avaliação das condições da encosta e perigo de ruptura;
- (2) Causas e antecedentes da ruptura;
- (3) Escala estimada de ruptura (altura, largura, profundidade e distância de alcance da ruptura);
- (4) Quantificação dos danos (construção, habitantes, instalações públicas )
- (5) Diretrizes das Medidas Estruturais da encosta (objetivos, metas, funções da instalação da medida estrutural ) ;
- (6) Tipo de instalação da medida estrutural.

### 9.2 Layout de Instalações de Medidas Estruturais

A quantificação resumida da obra será calculada localizando as instalações de medida estrutural selecionadas em mapas de topografia (escala 1:2000 a 1:1000) e corte transversal. (vide Fig. 9.1 e Fig. 9.2)



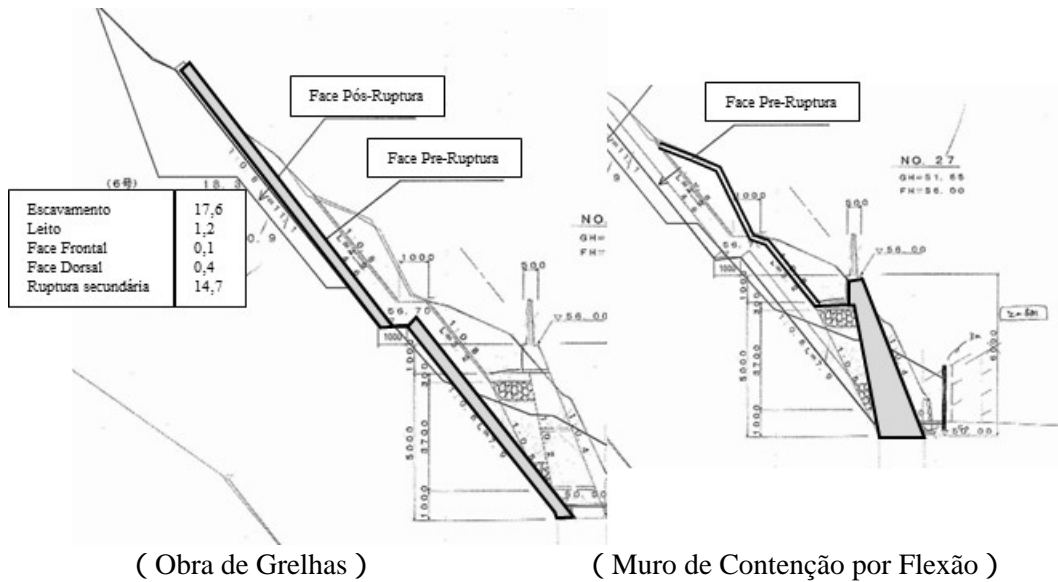


Fig.9.1: Exemplo de Layout de Instalações de Medidas Estruturais de Rupturas em Encostas

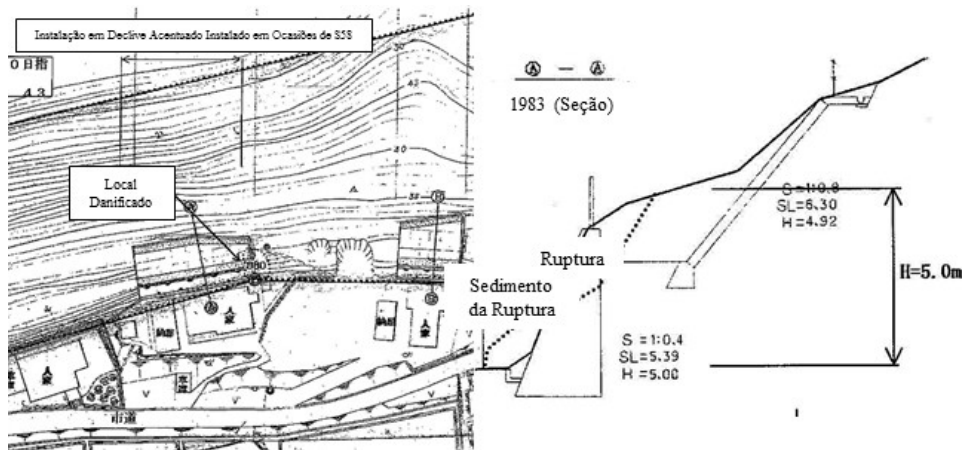


Fig.9.2: Exemplo de Layout de Instalações de Medidas Estruturais de Rupturas em Encostas

### 9.3 Avaliação de Resultados de Instalações de Medidas Estruturais

A construção de medidas estruturais é efetuada para proteger a vida humana e a propriedade dos moradores na zona de perigo de desastres de rupturas de encostas ou para assegurar a segurança dos eventuais moradores na zona de perigo dos desastres onde se pretende planejar a expansão da cidade. Para segurança dessas habitações com essas medidas estruturais, existe necessidade de garantir a “segurança de planejamento” e a “segurança estrutural da instalação”. Na Tabela-9.1 demonstra as exigências necessárias para as instalações das medidas estruturais que garantem a melhoria de segurança nessa zona de perigo.

Tabela-9.1 Seguranças Exigidas para as Instalações de Medidas Estruturais

Função das Instalações	Segurança de Planejamento (Daria para prevenir os danos com a ruptura de encostas?)	Segurança Estrutural da Instalação (Instalação é segura em relação à força externa)	Garantia de Melhoria da Segurança na Zona de Perigo
Eliminação da declividade	Ao evitar as condições topográficas (altura, declividade) que pressupõe a ocorrência da ruptura de encostas, poderá assegurar a situação de não ocorrência da ruptura prevista.		Desaparecimento da possibilidade de ruptura (segurança total).

Adoção das medidas na origem do desastre (Contenção da ocorrência)	A forma de ruptura prevista (altura, profundidade, largura) é adequada, então, pretende-se conter a ocorrência com as instalações de medidas estruturais e assegurar a situação de não ocorrer a ruptura de encosta prevista	Essa instalação de medidas estruturais irá assegurar a segurança contra a força de movimentação da superfície do deslizamento previsto.	Prevenção da ruptura de escala prevista (segurança em relação ao tamanho da ruptura prevista).
Adoção das medidas na origem do desastre (Controle da ocorrência)	Efetuar controle da água, que é a causa deflagrante de ocorrência da ruptura de encostas, através das obras de proteção superficial, de drenagem superficial e de drenagem subsuperficial para reduzir o perigo da ruptura (Instabilidade).	Não há possibilidade de avaliar a segurança do ponto de vista estrutural de forma quantitativa, pois esta instalação estrutural não sustenta a força externa.	Reduz o grau de perigo da ruptura. Não há mudança no impacto da ruptura (potencia).
Medidas Estruturais de Espera	Efetuar retenção dos sedimentos em função da movimentação com a ruptura prevista através das instalações das medidas estruturais, assegurando a situação de não ocorrência do impacto para a proteção alvo.	Essa instalação de medidas estruturais irá assegurar a segurança contra a força de movimentação dos sedimentos da ruptura prevista.	Retenção dos sedimentos da ruptura em escala prevista (Segurança em relação à escala prevista).

### 9.3.1 Segurança do Plano de Instalação das Medidas Estruturais

#### (1) Efetividade do Tamanho da Ruptura Prevista

O plano de medidas estruturais efetua previsão do tamanho da ruptura, contem sua ocorrência e planeja a retenção do volume de sedimentos rompidos. Portanto, a efetividade da escala da ruptura (altura, profundidade e largura da ruptura) é extremamente importante para a segurança do plano. Essa escala de planejamento deverá ser determinada baseada no levantamento e teste de campo.

#### (2) Função da Instalação das Medidas Estruturais

Dentre as medidas estruturais adotadas na origem da ocorrência, existe possibilidade de avaliar a funcionalidade das obras com a estrutura de contenção, no entanto, não há possibilidade de avaliar a funcionalidade das obras sem a estrutura de contenção. A razão para isso é que as obras sem a estrutura de contenção efetuam o controle da água que deflagra a ocorrência da ruptura e reduz o grau de perigo da ruptura, no entanto, não reduz o grau de impacto (potencial) no caso de ocorrência. Na Tabela-9.2 foi demonstrada a existência ou não da condição de avaliação da funcionalidade da instalação das medidas estruturais. No caso de efetuar construção da estrutura com contenção, parcialmente na parte metade superior da ruptura prevista, irá ocorrer a ruptura da parte inferior da encosta e há casos em que ocorre a destruição da instalação da parte superior. Além disso, no caso de efetuar a construção parcial da metade inferior, há casos em que ocorre a ruptura da encosta na parte superior. Nesse último caso, é concebível que a escala da ruptura seja ligeiramente menor e o grau de impacto da ruptura seja ligeiramente reduzido, mas a função de contenção da ocorrência de construção parcial não poderá ser avaliada. Se a capacidade de retenção do muro de espera for menor do que o volume de ruptura prevista, há casos em que a parte inferior da encosta se rompe primeiro e ocorre a ruptura da parte superior da encosta, após o enchimento da capacidade de retenção, portanto, não há possibilidade de avaliar efeitos do muro de espera com a capacidade insuficiente.

Tabela- 9.2 Eficácia da Garantia de Segurança dos Métodos de Obras das Medidas Estruturais

Classificação	Obras das Medidas Estruturais	Avaliação da eficácia	
<b>① Obras de Retaludamento</b>		Espera-se resultado com a modificação do perfil de topografia da encosta	
<b>② Obras de Aterro de Contrapeso</b>			
com objetivo de proteção da encosta Instalação para prevenção de ruptura da encosta íngreme como medidas de ocorrência na origem.	Estabilização de Solo	<b>③ Obras de muros de contenção</b>	Instalação com objetivo de proteger a encosta contra a ruptura, espera-se o resultado apenas para instalações com a funcionalidade clara de proteção contra a ruptura de encostas.
		<b>④ Obras de Ancoragem</b>	Espera-se resultado apenas das partes das obras efetivas da encosta.
		<b>⑤ Obras de Estacas</b>	
		<b>⑥ Obras de Cercados</b>	Espera-se resultado apenas para a instalação com objetivo de proteção da encosta contra a ruptura.
	Instalação para proteção do talude artificial	<b>⑦ Obras de Colagem</b>	Exclui-se as estruturas sem a armação.
		<b>⑧ Obras de Grelhas</b>	Espera-se resultado apenas àquelas construídas em concreto / argamassa.
		<b>⑨ Obras de Material Projetado</b>	Não se espera resultado devido à dificuldade na avaliação direta.
		<b>⑩ Obras de Cobertura Vegetal</b>	
		<b>⑪ Obras de Paliçada</b>	
	<b>⑫ Instalação de Drenagem</b>		Improvável a efetividade, pois espera-se a eficácia secundária.
	Instalação de espera e deposição de detritos	<b>⑬ Obras de Aterro de Espera</b>	Espera-se a efetividade, pois, possui a função de compensar a pressão do maciço de terra.
<b>⑭ Obras de Muro de Espera</b>			

### 9.3.2 Segurança da Estrutura das Medidas Estruturais

#### (1) Segurança da obra com estrutura de contenção

A obra com estrutura de contenção assegura o fator de segurança  $F_s=1.2$  (1,5), necessário para suportar o solo, conforme demonstrado no Capítulo – 8.5.

#### (2) Segurança da obra com estrutura de espera

A obra com estrutura de espera deverá garantir a segurança da fundação contra a pressão do solo depositado, conforme demonstrado na Figura-9.1 e a pressão do solo devido ao impacto do solo rompido. A fundação deverá garantir a segurança contra o tombamento, deslizamento de massa e a força máxima de reação do solo.

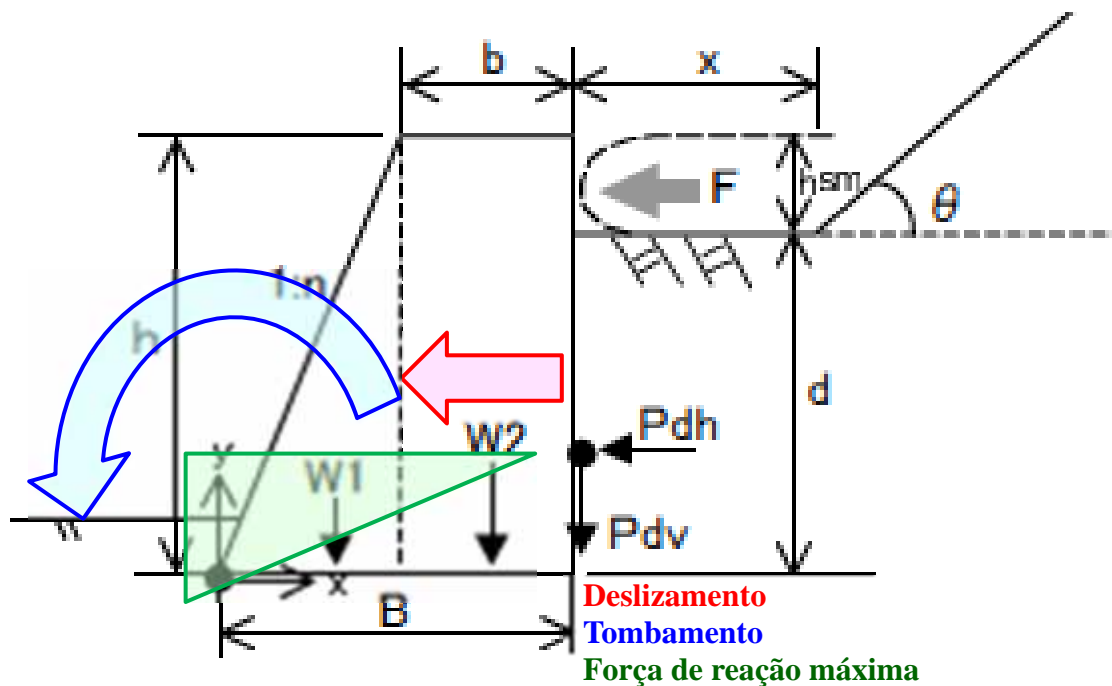


Figura-9.1 Segurança do Muro de Espera

## CAPÍTULO 10 – PROJETOS DE RECONSTRUÇÃO

### 10.1 Projetos de Reconstrução e Medidas Estruturais de recuperação de Rupturas em Encostas Pós-desastre

#### (1) Projeto de Reconstrução

As obras públicas como Medidas Estruturais de ruptura de encostas, estradas, obras em rios, etc., possuem relação muito estreita com a vida dos habitantes. Os danos em tais instalações têm efeitos enormes na estabilidade da vida dos habitantes e na economia da sociedade. Obras de restauração de desastres são executadas para restaurar estas instalações ao estado original o mais rápido possível (de acordo com a lei N° XXXXX), em casos de ruptura de encostas, escoamento de detritos, inundações, etc., que danificaram tais instalações públicas. São construídas instalações novas para restaurar as funções antes executadas por estas instalações em casos impossíveis de restauração do estado original.

#### (2) Alerta Pós-desastre de movimento de massa

Em muitos casos de desastres de movimento de massa como rupturas de encostas, deslizamento de solos, etc., ocorre o perigo de remanescer detritos da ruptura nos locais e aumento das rupturas para áreas vizinhas. Há o perigo de ocorrer facilmente novos movimentos em casos de chuvas torrenciais, ocasionando outra vez a destruição de instalações restauradas e danos enormes às áreas urbanas se estes forem deixados de lado. Portanto, os perigos remanescentes com grande possibilidade de ocorrência após o desastre devem ser restaurados primeiro, ou serem executados paralelamente as Medidas Estruturais que seriam de grande importância na redução de danos.

#### (3) Empreendimento de Medidas Estruturais de Rupturas em Encostas Pós-Desastre de movimento de massa

Em casos de ocorrência de desastres de movimento de massa (inclui fenômenos de movimento de massa que não causam danos) devido à ruptura de encostas, deslizamento de terrenos, etc., deve-se realizar em paralelo ou em conjunto com a restauração dos danos, as Medidas Estruturais de rupturas em encostas para evitar novos movimentos, rupturas em grande escala, etc., dos solos remanescentes das rupturas após o desastre por massa.

## 10.2 Medidas Estruturais Emergenciais

### 10.2.1 Necessidade e Objetivos das Medidas Estruturais Emergenciais

As rupturas em encostas ocorrem muito em toda a área em que ocorrem chuvas torrenciais, tendo um custo elevado nas obras de recuperação total. Portanto, em muitos casos as obras são demoradas devido ao limite do orçamento.

Os casos em que há a permanência de solos remanescentes de rupturas na bacia pós-desastre e locais com perigo de grandes rupturas, ocorre o perigo de desastres (denominados como desastres secundários) devido a novos movimentos e grandes rupturas de sedimentos causados pela chuva, como apresentado no item 9.1. Os desastres secundários ocorrem realmente quanto mais demoram o começo e conclusão das obras de restauração.

Medidas Estruturais emergências como obras sem estrutura de contenção de rupturas, obras com estrutura de espera, etc., devem ser realizadas para a proteção contra desastres secundários. As Medidas Estruturais emergências devem ser seguras o suficiente para corresponder ao período de conclusão das obras de restauração.

### 10.2.2 Avaliação de Perigos de Desastres Secundários

O perigo de desastres secundários deve ser avaliado através de investigações em campo o mais rápido possível na ocorrência de rupturas de encostas. O conteúdo das investigações deve ser os solos remanescentes de rupturas e locais ao redor com perigo de grandes rupturas. A localização e volume aproximado de sedimentos devem ser investigados pelo método apresentado no item 5.4 para as grandes rupturas e solos remanescentes de rupturas. Nesta ocasião, a possibilidade de grandes rupturas deve ser investigada em locais com sinais claros de ruptura como fraturas, topografia com ângulo negativo, novos degraus na superfície do solo, etc. Deve-se investigar o volume aproximado de sedimentos prevendo-se a forma da ruptura.

O total dos danos parciais em habitações e número de habitantes mortos / feridos, observados nas experiências dos desastres por ruptura de encostas, ocorre mesmo em número pequeno indiferente ao volume de sedimento das rupturas (vide Fig. 10.1). Assim, pode-se decidir que há perigo de desastres secundários caso ocorram solos remanescentes de rupturas nas encostas e sinais de grandes rupturas.

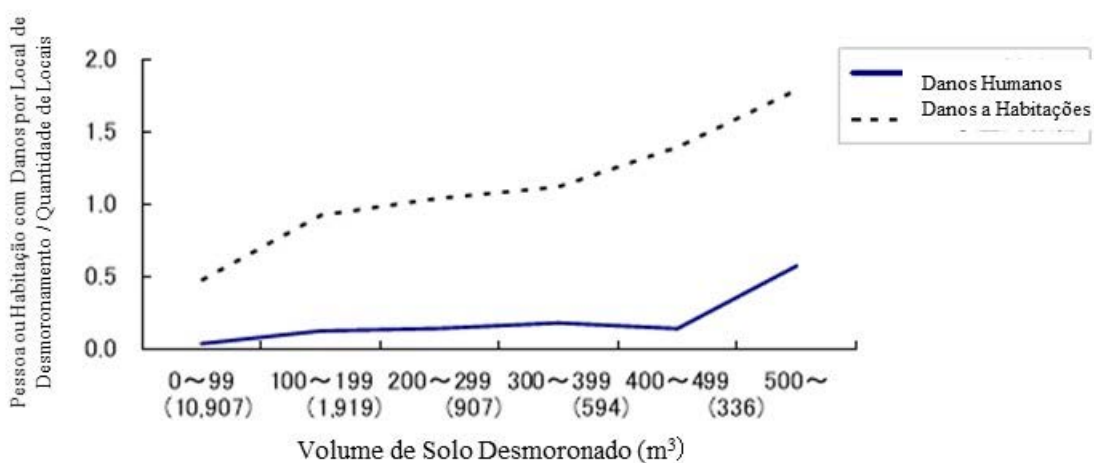


Fig.10.1: Danos em Habitações e Humanos de Ruptura em Encostas (19) (1972-2007, Japão)



### 10.2.3 Exemplos de Medidas Estruturais Emergenciais

As Medidas Estruturais emergenciais pós-desastre depois da ruptura do declive são basicamente obras sem estrutura de contenção e obras com estrutura de espera devido à simplicidade e baixo custo das obras.

#### (1) Obras sem estrutura de contenção

##### 1 Obras de Drenagem Superficial

Devem-se utilizar obras em forma de “U” para as obras de drenagem de topo, na proteção contra o influxo de escoamentos a encosta com rupturas com perigo em grande escala, cobrindo-se as fraturas com camadas impermeáveis e sacos de areia.

##### 2 Obras de Retaludamento (Obras de Corte)

Os solos remanescentes de rupturas acumulados em estado instável na encosta ou na parte inferior da encosta são eliminados da mesma maneira que os das “obras de retaludamento” apresentada no item 7.2.7.

##### 3 Obras de Proteção de Encosta

Os solos remanescentes em grandes volumes nas encostas devem ser protegidos contra as chuvas com camadas impermeáveis. Caso as obras de restauração demandem tempo prolongado, devem realizar obras de proteção de superfícies com sacos de areia.

##### 4 Obras de Empilhamento de Sacos de Areia de Grande Porte (Foto 9.1)

Casos em que há sedimentos instáveis (ângulos acentuados maiores que a inclinação padrão da Tabela 5.2) de solos remanescentes de rupturas devem ser estabilizados utilizando sacos de areias de grande porte.

#### (2) Obras com estrutura de espera

Em casos de perigo de ocorrência de grandes rupturas e queda de blocos, em ruptura de encosta altas, utilizam-se obras de cercado e redes. Utilizam-se obras de cercado de estacas e pranchas de aço para proteção da estrada, na ocorrência de rupturas voltadas para estradas principais, nos quais as obras de restauração irão levar tempo para serem iniciadas.

Fig.10.2: Obras de Empilhamento de Sacos de Areia de Grande Porte, Piquetes / Placas de Aço



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Principais Referências Bibliográficas:** Com exceção das fontes bibliográficas abaixo relacionadas, os dados deste Manual foram extraídos de forma geral do livro “Novo - Projeto de Obras de Prevenção de Rupturas de Encostas e Exemplos Reais - Indicadores Técnicos para as Obras de Prevenção de Encostas Íngremes” (30.9.2007), editado pela Japan Sabo Association.

- 1) ,2) Relatório Final (Fase de Pesquisas) do Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais da JICA, pp.3-1,3-6, 121.2014.
- 3) Andréa Bartorelli, Nicolau Haralyi: Geologia do Brasil, Geologia de Engenharia, ABGE, p.58, 1998
- 4) Departamento de Estradas de Rodagem do Estado São Paulo, IPT: Manual de Geotecnia de Taludes de Rodovias, Orientação para Diagnóstico e Soluções de Seus Problemas, P53, 1991
- 5) Eraldo Luporini Pastore, Rita Moura Fontes: Caracterização e Classificação de Solos, Geologia de Engenharia, ABGE, pp.200-201, 1998
- 6) Elaborado pelo Ministério das Cidades, baseado nos dados do IPT.
- 7) Elaborado pela Equipe de Consultores da JICA: Relatório de Pesquisa da Situação dos Desastres de Movimento de Massa, pp.3-2
- 8) Elaborado pela Equipe de Consultores da JICA: Relatório de Pesquisa da Situação dos Desastres de Movimento de Massa, pp.3-9 - 3-20
- 9) - 12) Elaborado pela Equipe de Consultores da JICA: Relatório de Pesquisa da Situação dos Desastres de Movimento de Massa, pp.3-25 - 3-31
- 13), 18) Keichi Momma, Toshiya Takeshi: Situação dos Desastres de Rupturas de Encostas, Situação dos Desastres de Rupturas de Encostas, Arquivo 3484 do Instituto de Pesquisas de Obras Públicas, 3.1997
- 14) - 15), 17) Roberto Quental Coutinho ( Coordenação Geral e Organização ) : Documento Técnico de Parâmetros para a Cartografia Geotécnica e Diretrizes para Medidas de Intervenção de Áreas Sujeitas a Desastres Naturais, Ministério das Cidades, Universidade Federal de Pernambuco, Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas e Planícies GEGEP/DECivil, pp.84, 86, 30, 272 de junho de 2013.
- 16) Elaborado pela Equipe de Consultores da JICA: Relatório de Pesquisa da Situação dos Desastres de Movimento de Massa, pp.3-28,3-30
- 19) Nobutomo Osanai, Yoko Tomita, Kazuya Akiyama, Tomoaki Matsushita: Realty of cliff failure disaster, Technical Note of National Institute for Land and Infrastructure Management, No.530, p195, March, 2009

# APÊNDICE - 1 ÍNDICE DO PLANO DE MEDIDAS ESTRUTURAIS PAA RUPTURAS DE ENCOSTAS

## 1 . Aspectos gerais da região onde será implementado o projeto

### 1.1 Local

Demonstrar claramente as latitudes e longitudes, bairro, município e estado do córrego que tem como alvo do plano de medidas estruturais para ruptura de encosta.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Mapa a nível nacional que consiga localizar a posição do município, mapa a nível regional que consiga identificar a posição da encosta que tem como alvo do projeto

### 1.2 Características social e ambiental

Descrever sobre o meio social, tais como história, cultura, economia, indústria, densidade demográfica, população e meio ambiente, tais como precipitação anual, climas e altitudes do município onde há a encosta alvo.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Tabela e figuras dos indicadores econômicos, PIB, estatística de mudanças demográficas, distribuição do volume de chuva por mês dos Estados e Municípios

## 2 Contexto histórico

### 2.1 Desastre de movimento de massa e inundações ocorridos nos Municípios e Estados

Indica a realidade dos danos, volume de chuva, tipos de desastres, data de ocorrência, sobre desastres de movimento de massa e alagamento ocorrido nos últimos 100 anos. Indica os desastres que foi determinante para a elaboração deste plano do projeto de medida estrutural para ruptura de encosta.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Fotos que indicam as situações de desastres, mapas que indicam o local de produção do desastre e cronologia dos desastres

### 2.2 Planejamento de Expansão Urbano

Caso tenha o plano de expansão urbana do município, indica o resumo do projeto, tais como área, período do projeto, objetivo e localização da área a ser protegida. Além disso, indica sobre a relação do plano de medidas estruturais para ruptura de encosta e plano de expansão urbana.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Cronograma e planta baixa do projeto

### 2.3. Mapa de risco

Indica a avaliação de risco da encosta e o andamento da elaboração do mapa de risco de desastres de movimento de massa dos arredores da encosta.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Mapa de risco

## 3. Avaliação do nível de risco da ruptura e situação social e ambiental da encosta

Indica sobre as condições sociais e naturais da encosta, baseado na pesquisa de documentos e levantamentos locais.

### **3.1 Água subterrânea e rota de drenagem superficial**

Indica sobre o funcionamento de drenagem e situação de existência de canal de drenagem artificial, canal de drenagem natural (riacho), parte superior da encosta incluindo a área de contribuição. Indica o nível da água subterrânea mediante levantamento de sondagem, volume de água da nascente e locais de surgência de água subterrânea.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Canal de drenagem, fotos da nascente de água subterrânea, sondagem estratigráfica (os que têm nível da água subterrânea)

### **3.2 Formato do corte longitudinal da encosta, características geológicas e geotécnicas, sinais de ruptura**

Apresenta altura, largura, declive, irregularidades da superfície e (linha que indica mudança de declividade?) da encosta. Indica a espessura rocha intemperizada, solo residual, colúvio, solo orgânico, baseado no levantamento de sondagem e levantamento local da encosta. Indica sobre ângulo negativo, depressão do solo, fissura, inclinação da estratificação, falha geológica que se torna causa da ruptura.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Foto de frente a encosta, desenho do levantamento local, mapa de perfil, planta baixa da encosta

Fotos do declive do estrato geológico que podem se tornar a causa da ruptura, coluna estratigráfica, mapa de geologia superficial e carta geológica de faixa ampla

### **3.3 Compreensão da situação real da ruptura de encosta íngreme**

Indica se as causas de ruptura e danos, volume de sedimento rompido, alcance, largura da ruptura, altura da ruptura, volume de chuva, data de ocorrência, em casos em que houver histórico de ruptura na encosta dos arredores e na própria encosta.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Fotos do local onde ocorreu a ruptura antes e depois

### **3.4 Vegetação da encosta**

Indica sobre as principais vegetações da encosta. Tratando-se de arvores, indica se a espécie e a idade. Indica sobre se há ou não troncos de árvores cortados, inclinação dos galhos de arvores que indicam sinais e causas da ruptura.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Foto de toco de árvore, inclinação de troncos de árvores e fotos das principais espécies de vegetação

### **3.5. Uso de solos e instalações de utilidade pública**

Indica a quantidade estimada, distribuição das instalações de utilidade pública, habitações que se situam na parte inferior da encosta, na encosta e acima da encosta.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Fotos da situação de distribuição das habitações

### **3.6 Quadro geral do levantamento local e a avaliação do nível de perigo**

Após apresentar o resumo geral do levantamento local, avaliar e indicar a dimensão dos danos e possibilidade de ocorrência da ruptura.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Tabela resumida do levantamento detalhado da ruptura de encosta

## **4. Simulação do fenômeno de ruptura de encosta**

Indica se simulando a forma de ruptura da encosta, formato e dimensão da ruptura (altura, largura, profundidade, volume), alcance do sedimento rompido, quantidade de danos (habitações e instalações de utilidade pública).

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Planta baixa e desenho do corte horizontal da encosta

## **5. Diretrizes básicas de medida estrutural para encosta**

### **5.1 Objetivo**

Esclarecer o alvo de preservação e indicar claramente que os danos por ruptura de encosta serão mitigados. Como alvo de preservação, incluir as habitações que serão abordados pelo Plano de expansão urbana.

### **5.2 Funcionalidade das medidas estruturais**

Indica se reduzirá a dimensão do evento ou diminuir a frequência de ocorrência de danos, se tratando sobre os métodos de mitigação de danos baseado na dimensão do dano, possibilidade de ocorrência de ruptura e formas de ruptura.

### **5.3 Medidas da obra de medida estrutural**

Indica se definindo a margem de altura, largura das medidas estruturais baseado na distribuição do alvo de preservação, topografia e possibilidade de ocorrência de ruptura.

## **6. Seleção do método de obras**

### **6.1 Primeira etapa de seleção baseado no levantamento local**

Indica resultado e contexto da seleção de obra de medida estrutural utilizando o fluxograma, baseado nas características da encosta descrito no capítulo 3, ruptura simulada do capítulo 4 e diretrizes básicas do capítulo 5.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Fluxograma que indica a rota da seleção

#### **6.2 Segunda etapa de seleção baseado na forma de ruptura**

Indica se o resultado e o contexto da seleção de método de obras de medidas estruturais baseado na simulação de ruptura do capítulo 4. Caso tenha sido selecionado vários métodos de obras, indicar o método de obra mais adequado por meio de fundamentos (ambientes, custos e facilidade nas manutenções).

#### **6.3 Locação das medidas estruturais**

Indica o esquema ilustrativo da medida estrutural, ao apresentar fundamentos, tais como cálculos e avaliações de formatos básicos.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Mapa de perfil e planta baixa das obras de medidas estruturais

## **7. Custos Estimados do Projeto e sua Efetividade**

### **7.1 Quantidade estimada de obras**

Baseado no desenho das medidas estruturais para ruptura de encosta, apresentar o resultado das estimativas das obras, tais como, obras de drenagem subterrânea, extensão do canal de drenagem superficial, força de resistência e comprimento da cortina atirantada, área de proteção superficial de talude, volume da obra de concreto e escavação.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Tabela de cálculo de quantidade aproximada

### **7.2 Custo estimado do projeto**

Apresenta o custo estimado do projeto que inclui as despesas gerais, custo estimado de obras utilizando o custo unitário médio por tipo de obras e quantidade estimada.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Tabela de custo aproximado do projeto (Incluir os custos do projeto, custos da obra, custo unitário por tipo de obra na tabela de cálculo de quantidade estimada)

### **7.3 Efeitos de Mitigação dos Desastres e Efeitos Sociais**

## **8. Recomendações para a Implementação do Projeto**

PROJETO GIDES



# Manual Técnico para Concepção de Intervenções para Fluxo de Detritos

Edição

2016



MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL  
Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil



**PROJETO GIDES**

**Manual Técnico para Concepção  
de Intervenções para Fluxo de  
Detritos**

Edição 2017

**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**  
**Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil**



**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO  
NACIONAL**

HELDER ZAHLUTH BARBALHO

Ministro da Integração Nacional

RENATO NEWTON RAMLOW

Secretário Nacional de Defesa Civil

PAULO ROBERTO FARIAS FALCÃO

Diretor do Departamento de  
Reabilitação e Reconstrução

ROSILENE VAZ CAVALCANTI

Coordenadora Geral de Reabilitação e  
Reconstrução

**PROJETO GIDES**

MINISTÉRI DAS CIDADES

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO  
NACIONAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
(CPRM)

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA (Cemadem)

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA  
CATARINA

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE  
JANEIRO

MUNICÍPIO DE BLUMENAU/SC

MUNICÍPIO DE NOVA FRIBURGO/RJ

MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS/RJ

MINISTÉRIO DA TERRA,  
INFRAESTRUTURA, TRANSPORTE  
E TURISMO DO JAPÃO

AGÊNCIA DE COOPERAÇÃO  
INTERNACIONAL DO JAPÃO-JICA

Brasil. Ministério da Integração Nacional/ Projeto GIDES

Manual Técnico de Contramedidas para Fluxo de Detritos/Ministério da Integração  
Nacional/Projeto GIDES. – Brasília/DF, 2017.

Xx p.

ISBN XXX-XX-XXXX-XXX-X

1. Fluxo de detritos. 2. Barragem Sabo. 3. Corridas de detritos

**GRUPO DE TRABALHO**  
**MANUAL TÉCNICO PARA CONCEPÇÃO DE INTERVENÇÕES**  
**PARA FLUXO DE DETRITOS**

**EQUIPE TÉCNICA DO MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO**

Bráulio Eduardo da Silva Maia  
Cássio Guilherme Rampinelli  
Érico de Castro Borges  
Leonardo da Silva Almeida  
Magno Gonçalves da Costa  
Marcus Vinícius Fagundes Mota  
Paulo Roberto Farias Falcão

**COLABORADORES**

Anna Laura Lopes da Silva Nunes  
Dimitry Znamesky  
Faïçal Massad  
Marcelo Fischer Gramani  
Roberto Quental Coutinho

**EQUIPE TÉCNICA DA JICA**

Akinori Naruto  
Ingrid Lima  
Kenichiro Tominaga  
Takao Hori  
Takao Yamakoshi  
Toshiya Takeshi  
Yoshifumi Shimoda

**EQUIPE DE APOIO PARA TRADUÇÃO**

Bruna Nakaharada  
Carolina Umeraba  
Cristina Matayoshi  
Goro Kodama  
Ilze Maeda

# APRESENTAÇÃO

O Governo Federal, com apoio dos Estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina e dos municípios de Blumenau, Nova Friburgo e Petrópolis, em parceria com o Governo Japonês, traz ao livre acesso do público brasileiro um conjunto de manuais voltados ao gerenciamento de riscos em desastres naturais, abrangendo todo o território Brasileiro.

Tratam-se de seis manuais destinados a um amplo conjunto de atores ligados diretamente e indiretamente às atividades de Gestão de Desastres Naturais que envolve um processo de gestão complexo que perpassa por ações de planejamento e intervenções diretas que devem ser avaliadas e conduzidas de forma contínua durante todas as fases do desastre.

Os manuais foram desenvolvidos dentro de quatro eixos de trabalho no âmbito do Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada em Riscos de Desastres Naturais (GIDES) fruto da cooperação técnica entre os governos brasileiro e japonês. Listam-se, a seguir, os quatro eixos de trabalho e os seis manuais fruto do projeto GIDES.

## **Eixos**

- 1 Mapeamento de Perigo e Risco a Movimento de Massa;
- 2 Monitoramento e Alerta;
- 3 Obras de Prevenção e Reabilitação;
- 4 Planejamento e Expansão Urbana.

## **Manuais**

1. Manual de Mapeamento de Perigo e Riscos a Movimentos Gravitacionais de Massa – CPRM – Ministério das Minas e Energia;
2. Manual de Redução de Riscos de Desastres Aplicado ao Planejamento Urbano – Movimentos de Massa – Ministério das Cidades (MCid);
3. Manual Técnico para Elaboração, Transmissão e Uso de Alertas de Risco de Movimentos de Massa – CEMADEN – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC);
4. Manual para a Elaboração de Plano de Medidas Estruturais contra Rupturas em Encostas – Ministério das Cidades (MCid);
5. Manual Técnico para Concepção de Intervenções para Fluxo de Detritos – DRR (Departamento de Reabilitação e Reconstrução) / SEDEC (Secretaria Nacional de

Proteção e Defesa Civil) / MI (Ministério da Integração Nacional).

6. Manual para Elaboração do Plano de Contingência Municipal para Riscos de Movimento de Massa – CENAD (Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e 7 Desastres) /SEDEC (Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil) / MI (Ministério da Integração Nacional).

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC, instituída pela lei 12.608/12, incorpora as ações relacionadas à gestão de desastres em seu artigo terceiro (Capítulo II, seção I) enumerando-as como ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Ainda de acordo com a Lei, estas ações figuram dentro de uma abordagem sistêmica e respectivamente integradas à políticas setoriais, tais como as de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, gestão de recursos hídricos, dentre outras.

Os manuais desenvolvidos vão ao encontro destas categorias e fases, e representam os conjuntos de decisões que devem ser tomadas pelos gestores de acordo com sua posição no ciclo de desastres.

Cada manual está associado ao ciclo de desastres da seguinte forma:

<b>Categoria de Gestão de Risco</b>	<b>Fase de Gestão de Risco</b>	<b>Manuais GIDES</b>
ANTES	Prevenção Mitigação Preparação Alerta	<b>Mapeamento de Perigo e Riscos a Movimentos Gravitacionais de Massa</b> (CPRM-Ministério das Minas e Energia) <b>Redução de Riscos de Desastres Aplicado ao Planejamento Urbano</b> (MCid-Ministério das Cidades) <b>Elaboração, Transmissão e Uso de Alertas de Risco de Movimentos de Massa</b> (CEMADEN- Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações) <b>Concepção de Intervenções para Fluxo de Detritos</b> (SEDEC-Ministério da Integração Nacional) <b>Plano de Medidas Estruturais contra Rupturas em Encostas</b> (Ministério das Cidades)
DURANTE	Alerta Planos de Contingência	<b>Elaboração, Transmissão e Uso de Alertas de Risco de Movimentos de Massa</b> (CEMADEN- Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações) <b>Elaboração do Plano de Contingência Municipal para Riscos de Movimento de</b>

<b>Categoria de Gestão de Risco</b>	<b>Fase de Gestão de Risco</b>	<b>Manuais GIDES</b>
		<b>Massa</b> (SEDEC-Ministério da Integração Nacional)
DEPOIS	Recuperação Desenvolvimento	<b>Concepção de Intervenções para Fluxo de Detritos</b> (SEDEC-Ministério da Integração Nacional) <b>Plano de Medidas Estruturais contra Rupturas em Encostas</b> (Ministério das Cidades)

A utilização dos manuais depende de questões como o conhecimento e experiência acumuladas pelas administrações estaduais e municipais e de sua estratégia de ação frente ao desastre. Portanto, o gestor tem em mãos as ferramentas necessárias para atender a sua demanda, escolhendo o manual de acordo com sua necessidade. Para os gestores ainda sem familiaridade com o assunto, sugere-se iniciar a leitura do ciclo de desastres e suas fases associadas, buscando os manuais correspondentes para o planejamento das intervenções apropriadas para o tipo de movimento de massa comum ao município.

Oferece-se, assim, um compêndio destinado à gestão de riscos em território Brasileiro para desastres relacionados a movimentos de massa. Esperam-se revisões e atualizações dos produtos aqui descritos de acordo com os avanços de conhecimento e com as lições aprendidas à partir de sua utilização.

### ***Sobre o projeto GIDES***

Em agosto 2013, a Agência Brasileira de Cooperação (ABC) e a Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) criaram um acordo para desenvolver o Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada em Riscos de Desastres Naturais (GIDES). Do lado brasileiro participam do projeto: Ministério das Cidades, como coordenador, a Casa Civil da Presidência da República, Ministério das Minas e Energia, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Ministério da Integração Nacional, Ministério da Cultura, os estados de Santa Catarina (SC) e Rio de Janeiro (RJ), juntamente com os municípios de Blumenau/SC, Nova Friburgo/RJ e Petrópolis/RJ que foram escolhidos como piloto do projeto por se tratarem de cidades que sofreram com as consequências dos desastres naturais de 2008 (Blumenau) e 2011 (Nova Friburgo e Petrópolis). Há ainda, a participação de Universidades, Centros de Pesquisas, e outras instituições que contribuem com as atividades do projeto. Pelo lado do Governo Japonês participam o Ministério da Terra, Infraestrutura, Transporte e Turismo, bem como sua Agência de Cooperação Internacional (JICA) que promove o intercâmbio de especialistas e consultores dedicados a auxiliar no atingimento dos objetivos do projeto.

O projeto tem como objetivo formular estratégias de avaliação de riscos, planejamento de expansão urbana e prevenção de áreas de risco e reconstrução de áreas atingidas por desastres no Brasil. Esses objetivos têm sido implementados por meio de ações e atividades técnicas que envolveram capacitações, reuniões técnicas, trabalhos técnicos em campo, pesquisa científica e produção de textos.

### ***Sobre o Manual Técnico para Concepção de Intervenções para Fluxo de Detritos***

#### *Objetivo do Manual e Público Alvo*

O principal objetivo do documento consiste em apresentar aos gestores públicos e profissionais envolvidos nas fases de prevenção e pós-desastres uma ferramenta para análise, proposição de soluções técnicas e desenvolvimento de um plano de medidas estruturais para áreas suscetíveis a desastres relacionados a fluxo de detritos. Embora espera-se que a atuação ocorra prioritariamente na fase de prevenção aos desastres, a metodologia apresentada também pode ser empregada em locais atingidos por desastres de fluxo de detritos, como forma de auxiliar o plano de recuperação das áreas afetadas.

O presente documento destina-se especialmente ao corpo técnico das prefeituras municipais brasileiras, responsáveis pela elaboração de planos de prevenção, ou de recuperação de áreas susceptíveis ou afetadas por desastres. O documento busca auxiliar os técnicos municipais, bem como especialistas ou consultores contratados a analisar e propor, a nível de concepção, soluções (intervenções estruturais/obras) para áreas diretamente afetadas ou sujeitas a riscos de ocorrências de fluxos de detritos. Embora qualquer profissional que se interesse pelo tema possa acompanhar o conteúdo do manual, acredita-se que engenheiros e geólogos possam ter mais afinidade com o conteúdo técnico apresentado.

#### *Conteúdo do Manual*

O conteúdo do manual foi dividido em 6 capítulos. O capítulo 1 apresenta os objetivos e a visão geral do processo de desenvolvimento do plano de concepção de intervenções para fluxo de detritos.

O capítulo 2 discute os parâmetros básicos para o planejamento das medidas preventivas para fluxo de detritos e apresenta em detalhes a metodologia adotada para a estimativa do volume de sedimentos e troncos que compõem a massa carregada pelas ocorrências de fluxo de detritos.

O capítulo 3 aborda o processo de seleção das soluções técnicas possíveis para controle/contenção do fluxo de detritos, bem como a escolha dos locais para implementação das obras. O ponto principal deste capítulo consiste na apresentação de um fluxograma prático para auxiliar o processo de definição das intervenções necessárias, com base em perguntas simples que direcionam o técnico a encontrar as soluções técnicas mais apropriadas para o caso analisado.

O capítulo 4 discute a importância e os métodos aplicados à manutenção das obras destinadas à contenção ou controle do fluxo de detritos.

O capítulo 5 refere-se às ações emergenciais recomendadas para situações pós desastres relacionados à fluxo de detritos. Por fim, o capítulo 6 aborda questões relacionadas ao uso e ocupação de áreas que dispõem de obras destinadas a proteção contra fluxo de detritos.

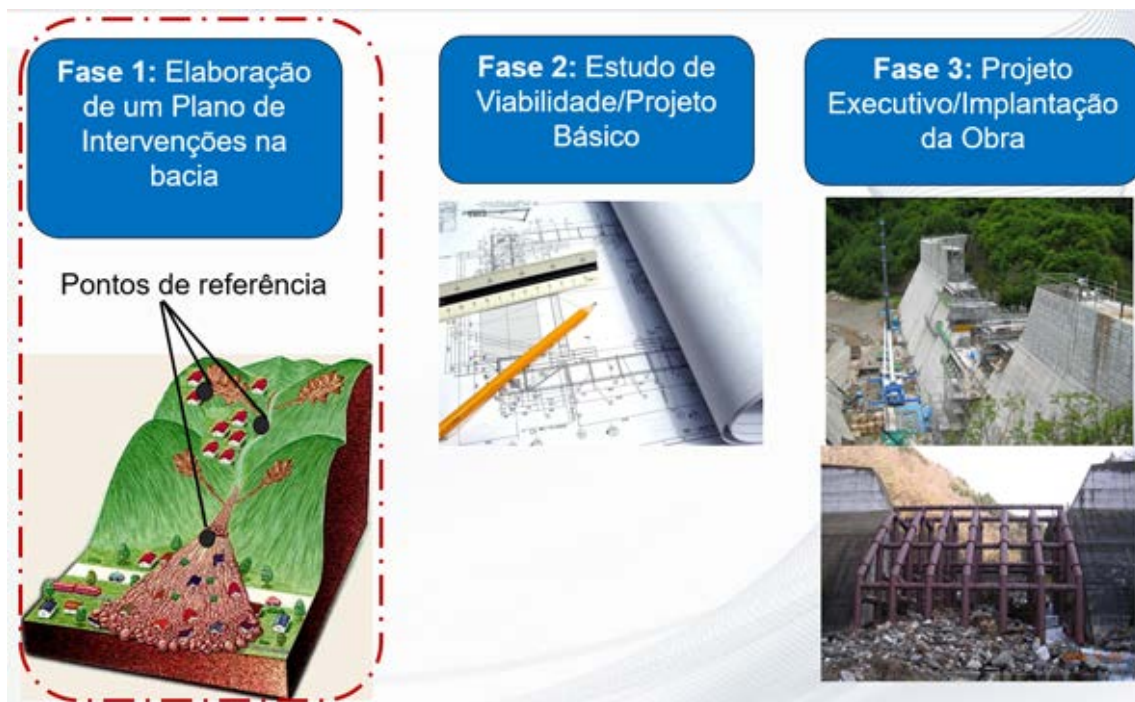
Ao final do texto principal, são apresentados 3 Anexos ao Manual abordando metodologias referentes ao cálculo da vazão de pico do fluxo de detritos, a estimativa da vazão líquida associada a vazão de detritos, o processo de definição da uma chuva de projeto e o respectivo tempo de recorrência, o conteúdo básico de um Plano de Medidas Estruturais para Fluxo de Detritos, bem como um exemplo prático de aplicação do fluxograma para seleção de soluções técnicas de contenção/control de fluxo de detritos.

Ainda compondo o conteúdo do manual há a apresentação de dois apêndices: Apêndice A: Estudo de Caso de Nova Friburgo/RJ e Apêndice B: Estudo de Caso de Blumenau/SC, onde a metodologia descrita no texto principal do manual foi aplicada a duas localidades severamente afetadas por eventos de fluxo de detritos passados. O objetivo dos apêndices consiste em demonstrar de forma mais clara o tipo de produto esperado a partir da aplicação da metodologia apresentada.

Destaca-se que o conteúdo deste manual deverá ser revisto à medida que o estudo e o levantamento de dados de eventos relativos a fluxo de detritos evoluam no Brasil, aumentando a compreensão acerca deste fenômeno pela comunidade técnica brasileira.

#### *Contexto de Aplicação do Manual*

O manual poderá ser aplicado às áreas com risco de fluxo de detritos em bacias hidrográficas de até 5 km<sup>2</sup>. Destaca-se que o manual destina-se, exclusivamente, a uma fase de concepção ou planejamento de estruturas de contenção ou controle para fluxo de detritos, sendo, portanto, uma fase prévia ao desenvolvimento de projetos e implementação de obras que deverão compreender uma análise mais profunda e detalhada da estrutura inicialmente concebida. Para melhor ilustrar o contexto de aplicação do manual, apresenta-se a figura, a seguir, que resume de forma sucinta as principais fases referentes à implementação de obras desta natureza.



É recomendável o acompanhamento e avaliação de especialistas no assunto a medida que os estudos evoluem para a implementação das obras. Destaca-se que não é recomendado o uso do manual para bacias hidrográficas acima de 5km<sup>2</sup>, casos que requerem uma avaliação técnica mais específica por especialista no tema a respeito da pertinência de aplicação da metodologia aqui apresentada ou outra mais apropriada.

Este manual é um guia orientativo para o planejamento e aplicação racional de medidas específicas destinadas a mitigar ou prevenir desastres referentes à fluxo de detritos, não pretendendo esgotar o tema ou restringir a aplicação de outras publicações técnicas ou metodologias correlacionadas.

**Brasília, Novembro de 2017**

**Paulo Roberto Farias Falcão**

*Diretor do Departamento de Reabilitação e Reconstrução*

*Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil*

**Cássio Guilherme Rampinelli**

*Analista de Infraestrutura – Departamento de Reabilitação e Reconstrução*

*Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil*



## GLOSSÁRIO

**Riacho ou talvegue com perigo de fluxo de detritos:** córregos ou talvegues (vertentes de escoamento de água na ocorrência de chuvas) nos quais há o perigo de ocorrência do fluxo de detritos podendo causar danos às estruturas públicas e prédios.

**Bacia hidrográfica:** área delimitada pelas linhas que formam os divisores de água de uma região, sobre a qual a água da chuva escoar para um ponto específico podendo formar córregos e rios.

**Ponto de referência:** local utilizado como referência para o cálculo do volume de sedimentos que será tratado no plano de medidas para fluxo de detritos.

**Área a ser protegida:** região que onde há ocupação humana e infraestrutura que pode ser afetada pela ocorrência de fluxo de detritos.

**Tempo de recorrência:** período de tempo (em anos) em que, em média, um evento pode ser igualado ou superado em sua magnitude. O inverso do tempo de recorrência consiste na probabilidade de excedência da magnitude do evento.

**Fluxo de detritos:** É um tipo de movimento de massa que tem na sua composição alta densidade (10% a 50%) de cascalhos e se movimenta devido a força da gravidade. Consegue movimentar grande quantidade de sedimentos podendo ter em sua composição matações e troncos de árvores, com alta energia destrutiva.

**Vazão de pico do fluxo de detritos:** valor máximo da vazão do fluxo de detritos associada a um evento .

**Densidade do fluxo de detritos:** valor resultante da divisão do volume de sedimento contido no fluxo de detritos pelo volume total da mistura de água e sedimento.

**Volume total escoado de detritos:** é a soma do volume da água e o sedimento que passa pelo ponto de referência em decorrência do fluxo de detritos, que não inclui o ar contido nos poros.

**Ângulo de atrito interno:** ângulo formado com o eixo das tensões normais pela tangente à circunferência do círculo de Mohr.

**Volume de sedimentos carregados do plano:** é o volume de sedimento que passa pelo ponto de referência conforme critérios definidos no plano de medidas.

**Volume específico de sedimentos carregados:** é o valor da razão entre o volume de sedimentos carregado (incluindo o volume de vazios dos poros) por um determinado evento na bacia hidrográfica e a área da bacia hidrográfica associada.

**Volume admissível do fluxo de detritos:** volume de sedimentos decorrente de fluxo de detritos que não irá ocasionar danos a jusante do ponto de referência.

**Volume de troncos:** volume de material constituído por troncos de árvores localizadas nas encostas e vales que são derrubados e levados durante a ocorrência de um evento de fluxo de detritos.

**Volume de sedimentos:** volume de material granular composto pela mistura de água, solo e ar, podendo conter material composto por matacões e blocos de rocha mobilizado durante a ocorrência de eventos de fluxo de detritos.

**Volume de detritos:** soma do volume de sedimentos e troncos que compõe a massa total do fluxo de detritos.

**Diâmetro à altura do peito:** é o diâmetro médio da árvore à medida altura do peito de uma pessoa. É utilizado como referência para o cálculo do volume total da árvore.

**Volume potencial de sedimentos gerados:** é o volume máximo de sedimentos possível de ser gerado em uma determinada bacia hidrográfica tendo em vistas as características fisográficas e morfológicas da área.

**Volume de sedimentos transportável:** é o volume de sedimentos que pode ser transportado tendo em vista um evento de chuva associado.

**Probabilidade de excedência:** é o inverso do tempo de recorrência e indica a probabilidade em que a magnitude de um determinado evento pode ser igualada ou superada.

**Tempo de concentração:** tempo necessário para que a “última gota” de água da chuva que tenha caído no ponto mais distante da bacia hidrográfica atinja o ponto de referência ou determinada seção de referência da bacia hidrográfica.

**Chuva efetiva:** Parcela do total de chuva que atinge uma determinada área que efetivamente contribui para formação do escoamento superficial. Ou seja, corresponde ao volume total de chuva subtraído da parcela da chuva que se infiltra, evapora e é interceptada pelas folhas e depressões do relevo.

**Hierarquia de drenagem:** ordenamento dos cursos d'água a partir de metodologia que estabelece um número de ordem para as diversas vertentes que compõem os cursos d'água de uma bacia hidrográfica.

**Volume retido:** É o volume sedimento depositado na parte superior da superfície de deposição normal, em casos de ocorrência de fluxo de detrito na área de deposição da barragem sabo. (é o volume calculado para ser retido na

barragem, verificar diferença entre a barragem impermeável e permeável, sendo que a última não possui volume depositado, só retido)

**Volume depositado:** É o volume de sedimento depositado no espaço reservado pela retirada do sedimento na parte inferior da superfície de deposição normal, em local de deposição do sedimento da barragem sabo (na barragem permeável são os sedimentos que naturalmente se depositam e na barragem impermeável não existe).

**Gradiente de deposição do fluxo de detritos:** Refere-se ao gradiente do leito (fundo) formado pela deposição do fluxo de detritos ao longo do trecho a montante da barragem sabo.

**Gradiente natural do leito do rio:** é o gradiente formado pela declividade natural do leito do rio antes da ocorrência de um fluxo de detritos.

**Remoção de sedimentos:** é o ato de recuperar o volume perdido a montante da barragem sabo após a deposição de sedimentos decorrente de um evento de fluxo de detritos.

## Sumário

Capítulo 1 .....	20
Capítulo 1 O Plano de Intervenções para Fluxo de Detritos .....	20
1.1 Objetivos do plano .....	21
1.2 Processo de elaboração do plano .....	21
Capítulo 2 Itens Básicos do Plano de Medidas de Proteção e Controle de Fluxo de Detritos .....	25
Capítulo 2 .....	26
2.1 Diretrizes para elaboração .....	26
2.2 Áreas a serem protegidas .....	26
2.3 Dimensão e restrições de aplicação do plano .....	27
2.4 Pontos de referência e classificação das zonas de movimentação do fluxo de detritos .....	28
2.5 Volume de detritos a ser adotado no plano .....	29
2.5.1 Volume de detritos admissível .....	30
2.5.1 Estimativa do Volume de Detritos .....	31
2.5.1.1 Volume de sedimentos a ser considerado no plano .....	31
2.6.1.1 Volume potencial máximo de sedimentos mobilizáveis ( $V_{dy1}$ ) .....	31
O volume potencial máximo de sedimentos mobilizáveis ( $V_{dy1}$ ) é composto de material erosivo no leito dos canais ou talvegues ( $V_{dy11}$ ) e de sedimentos advindos de rupturas de encostas ( $V_{dy12}$ ). As Figura 4 e 5 ilustram as regiões de origem desses sedimentos. Já a mostra o cálculo do volume potencial máximo de sedimentos mobilizáveis. ....	
2.5.1.2 Volume de troncos .....	35
2.5.3 A vazão de pico do fluxo de detritos a partir do ponto de referência .....	35
2.6.1.2 Volume de material passível de ser transportado dentro de um evento de chuva de um dado tempo de retorno ( $V_{dy2}$ ) .....	36
( 1 ) Precipitação máxima diária para o período de retorno adotado ( $P_p$ ) .....	37
( 2 ) Taxa de correção do escoamento em relação a área da bacia hidrográfica ( $K_{f2}$ ) .....	37
2.6.2 Método de cálculo do volume de troncos do plano .....	37
2.6.2.1 Levantamento das condições atuais da bacia hidrográfica .....	38
2.6.2.2 Levantamento das causas da ocorrência .....	38

2.6.2.3	Levantamentos do local de ocorrência, comprimento e diâmetro dos troncos .....	39
2.6.2.4	Cálculo do volume de troncos a partir de métodos de avaliações in situ .....	39
2.6.2.5	Cálculo do volume de troncos gerado com base em valores registrado em eventos passados.....	40
2.6.2.6	Cálculo do volume de troncos carregados a ser considerado no plano .....	41
2.6.3	Método de cálculo do pico de vazão do fluxo de detritos (Método de determinação à partir do volume total escoado de detritos).....	41
2.6.3.1	Relação entre o pico de vazão e o volume total escoado de detritos (m <sup>3</sup> ) .....	41
2.6.3.2	Determinação da Densidade do Fluxo de Detritos (Cd) .....	42
2.6.3.3	Estimativa do volume de sedimentos que escoam devido à primeira onda de fluxo de detritos.....	43
2.6.4	Método de cálculo da velocidade do fluxo de detritos e a profundidade do fluxo de detritos.....	43
2.6.5	Método de cálculo do peso específico do fluxo de detritos .....	45
2.6.6	Cálculo da força hidrodinâmica do Fluxo de Detritos.....	45
2.6.7	Método de cálculo do diâmetro máximo e comprimento máximo do tronco .....	45
2.6.8	Método de cálculo do comprimento e diâmetro médio do tronco.....	46
Capítulo 3	Plano de Controle do Fluxo de Detritos e Troncos.....	47
Capítulo 3	.....	47
3.1	Assunção de fenômeno do fluxo de detritos.....	48
3.2	Método de controle do fluxo de detritos .....	49
3.3	Diretrizes básicas para o controle de fluxos de detritos.....	49
3.4	Classificação e funcionamento das intervenções de controle de fluxo de detritos .....	50
3.5	Plano de implantação das intervenções para fluxo de detritos .....	50
3.5.1	Instalação para controle da geração de fluxo de detritos e troncos .....	51
3.5.1.1	Instalações para conter a geração de detritos na encosta .....	51
3.5.1.2	Estruturas para a prevenção de movimentação de sedimentos em talvegues íngremes .....	51
3.5.2	Instalações para captura de fluxo de detritos .....	52
3.5.2.1	Tipo de barragens Sabo .....	52

3.5.2.2	Volume de sedimento controlado e os modelos de barragem Sabo .....	54
3.5.2.3	Seleção do tipo de barragem Sabo (permeável, semipermeável e impermeável).....	56
3.5.3	Canalização do fluxo de detritos.....	58
3.5.4	Instalações para deposição do fluxo de detritos .....	58
3.5.4.1	Lagoa de deposição de detritos.....	58
3.5.4.2	Deposição de detritos por prolongamento .....	59
3.5.5	Instalações para controle do trajeto do fluxo de detritos .....	60
3.6	Fluxograma para seleção das intervenções para controle do fluxo de detritos.....	60
3.6.1	Objetivo do fluxograma .....	60
3.6.2	Instruções para uso do fluxograma .....	60
3.7	Cálculo do volume controlado do fluxo de detritos e troncos .....	64
3.7.1	Base para elaboração do cálculo do volume da corrida de detritos.....	64
3.7.2	Volume de detritos capturados (X).....	65
3.7.2.1	Volume de sedimento capturado (Xs) .....	66
3.7.2.2	Volume de troncos capturado (Xw).....	66
3.7.3	Volume de detritos depositados (Y) .....	68
3.7.3.1	Volume de sedimentos depositado .....	69
3.7.3.2	Volume de troncos depositado.....	69
3.7.4	Volume de detritos contido (Z).....	70
3.7.4.1	Volume de sedimentos contido (Zd).....	71
3.7.4.2	Volume de troncos contido (Zw) .....	71
Capítulo 4	Planejamento para escavação e retirada de solo depositado ( incluso a retirada de troncos).....	72
4.1	Objetivo da retirada de sedimentos .....	73
4.2	Retirada de sedimentos periódica (Retirada de sedimentos essencial dentro do plano de tratamento de detritos) .....	73
4.3	Retirada de sedimentos emergencial (incluindo a retirada de troncos) .....	73
Capítulo 4	.....	74
Capítulo 5	Obras de medidas de intervenção emergencial.....	74

.....	74
5.1 Assunção da periculosidade do desastre secundário após a ocorrência do fluxo de detritos	75
5.2 Objetivo e a necessidade das intervenções emergenciais.....	76
5.3 Exemplos de intervenções emergenciais.....	76
5.3.1 Contenção de ocorrência ou Controle da geração de fluxo .....	76
5.3.2 Canalização .....	77
5.3.3 Controle de direção do fluxo .....	77
5.3.4 Retirada do sedimento em obras de retenção .....	77
REFERÊNCIAS.....	79
Apêndice-1 Determinação do pico de vazão do fluxo de detritos por meio da precipitação .....	80
1. Determinação do pico de vazão do fluxo de detritos .....	80
2. Método de cálculo da vazão líquida .....	80
3. O coeficiente de escoamento/runoff (C) .....	81
4. Intensidade média da precipitação (I) .....	82
5. Tempo de duração da chuva (t) .....	83
6. Tempo de Recorrência ( $T_R$ ) .....	84
Appendice-2 Conteúdo do Plano de Medidas Estruturais para o Fluxo de detritos .....	86
Apêndice-3 Exemplo de Seleção de Obras através do Fluxograma em Vales com Fluxo de Detrito Típico .....	90

## Figuras

Figura 1. Dispersão entre os dados de volume de massa movimentada e área da bacia hidrográfica ..**エラー! ブックマークが定義されていません。**

Figura 2. Fluxograma de elaboração de plano de contramedidas para fluxo de massa .**エラー! ブックマークが定義されていません。**

Figura 3. Relação entre a declividade do talvegue e as zonas do fluxo de detritos..... 29

Figura 4. Concepção do volume de sedimentos tolerável ..... 31

Figura 5. Local de origem dos materiais do Volume potencial máximo de sedimentos mobilizáveis ..... 32

Figura 6. Exemplos de sedimentos mobilizáveis advindos do canal( $V_{dy11}$ ) e da enconsta ( $V_{dy12}$ ) ..... 32

Figura 7. Esquema ilustrativo para o cálculo do volume de sedimentos mobilizáveis no leito do canal..... 33

Figura 8. Esquema ilustrativo para a estimativa dos parâmetros  $B_d$  e  $D_e$ ..... 33

Figura 9. Hierarquização da rede de drenagem segundo Horton-Strahler. .... 34

Figura 10. Esquema indicativo dos comprimentos das bacias de ordem 0 e de ordem maior que 0..... 35

Figura 11. Cálculo do coeficiente  $Kf2$ . .... 37

Figura 12. Etapas para o cálculo do volume de troncos..... 38

Figura 13. Comprimento da zona de ocorrência de troncos.      Figura 14. Levantamento por amostragem... 40

Figura 15. Área da Bacia Hidrográfica x Volume de Troncos gerados (triangular, coníferas e redonda latifoliadas)..... 41

Figura 16. Correlação entre o pico de vazão sólida (ordenadas) e o volume total de fluxo de massa (abscissas).  
..... 42

Figura 17. Esquema da área considerada para estimativa do fluxo de detritos. .... 43

Figura 18. Exemplo da largura do fluxo de detritos ( $B_d$ ) na seção transversal. .... 44

Figura 19. Assunção de fenômeno do fluxo de detritos ..... 48

Figura 20. Ideia geral do método de controle e fenômenos do fluxo de detritos ..... 49

Figura 21. Tipologia de contramedidas de corrida de detritos. .... 50

Figura 22. Figura dos sedimentos utilizados no planejamento para instalação da prevenção da movimentação do sedimento do leito do canal..... 52

Figura 23. Ilustração e geometria da Barragem Sabo Impermeável..... 55

Figura 24. Ilustração e geometria da Barragem Sabo Permeável. .... 55



Figura 25. Ilustração e geometria da Barragem Sabo Semi-Permeável. ....	56
Figura 26. Exemplo de revestimento do canal. ....	58
Figura 27. Exemplo de Lagoa de Deposição de Detritos. ....	59
Figura 28. Exemplo das instalações de deposição por prolongamento. ....	59
Figura 29. Bloco diagrama esquemático ilustrando a implantação de diques para o desvio do fluxo de detritos. .....	60
Figura 31. Volume de Sedimentos Capturados em Barragens Sabo Permeáveis .....	65
Figura 32. Volume de Sedimentos Capturados em Barragens Sabo Impermeáveis .....	65
Figura 33. Volume de Sedimentos Capturados em Barragens Sabo Semipermeáveis .....	66
Figura 34. Relação da área de tronco contida no volume de detritos capturados pela Barragem Sabo do tipo permeável. ....	67
Figura 35. Volume de Sedimentos Depositados em Barragens Sabo Impermeável. ....	68
Figura 36. Volume de Sedimentos Depositados em Barragens Sabo Impermeável. ....	68
Figura 37. Volume de Sedimentos Depositados em Barragens Sabo Semipermeável .....	69
Figura 38. Volume de sedimentos contidos (hachurado) em Barragens Sabo a partir do método descrito acima. .....	70
Figura 39. Exemplo de sedimentos contidos em Barragens Sabo Impermeáveis.....	70
Figura 40. Exemplo esquemático de estimativa de ocorrência do volume de massa .....	71
Figura 41. O volume de sedimento carregado do fluxo de detritos e os danos humanos e estruturais em residências (1992-1997, Japão).....	75
Figura 42. Exemplo de obras de proteção de encosta. ....	77
Figura 43. Exemplo de canalização do leito da drenagem à partir do uso de Diques Marginais.....	77
Figura 44. Proteção da margem com enronçamento. ....	78



## **1.1 Objetivos do plano**

O plano a ser elaborado para implantação de medidas de controle ou contenção de fluxos de detritos deve ter como meta a proteção da vida humana, da infraestrutura local e do meio ambiente. Para isso, o plano deve ser elaborado considerando sistematicamente: a situação atual dos talwegues/córregos a partir de visitas *in loco*, o histórico de ocorrências de fluxos de detritos na bacia; a situação da bacia hidrográfica no que se refere ao uso e ocupação de áreas urbanas e rurais; os aspectos históricos e culturais, além de fatores econômicos locais.

Recomenda-se que o plano seja elaborado para cada bacia hidrográfica com risco de ocorrência de fluxo de detritos, sendo priorizada as áreas de risco mapeadas conforme Manual de Mapeamento de Perigo e Riscos a Movimentos Gravitacionais de Massa – CPRM – Ministério das Minas e Energia.

O principal objetivo do plano consiste na elaboração de um documento que apresente o processo de definição, a nível de concepção, das intervenções estruturais recomendadas para a bacia hidrográfica de interesse sujeita a ocorrência de fluxo de detritos, chegando-se a uma estimativa do volume de material a ser contido ou manejado, tendo em vista um determinado período de recorrência associado. Os Apêndices A e B, apresentam de forma mais objetiva o produto esperado para o plano de intervenções.

## **1.2 Processo de elaboração do plano**

O processo de elaboração do plano deve ser realizado, sempre que possível, com base no mapeamento realizado para as áreas de risco sujeitas a ocorrências de fluxo de detritos, priorizando-se aquelas bacias com risco mais elevado. No processo de elaboração do plano é importante categorizar da melhor forma possível os trechos de córregos e/ou talwegues que podem contribuir para a formação da massa de sedimentos que irá compor o fluxo de detritos, sendo importante a definição adequada do volume de sedimentos a ser considerado no plano, é recomenda-se que a região da bacia estudada contenha informações topográficas mínimas que permitam a configuração de uma mapa topográfico com curvas de nível, pelo menos, a cada cinco metros de desnível. Com base nessas informações pode-se traçar o perfil do talwegue/córrego principais, permitindo uma melhor caracterização do fenômeno estudado ao longo da bacia avaliada.

Antes de avaliar o volume de sedimentos a ser considerado no plano é importante definir os principais itens que serão abordados no plano (no Anexo 2 do Manual é apresentada uma proposta de sumário básico para o plano, além disso, nos Apêndices A e B são apresentados dois modelos de aplicação da metodologia a dois estudos de caso), a área a ser protegida, a dimensão e restrições de aplicação do plano e o ponto de referência para cálculo do volume de sedimentos a ser considerado.

Em seguida, procede-se com a estimativa do volume potencial de sedimentos que pode ser gerado na bacia, seguido do cálculo do volume passível de ser transportado, associado a um evento de chuva para uma dado tempo de recorrência. Com base na comparação desses dois volumes defini-se aquele que será considerado no plano (o

menor do dois, conforme será explicado no capítulo 2). Estima-se, na sequência, o volume de troncos, que é somado ao volume de sedimentos a ser considerado no plano para compor o volume total de detritos a ser adotado no plano, seguido de uma caracterização e avaliação da área passível de ser afetada pela eventual ocorrência de um fluxo de detritos. Complementarmente, estima-se a vazão de pico esperada para o fluxo de detritos bem como a respectiva velocidade de propagação.

O passo seguinte consiste em avaliar e definir a(s) possível(eis) obras/estruturas adequada(s) ao controle/contenção do volume de sedimentos adotado no plano, seguido de um plano de remoção/estabilização de blocos mobilizáveis maiores e do plano de manutenção das estruturas previstas. A Figura 1, a seguir, resume as principais etapas aqui descritas que compõem o processo de elaboração do plano de intervenções estruturais para bacias hidrográficas sujeitas a ocorrência de fluxo de detritos.

Com base na experiência japonesa em fluxo de detritos, há grande variação dos volumes de detritos mobilizáveis durante essas ocorrências para bacias hidrográficas com características similares, o que inviabiliza a aplicação de correlações estatísticas para obtenção de estimativas diretas de volumes de detritos mobilizáveis para esses tipos de fenômenos em função da área de drenagem das bacias hidrográficas. Para ilustrar essa situação, a Figura 2 apresenta um diagrama de dispersão que busca correlacionar o volume de sedimentos mobilizados e a área da respectiva bacia hidrográfica associada para um histórico de ocorrências de eventos de fluxo de detritos no Japão, para o período de 1992 a 1999, incluindo-se, alguns locais de eventos similares ocorridos no município de Nova Friburgo/RJ, em 2011, e no município de Salvador/BA, em 2015.

É notória a grande dispersão dos dados, o que indica que a estimativa dos volumes de detritos a serem carregados deve ser obtida com base em levantamentos de campo e procedimentos metodológicos específicos.

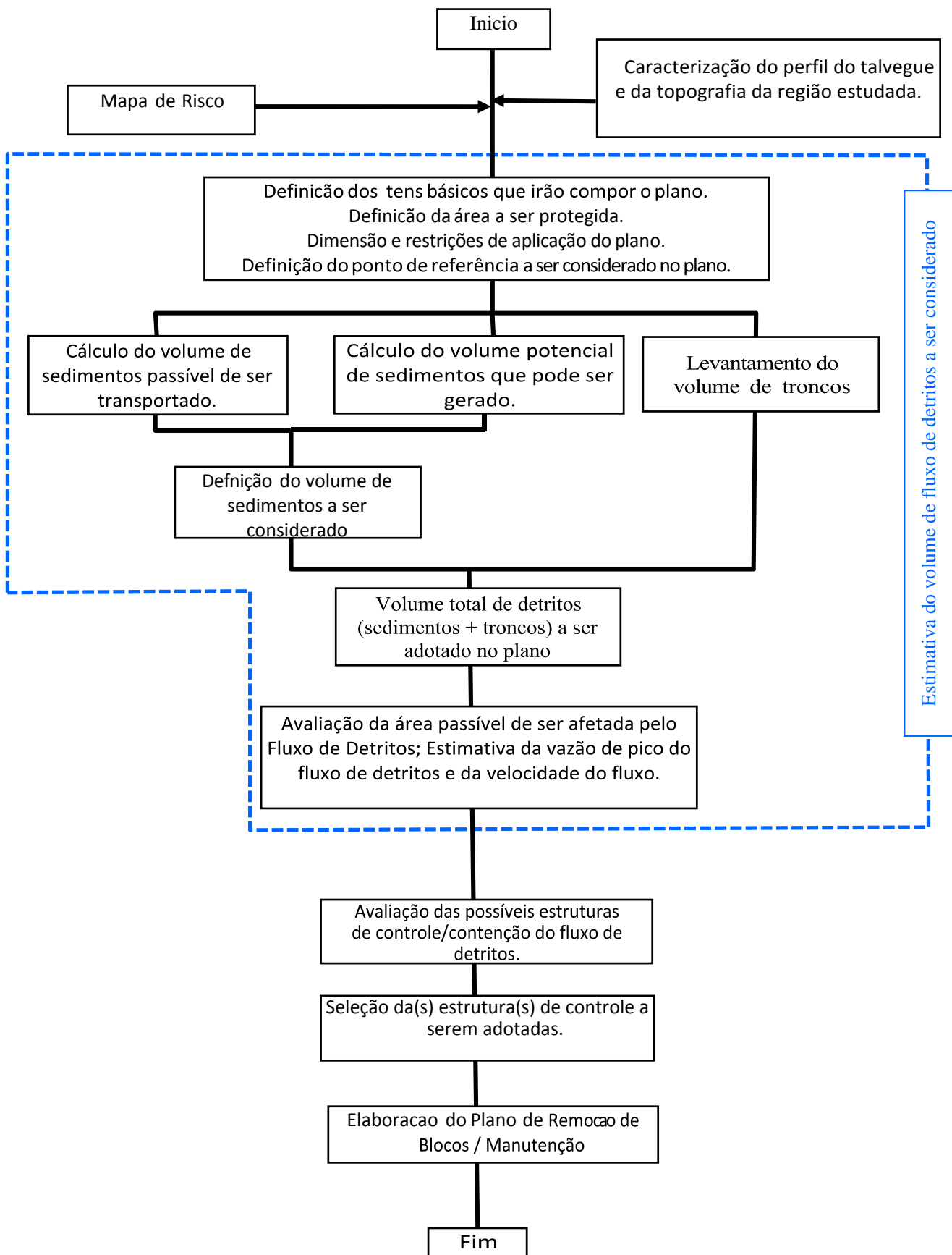


Figura 1- Fluxograma para elaboração do plano de medidas para fluxo de detritos

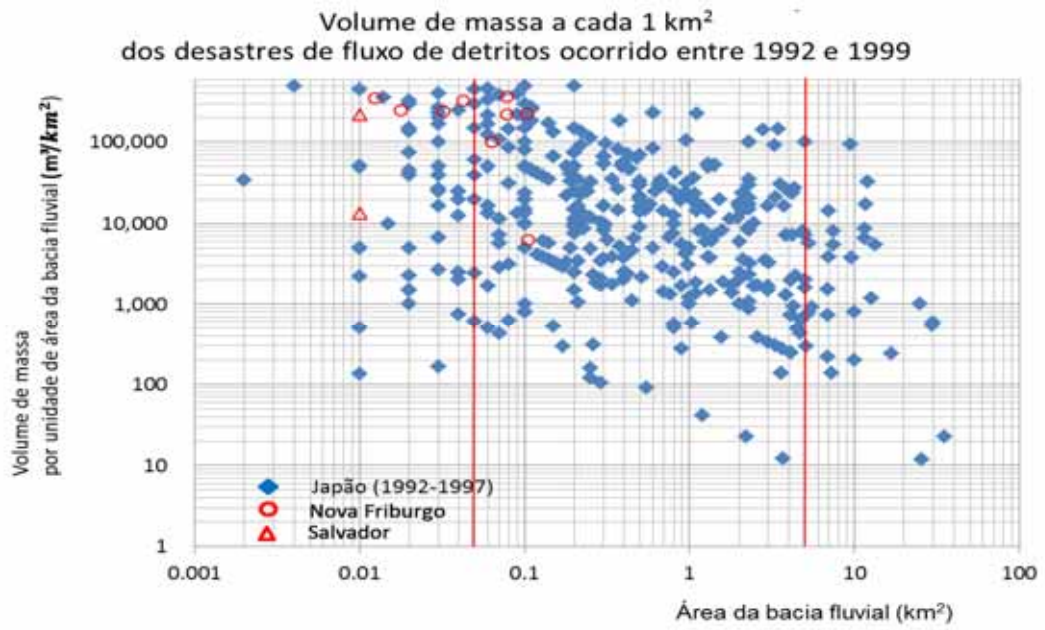


Figura 2- Dispersão entre os dados de volume de sedimentos movimentados em fluxos de detritos x área da bacia hidrográfica



## Capítulo 2 Itens Básicos do Plano de Medidas de Proteção e Controle de Fluxo de Detritos

## **2.1 Diretrizes para elaboração**

O planejamento das medidas de controle e proteção para fluxo de detritos deve ser elaborado de forma a tratar de forma efetiva o volume de material (sedimentos e troncos) que escoam na forma de fluxo de detritos, com o objetivo de evitar a ocorrência de desastres nas áreas que podem ser diretamente afetadas por esses fenômenos.

As metas do plano serão consideradas atingidas após a implementação de todas as ações e obras previstas no escopo do planejamento realizado. Deve-se, também, integrar ao plano medidas de cunho não estrutural, tais como sistemas de monitoramento e alerta (cujas diretrizes são indicadas no Manual de Elaboração, Transmissão e Uso de Alertas de Risco de Movimentos de Massa – CEMADEN/MCTIC), ações de contingência (cujas diretrizes são discutidas no Manual para Elaboração do Plano de Contingência Municipal para Riscos de Movimento de Massa – CENAD/SEDEC/MI) e questões relativas ao uso e ocupação do solo (cujas diretrizes são apresentadas no Manual de Redução de Riscos de Desastres Aplicado ao Planejamento Urbano – Movimentos de Massa – MCid). Ainda que predominem ações estruturais, durante a fase de execução das obras previstas no plano, podem ocorrer situações críticas de escoamento de detritos, sendo imprescindível a implantação de medidas não estruturantes com a maior brevidade possível, como a instalação de um sistema de monitoramento e alerta, a fim de se proteger vidas e infraestrutura.

Ressalta-se ainda, que mesmo após a implantação das obras, podem ocorrer fluxos de detritos de grande magnitude, que ultrapassem o período de retorno adotado nos projetos e, para estes casos, as medidas não estruturais continuarão tendo uso e sendo fundamentais para preservação de vidas e redução de prejuízos e danos a infraestrutura.

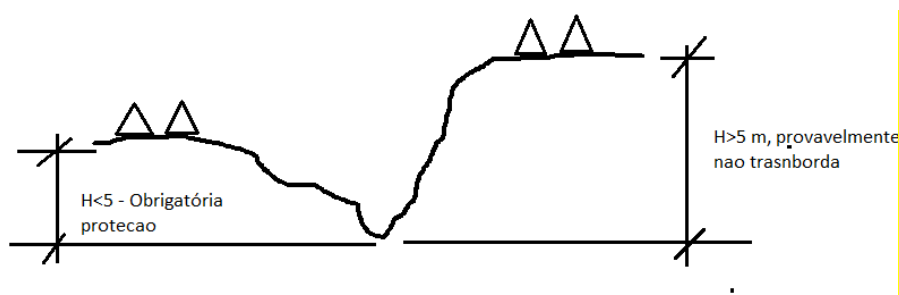
Outro aspecto de relevância a ser destacado, consiste na necessidade de atualização periódica do plano. Sempre que ocorrerem mudanças na bacia hidrográfica, tais como alterações na topografia, tipo de uso do solo, cobertura vegetal, dentre outros, seja pela ação antrópica ou pela ocorrência de deslizamentos e/ou fluxo de detritos, será necessário revisar o plano, incluindo uma nova estimativa do volume de detritos a ser considerado no dimensionamento, caso se perceba que essas modificações possam impactar a estimativa inicial de volume de detritos considerado no planejamento.

## **2.2 Áreas a serem protegidas**

As áreas a serem protegidas consistem nas localidades onde há residências, zonas de cultivo, infraestrutura pública e privada, dentre outras áreas onde há risco dessas benfeitorias serem atingidas por fluxo de detritos. O processo adotado para o levantamento dessas áreas de risco é detalhado no Manual de Mapeamento de Perigo e Riscos a Movimentos Gravitacionais de Massa (CPRM). A identificação das regiões a serem protegidas deve considerar a distância em relação ao ponto de referência (será descrito em item mais a frente) adotado no planejamento, bem como a cota de elevação do terreno nessas áreas, tomando-se como referência a cota de alcance do fluxo de detritos.



Geralmente, áreas com mais de 5m de diferença de altura medido a partir do ponto mais fundo do leito do rio deve ser definido como área a ser protegida, pois de acordo com o histórico de ocorrência mostra que nessas áreas ocorre o transbordamento do fluxo de detritos.



Geralmente, o trecho de deposição do fluxo de detritos no caso do fluxo de detritos do tipo cascalho ocorre em inclinações da ordem de 3 graus ( proporção de 1:20) e no caso do fluxo de detritos do tipo lama é de 2 graus ( proporção de 1:30) . Mas caso tenha histórico da bacia hidrográfica em questão, deve delimitar de forma correta esses parâmetros conforme a situação real do desastre do local.

### 2.3 Dimensão e restrições de aplicação do plano

As medidas de controle/contenção para fluxo de detritos são concebidas com base em um volume de sedimentos estimado com base em uma probabilidade de ocorrência ou período de retorno associado a uma chuva de projeto ou com base em levantados de volume de eventos de fluxo de detritos anteriores.

No caso da estimativa a partir de uma chuva de projeto, em princípio, o volume de sedimentos a ser adotado no plano é definido com base na comparação de dois volumes: o volume potencial de sedimentos que pode ser gerado na bacia e o volume de sedimentos passível de ser transportado, relativo a um evento de chuva associado a um tempo de retorno, sendo adotado o menor dos dois volumes. O método de cálculo dos volumes citados será melhor descrito nos itens seguintes. Ao volume de sedimentos considerado para o plano soma-se o volume de troncos para compor o volume de detritos a ser adotado no plano. O evento de chuva considerado trata-se da máxima chuva diária esperada para um dado período de retorno (recomenda-se a adoção de períodos de retorno a partir de 100 anos). Ressalta-se que para as situações onde o volume potencial de sedimentos possível de ser gerado na bacia supera o volume de sedimentos passível de ser transportado, há possibilidade de ocorrência de eventos que superem o volume de sedimentos estimado para o plano.

No caso em que há histórico considerável de registros com dados de volumes dos eventos de fluxos de detritos ocorrido no passado na bacia hidrográfica em estudo, o volume de detritos a ser adotado no plano poderá levar em conta a correlação entre a magnitude das chuvas associadas aos volumes de detritos registrados.

Ressalta-se ainda que este manual não leva em consideração o efeito da propagação de volumes de detritos represados naturalmente em obstruções naturais que bloqueiam a passagem dos fluxos nas bacias bem como barragens artificiais utilizadas para contenção de

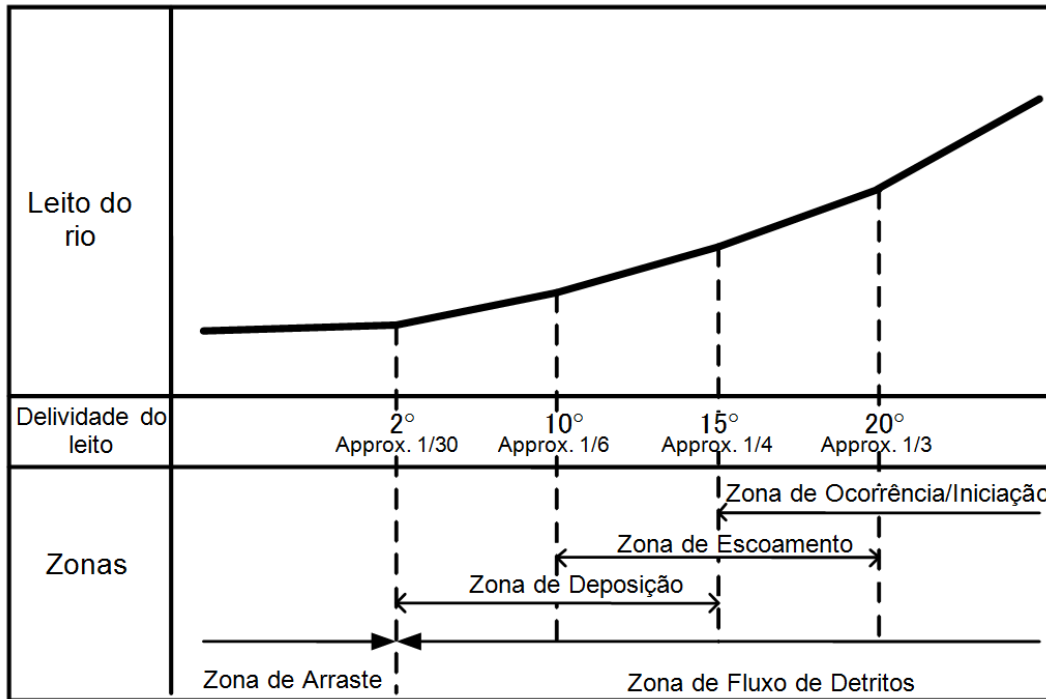
rejeitos. A consideração desses tipos de efeitos deve ser avaliada de forma específica, sempre que forem identificados o seu potencial de ocorrência.

#### **2.4 Pontos de referência e classificação das zonas de movimentação do fluxo de detritos**

O ponto de referência consiste no local para o qual o volume de detritos a ser considerado no plano será calculado. O ponto de referência usualmente é posicionado à montante da área a ser protegida e a jusante da zona de escoamento do fluxo de detritos. Para melhor compreensão do posicionamento do ponto de referência é importante ter uma noção da caracterização do fenômeno ao longo de sua formação, propagação, deposição e espraiamento dentro da extensão do talvegue/córrego considerado. Assim, busca-se delimitar ao longo do talvegue/córrego sobre o qual o fluxo de detritos se propaga as seguintes zonas: trecho onde há a geração da maior parte do material detrítico que será propagado, denominado zona de ocorrência ou iniciação, trecho onde o material será propagado ou escoado, denominado zona de escoamento, trecho onde o material será depositado às margens do talvegue ou córrego denominado zona de deposição e trecho onde o material será espalhado e disperso, denominado zona de espraiamento ou arraste.

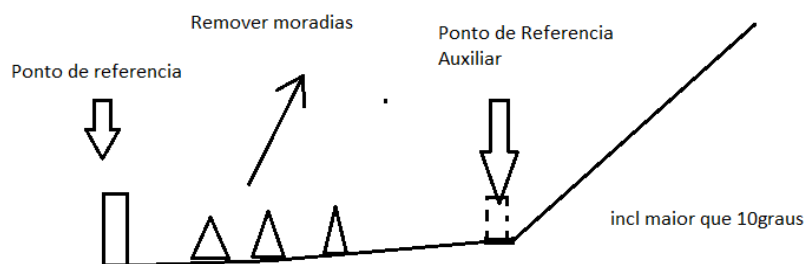
De forma a facilitar essa compreensão, realiza-se uma classificação das zonas de movimentação do material propagado com base no gradiente de declividade do talvegue ou leito do córrego estudado, embora tal classificação também seja afetada pelo tipo de material passível de ser carregado. As zonas de movimentação descritas são apresentadas graficamente na Figura 3, em função do gradiente do leito do talvegue/córrego sobre o qual o fluxo se propaga.

Destaca-se que a delimitação dessas zonas não é um processo excludente, sendo possível a ocorrência de processos característicos de uma zona ou outra dentro de um mesmo trecho, podendo haver, portanto, sobreposição entre elas. Embora o diagrama apresentado possa servir como referência para essa classificação é importante complementar a classificação a partir de visita in loco e vestígios ou evidências de eventos anteriores ocorridos na bacia hidrográfica avaliada.



**Figura 3. Relação entre a declividade do talvegue e as zonas do fluxo de detritos**

Assim, a posição do ponto de referência tendo em vista as zonas de movimentação do fluxo de detritos é geralmente definida após (a jusante) a zona de escoamento. Caso seja necessário (em bacias maiores), deve-se incluir ponto(s) de referência(s) auxiliar(es). **No caso de implantação de estruturas de controle do fluxo de detritos na zona de deposição (a jusante da saída de um vale), deve-se definir que a posição da obra de captura seja o ponto de referência e a saída do vale seja o ponto de referência auxiliar.**



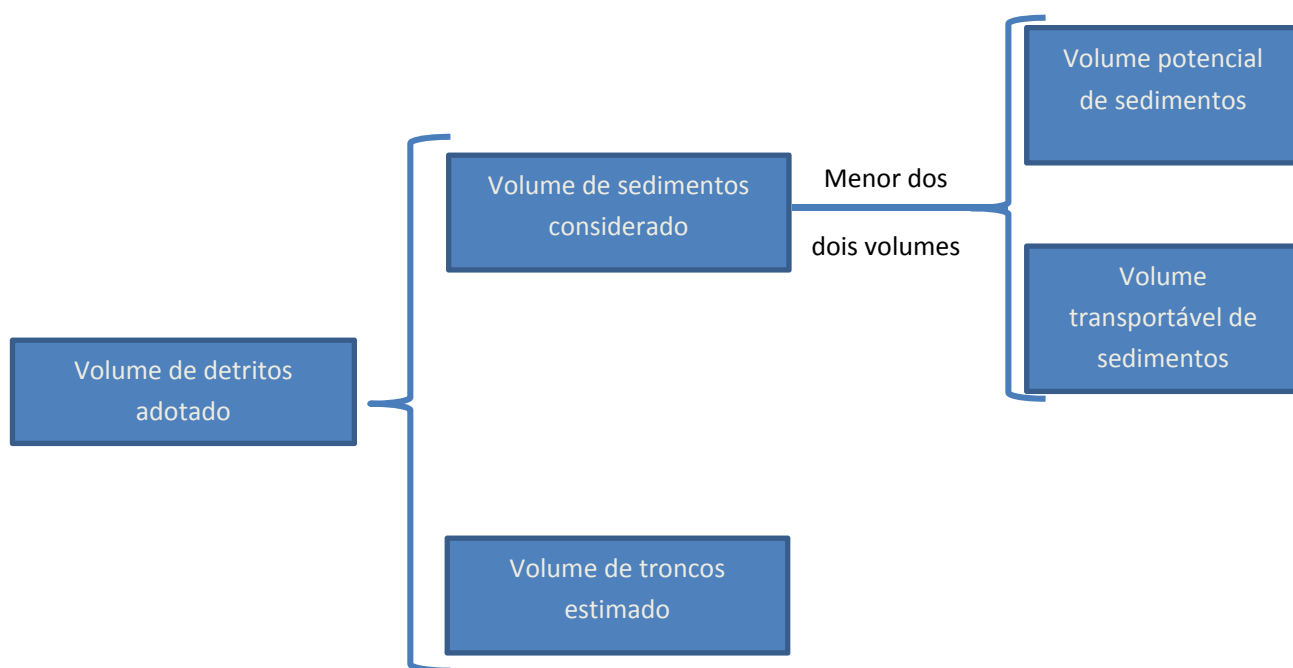
## 2.5 Volume de detritos a ser adotado no plano

Tal como mencionado anteriormente, o volume de detritos a ser adotado no plano será obtido a partir da soma do volume de sedimentos a ser considerado com o volume de troncos estimado. O volume de sedimentos a ser considerado advém da comparação de dois volumes: o volume potencial de sedimentos que pode ser gerado na bacia e o volume de sedimentos passível de ser transportado, relativo a um evento de chuva associado a um tempo de retorno, sendo adotado o menor dos dois volumes. Ao volume de sedimentos considerado para o plano soma-se o volume de troncos para compor o volume de detritos a ser adotado no plano.

Complementarmente, é também importante estimar a vazão de pico do fluxo de detritos considerado. Os métodos de cálculo dos referidos volumes são apresentados nos itens seguintes.

Ressalta-se que o termo sedimento aqui empregado leva em conta o material granular oriundo do solo bem como fragmentos de rocha, sendo composto, portanto, por diferentes granulometrias. Este termo é empregado para distinguir este material dos troncos de árvores que são carregados e que também compõem a massa de detritos. Na estimativa dos volumes de detritos carregados, o material oriundo de troncos de árvore, deve ser estimado separadamente.

Portanto, o volume de detritos a ser adotado no plano deverá ser a soma das estimativas do volume de sedimentos a ser considerado e do volume de troncos estimados.



**Figura 4. Diagrama esquemática para definição do volume de detritos a ser adotado no plano**

### 2.5.1 Volume de detritos admissível

O volume de sedimentos admissível ou “tolerável” refere-se ao volume máximo de sedimentos que passará pelo ponto de referência não oferecendo risco às estruturas localizadas à jusante. Como as calhas dos talvegues aqui considerados são, via-de-regra, estreitas para passagem do material mobilizado, a capacidade armazenamento desse material nas calhas será desprezada. A Figura 5 ilustra duas condições, uma em que o volume de material escoou pela calha encontra-se dentro do volume admissível (imagem a esquerda) e outra em que o volume admissível foi ultrapassado pelo evento (imagem da direita).

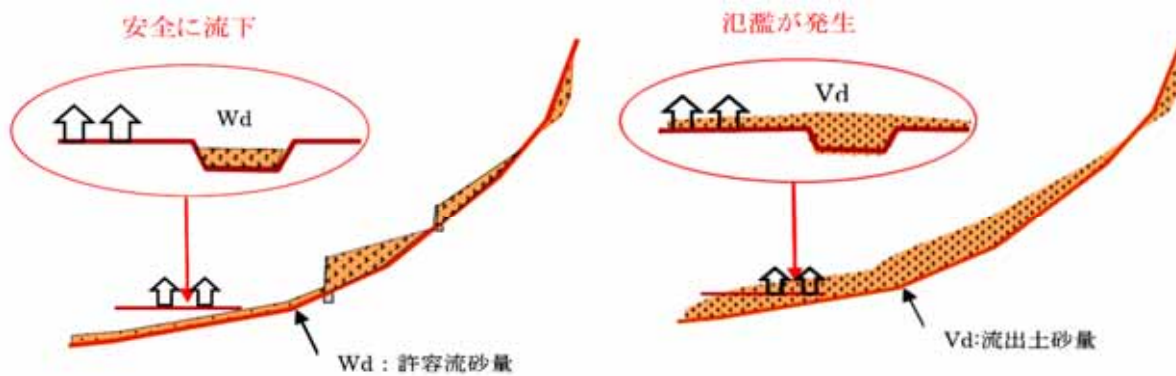


図-2.2 許容流砂量の概念

Figura 5. Volume de detritos admissível

## 2.5.1 Estimativa do Volume de Detritos

### 2.5.1.1 Volume de sedimentos a ser considerado no plano

O volume de sedimentos a ser considerado no plano será aquele que passa pelo ponto de referência por meio do fluxo de detritos provocado por um evento de chuva com tempo de recorrência pré-definido.

O volume de sedimentos a ser considerado no plano será calculado em relação ao ponto de referência considerando a inexistência de medidas de controle ou proteção contra fluxo de detritos.

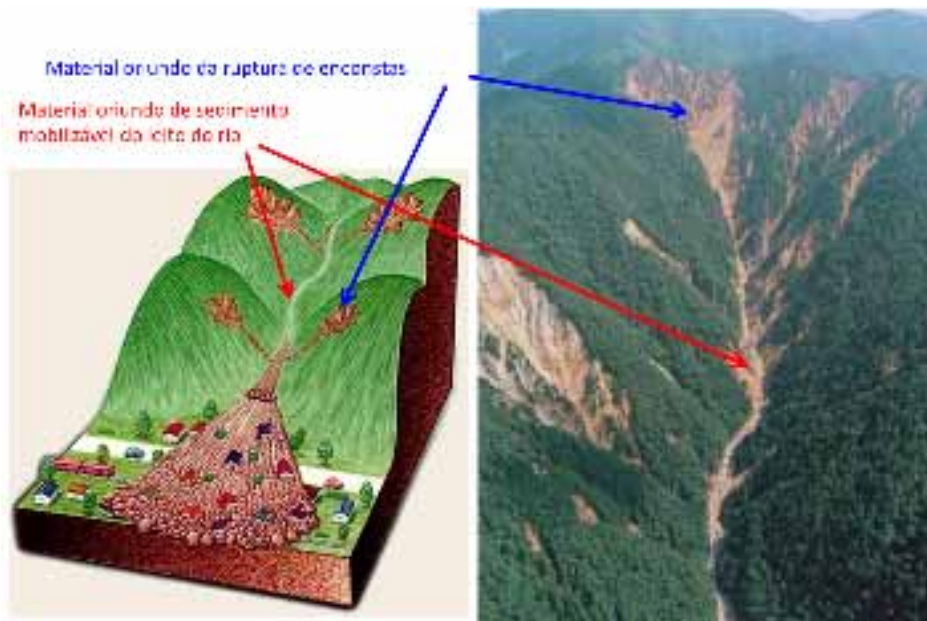
O volume de sedimentos a ser considerado será definido considerando o menor valor dentre o volume potencial de sedimentos que podem ser gerados ( $V_{dy1}$ ) e o volume de sedimentos passível de ser transportado pelo evento de chuva adotado ( $V_{dy2}$ ). O volume potencial de sedimentos que podem ser gerados ( $V_{dy1}$ ) é definido a partir de levantamentos de campo, mapas topográficos e de registros de ocorrência de fluxos de detritos anteriores. O volume de sedimentos passível de ser transportado ( $V_{dy2}$ ) é determinado a partir de formulação empírica desenvolvida com base no método racional a partir do **Modelo de Takahashi**.

Caso o volume de sedimentos a ser considerado resulte em valor menor que  $1.000 \text{ m}^3$ , deverá ser adotado para o plano o valor mínimo de  $1.000 \text{ m}^3$ . Tal valor se baseia na experiência japonesa onde há registros de casos, para valores de volume de sedimentos estimados inferiores a esse limite que foram superados pelos eventos ocorridos.

### 2.5.1.2 Volume potencial de sedimentos que pode ser gerado ( $V_{dy1}$ )

O volume potencial de sedimentos que pode ser gerado na bacia ( $V_{dy1}$ ) é composto do volume de material que pode ser erodido advindo do leito dos canais ou talvegues ( $V_{dy11}$ ) e do volume de sedimentos advindos de rupturas de encostas ( $V_{dy12}$ ).

A Figura 6 e a Figura 7 ilustram as regiões de origem desses sedimentos.



**Figura 6. Local de origem dos materiais potencialmente mobilizados**



**Figura 7. Exemplos de sedimentos mobilizáveis advindos do canal ( $V_{dy11}$ ) e da enconsta ( $V_{dy12}$ )**

Assim, a (Equação 1), apresentada a seguir, apresenta as parcelas que compõem o volume potencial de sedimentos que pode ser gerado na bacia hidrográfica de estudo.

$$V_{dy1} = V_{dy11} + V_{dy12} \quad (\text{Equação 1})$$

#### 2.5.1.2.1 Volume potencial de sedimentos advindo do canal ou talvegue ( $V_{dy11}$ )

O material mobilizável advindo do leito do canal ou talvegue ( $V_{dy11}$ ) é calculado multiplicando-se o comprimento do canal ou talvegue pela média da área do material erosivo depositado no leito. A Figura 7 ilustra a forma de cálculo para o material mobilizável do fundo do canal. A ( e

(apresentam, respectivamente, o método de estimativa do volume de sedimentos advindos do leito e o cálculo da área da seção do leito a ser considerada no referido volume.

$$V_{dy11} = A_{dy11} \times L_{dy11} \tag{2}$$

$$A_{dy11} = B_d \times D_e \tag{3}$$

Em que

$V_{dy11}$  : Volume de sedimento mobilizável acumulado no leito do canal (m<sup>3</sup>)

$A_{dy11}$  : Área média do material mobilizável acumulado no leito do canal (m<sup>2</sup>)

$L_{dy11}$  : Comprimento do talvegue do seu início até o ponto de referência (m)

$B_d$  : Largura média da seção do talvegue onde se avalia que haverá erosão (m)

$D_e$  : Profundidade média da massa mobilizável acumulada no canal (m)

Os parâmetros  $B_d$  e  $D_e$  devem ser estimados com base em inspeções de campo e estimar a cada bacia de ordem e vertentes, conforme ilustrado na Figura 7 e 8, sendo importante que a estimativa leve em consideração as variações na inclinação das encostas, bem como a presença de afloramentos rochosos e desníveis em forma de escadaria da seção longitudinal do canal. Como exemplo, demonstra-se abaixo a profundidade média de erosão no caso do Japão de um único evento de fluxo de detritos.

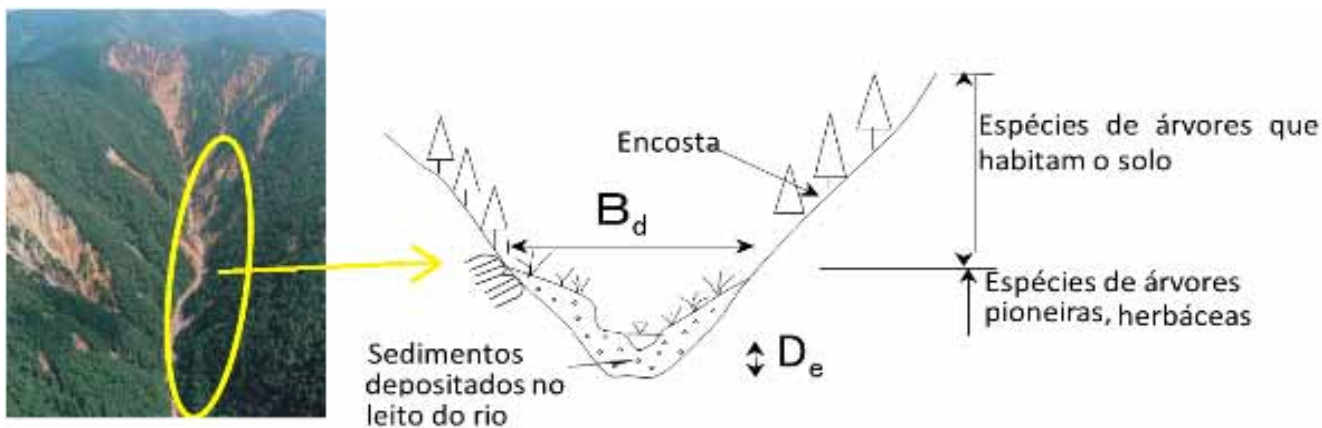


Figura 8. Esquema ilustrativo para o cálculo do volume de sedimentos mobilizáveis no leito do canal

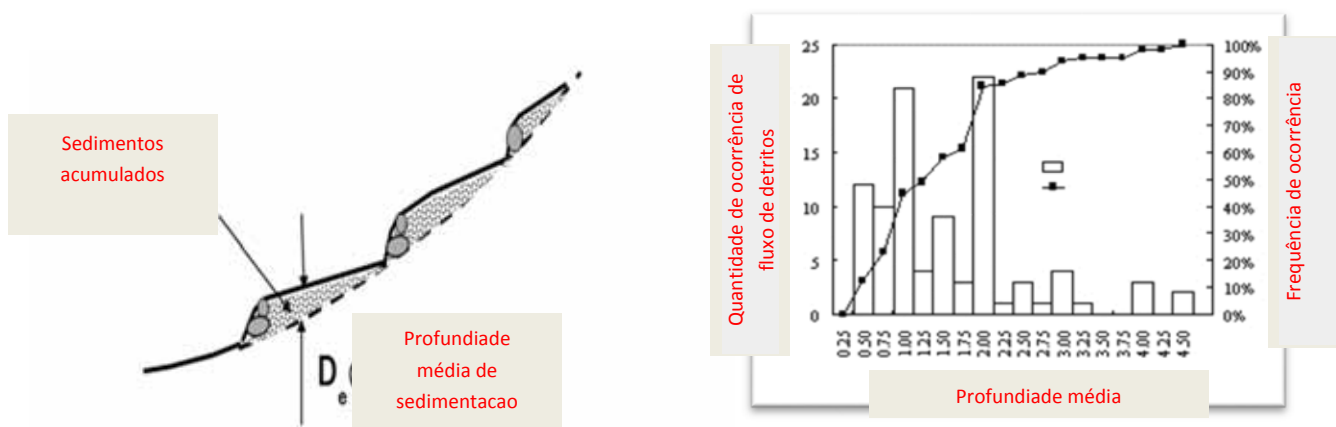


Figura 9. Esquema ilustrativo para a estimativa dos parâmetros  $B_d$  e  $D_e$ .

O  $L_{dy11}$  será determinado pelo método proposto por Horton-Strahler. Segundo a definição proposto por esse método, considera-se as bacias de ordem zero quando nota-se a condição de “a” maior que “b”, conforme demonstrado na figura 9. A bacia de ordem 1 se inicia no ponto em que a=b. Conforme vai se juntando a outras bacias, vai aumentando a sua ordem da bacia. A continuação dos vales se formam o  $L_{dy11}$ .

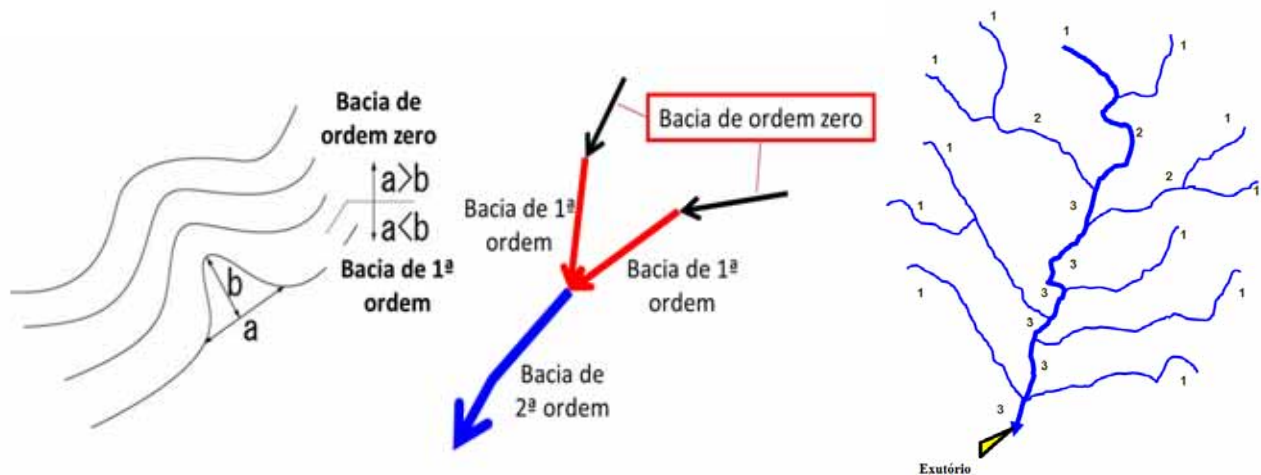


Figura 10. Hierarquização da rede de drenagem segundo Horton-Strahler.

( 2 ) Volume de material advindo de rupturas de encostas ( $V_{dy12}$ )

Para a estimativa do material mobilizável advindo das encostas ( $V_{dy12}$ ) podem ocorrer duas situações: quando há possibilidade de se estimar o volume de material passível de ruptura e quando essa estimativa é mais complicada de determinar.

Quando há possibilidade de se estimar o volume de material passível de ruptura

Para o primeiro caso, inicialmente deve-se identificar a encosta passível de ruptura e depois realizar o cálculo utilizando os dados obtidos a partir de ensaios e sondagens em campo e com base em informações coletadas de tipo de solo, teores de umidade, profundidade e largura erosiva, histórico de rupturas anteriores, dentre outros. Pode-se adotar também algum método de cálculo baseado nas informações sobre mapa de risco. Como o sedimento da encosta se espalha quando se rompe, entende-se que o volume aumenta. Porém para o cálculo de estimativa do volume de material advindo de ruptura de encostas este fato deve ser desconsiderado. Pois seria difícil determinar a densidade original desse material e a influência é menor comparado ao erro de estimativa da dimensão da ruptura.

Quando é difícil estimar o volume de material passível de ruptura

Para a segunda situação deve-se proceder de maneira análoga à estimativa do material mobilizável advindo do leito do canal ou talvegue ( $V_{dy11}$ ). Considera-se que a partir do ponto inicial da bacia de ordem 1 demonstrado pela hierarquização do Horton-Strahler até a crista da cabeceira seja a bacia de ordem zero e a extensão dela seja  $L_{dy12}$ . A  $A_{dy12}$  será determinada pelo mesmo cálculo utilizado para bacia de ordem 1. Utilizando a Equação 3 determina-se o Volume potencial máximo de sedimentos mobilizáveis de bacia de ordem zero e este valor será utilizado como Volume de material advindo de rupturas de encostas.

Assim, a expressão para o cálculo do volume de material advindo de rupturas de encostas ( $V_{dy12}$ ) é dado pela Equação 4 e Equação 5:

$$V_{dy12} = \sum (A_{dy12} \times L_{dy12}) \quad \text{Equação 4}$$

$$A_{dy12} = B_d \times D_e \quad \text{Equação 5}$$

Em que

$V_{dy12}$  : Volume de sedimento mobilizável proveniente das encostas (m<sup>3</sup>)



$A_{dy12}$  : Área média do material mobilizável proveniente da encosta ( $m^2$ )

$L_{dy12}$  : Comprimento do talvegue de ordem 0 (m)

$B_d$  : Largura média da seção do talvegue onde se avalia que haverá erosão (m)

$D_e$  : Profundidade média da massa mobilizável da encosta (m)

apresenta um layout geral da caracterização dos comprimentos referentes às vertentes das bacias de ordem 0 e de ordem não nulas.

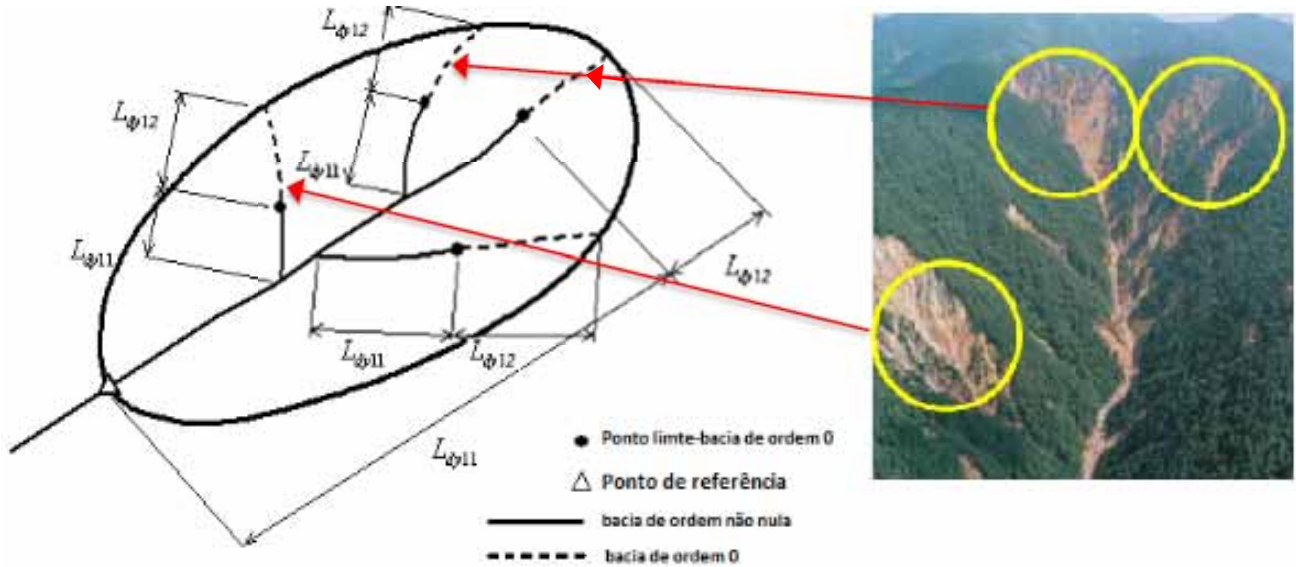


Figura 11. Esquema indicativo dos comprimentos das bacias de ordem 0 e de ordem maior que 0.

### 2.5.1.2 Volume de troncos

O volume de troncos estimado é o volume de troncos que passa pelo ponto de referência e que faz parte do fluxo de detritos estimado. Em relação ao cálculo, considera-se que as intervenções ainda não foram implementadas.

Analogamente ao que foi descrito para sedimentos, também deve ser calculado o volume de troncos baseando-se do resultado a visita ao campo. O cálculo do volume de troncos está apresentado na seção 2.6.2 deste manual.

### 2.5.3 A vazão de pico do fluxo de detritos a partir do ponto de referência

Para simular onde irá iniciar o transbordamento do fluxo de detritos e a largura de erosão utilizada no cálculo do volume potencial máximo de sedimentos que podem ser gerados ou mobilizados é necessário primeiro determinar a vazão de pico e a taxa de fluxo do fluxo de detritos. A vazão de pico do fluxo de detritos é o valor máximo encontrado

durante a ocorrência de um conjunto de fluxo de detritos. É de conhecimento de que esse valor máximo é de 1 a 10 vezes maior que o pico registrado em inundação comum. Para o cálculo deste parâmetro considera-se que não há nenhuma intervenção implantada.

Além disso, não se deve levar em consideração a variação do vazão de pico do fluxo de detritos, velocidade e a profundidade do fluxo, peso específico devido a inclusão de troncos. Pois o impacto relacionado a velocidade e profundidade do fluxo ser pequeno devido a baixa porcentagem do volume de troncos em relação ao volume total do fluxo de detritos.

### **2.6.1.2 Volume de material passível de ser transportado dentro de um evento de chuva de um dado tempo de retorno ( $V_{dy2}$ )**

O volume de sedimentos passíveis de serem transportados por um dado evento de chuva é dado pela 6

$$V_{dy2} = \frac{10^3 \times P_p \times A}{1 - K_v} \times \left( \frac{C_d}{1 - C_d} \right) K_{f2} \quad (6)$$

Em que

$V_{dy2}$  : Volume de sedimentos passível de ser transportado (m<sup>3</sup>)

$P_p$  : Precipitação máxima diária para o período de retorno adotado (mm)

$A$  : Área da Bacia Hidrográfica  $O$  (km<sup>2</sup>)

$K_v$  : Porosidade (na ausência de melhores estimativas adota-se 0,4)

$K_{f2}$  : Taxa de correção do escoamento em relação à área da bacia hidrográfica. Limite máximo 0,5 e mínimo 0,1.

$C_d$  : Densidade do fluxo de detritos durante seu escoamento.

## ( 1 ) Precipitação máxima diária para o período de retorno adotado (Pp)

Para definição da precipitação máxima diária para o tempo de retorno considerado no estudo recomenda-se que seja realizado um estudo de análise de frequência das precipitações máximas diárias anuais. Conforme descrito por Naghettini & Pinto (2007), em uma análise de frequência o técnico procura selecionar, dentre as diversas distribuições candidatas, aquela que parece ser a mais capaz de sintetizar as principais características estatísticas amostrais, podendo-se resumir a análise de frequência nas seguintes etapas:

- Optar pela utilização de séries anuais ou séries de duração parcial;
- Avaliar os dados das séries, quanto aos atributos de homogeneidade, independência e representatividade;
- Propor uma ou algumas distribuições teóricas de probabilidade, com a estimativa de seus respectivos parâmetros, quantis e intervalos de confiança, seguida da verificação de aderência à distribuição empírica;
- Realizar a identificação e tratamento de eventuais pontos atípicos, com possível repetição de algumas etapas precedentes;
- Selecionar o modelo distributivo mais apropriado.

Dessa forma, sugere-se a consulta a publicações referentes ao campo da hidrologia estatística para definição do método a ser utilizado no cálculo da precipitação máxima diária para um dado tempo de retorno. Para o caso de obras referentes a barragens Sabo, na ausência de melhores definições referentes ao risco a ser assumido, recomenda-se a adoção do tempo de recorrência de pelo menos 100 anos.

## ( 2 ) Taxa de correção do escoamento em relação a área da bacia hidrográfica (Kf2)

É possível utilizar a taxa de correção demonstrado na figura 11. Esse valor foi definido baseado no volume de detritos e precipitação diária medido nos eventos de fluxo de detritos ocorrido no Japão.

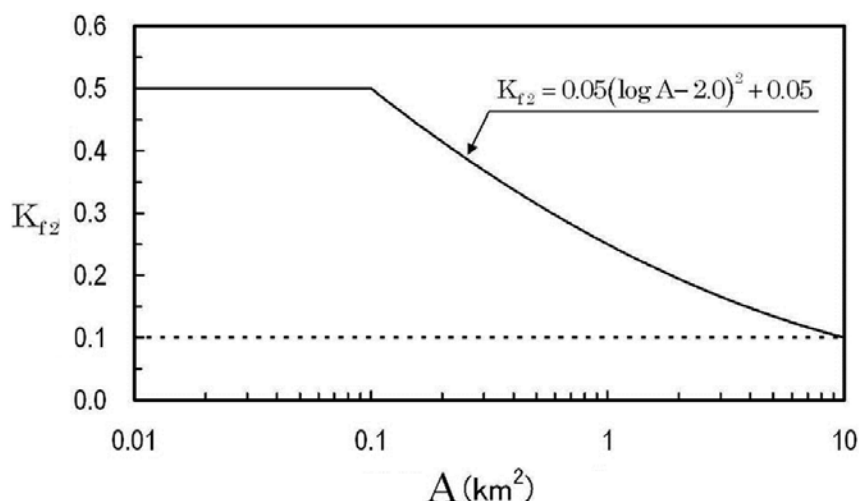
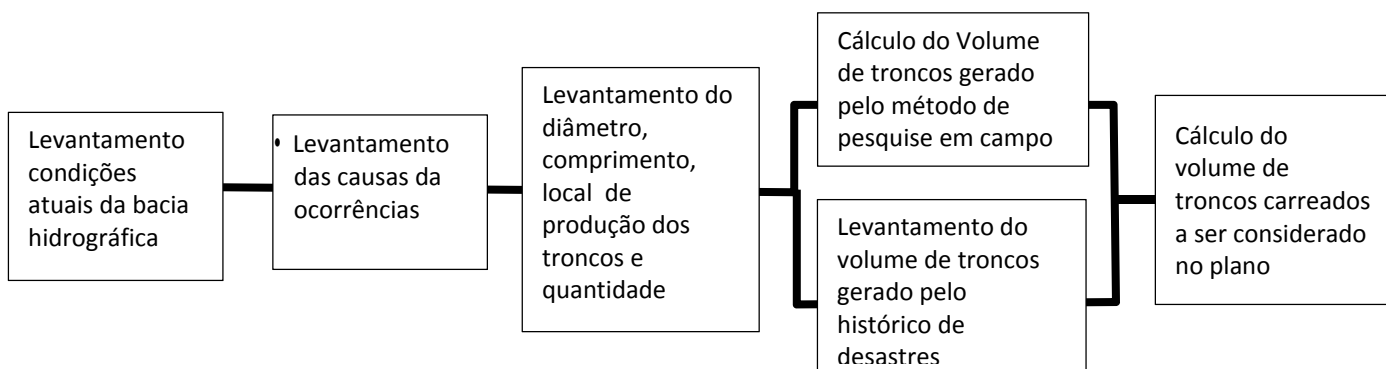


Figura 12. Cálculo do coeficiente Kf2.

### 2.6.2 Método de cálculo do volume de troncos do plano

O volume de troncos do plano é calculado multiplicando-se a taxa de correção do escoamento em volume de troncos gerados que foi estimado. O volume de troncos deve ser expresso na forma de volume de sólidos (não inclui o volume do vazio), e deve ser calculado simulando uma condição da bacia hidrográfica onde não há intervenções para contenção do fluxo de detritos.

As etapas abaixo resumem os procedimentos para o cálculo do volume de troncos:



**Figura 13. Etapas para o cálculo do volume de troncos.**

### 2.6.2.1 Levantamento das condições atuais da bacia hidrográfica

É necessária a realização de um levantamento da vegetação, observando-se as árvores que estão em pé e aquelas árvores que estão tombadas.

### 2.6.2.2 Levantamento das causas da ocorrência

A estimativa das causas de ocorrência dos fluxos de detritos com troncos deve levar em consideração, de uma forma geral, as condições atuais da bacia hidrográfica. A identificação das causas que originaram a presença de troncos no fluxo de detritos é fundamental para estimar os danos, diâmetro, comprimento, volume e local de origem da produção de troncos.

O nível de danos devido à presença de troncos no fluxo de detritos pode ser estimado calculando-se o volume de troncos nas áreas susceptíveis à mobilização do solo. Para tanto, essa estimativa deverá ser considerar as áreas onde os solos possuem menor coesão, com topografia acentuada (locais considerados sensíveis em momentos de chuvas torrenciais). Além disso, uma forma efetiva de estimar os fatores que causam o fluxo de troncos é avaliar o histórico de eventos semelhantes.

A Tabela 3 mostra as causas de ocorrência do fluxo de troncos.

**Tabela 3. Causas da Ocorrência de Fluxos de troncos.**

Origem do fluxo	Causas da ocorrência do fluxo de troncos
Escoamento de espécimes vivos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Queda de árvores tombadas por ocorrência de rupturas de encostas</li> <li>2. Queda e escoamento de árvores causadas por fluxo de detritos</li> <li>3. Escoamento de árvores devido a erosão nas margens e fundo do talvegue que acompanha o fluxo de detritos</li> </ol>
Escoamento de espécimes tombados naturalmente	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Escoamento de fluxo de arvores tombadas por tufões ou danos por insetos no fluxo de detritos</li> <li>5. Remobilização de antigos fluxo de troncos acumulados no leito do rio e de fluxos de detritos originados de fluxo de troncos e enterrados por entulhos acumulados no leito do rio</li> </ol>

### 2.6.2.3 Levantamentos do local de ocorrência, comprimento e diâmetro dos troncos

Para estimar o local de ocorrência do fluxo de troncos, são realizados levantamentos de campo, interpretação de fotos aéreas e a avaliação do histórico de desastres anteriores semelhantes, considerando a causa de ocorrência de fluxo de troncos.

### 2.6.2.4 Cálculo do volume de troncos a partir de métodos de avaliações *in situ*

Calcula-se o volume de troncos produzidos medindo-se seu diâmetro e o comprimento. Geralmente, estas medidas são realizadas diretamente sobre os espécimes da área a ser estudada (Método de avaliação *in situ*).

No método de avaliação *in situ* deve realizar amostragens em locais de ocorrência representativa, em parcelas de 10 x 10m. Nesse método há necessidade de estimar o local onde ocorrerá a ruptura da encosta gerando o fluxo de troncos. A estimativa desta área segue o mesmo princípio da estimativa de fluxo de detritos, detalhado no item 2.5.1. Uma vez estimado o volume de detritos pelo método citado, deve-se estimar o volume de troncos gerados pelo fluxo de detritos considerando as árvores que estão em pé e de troncos caídos existentes na área propícia a geração de detritos. Também é possível realizar esta estimativa utilizando-se simultaneamente metodologias que envolvam a análise de fotos aéreas e/ou imagens de satélites.

Usando mapas topográficos e fotografias aéreas, pode-se avaliar a altura e espécies de árvores, bem como a densidade de árvores nas áreas de ocorrência de ruptura de encostas e fluxo de detritos. Com essa avaliação é possível classificar áreas com as mesmas ocorrências vegetais. Em campo, realiza-se a pesquisa de amostragem em parcelas de 10 x 10m, utilizando-se a metodologia do diâmetro à altura do peito (DAP), o comprimento das árvores, suas espécies e a quantidade existente em cada zona. Portanto, serão considerados os seguintes itens no levantamento:

Densidade de árvores: quantidades de espécimes vivos, troncos caídos, por 100m<sup>2</sup> (parcelas de 10 x 10m);

Diâmetro: Média do Diâmetro à Altura do Peito (DAP) dos espécimes vivo, troncos caídos, etc;

Comprimento: Altura ou comprimento dos espécimes vivos, ou troncos caídos.

O volume de troncos gerado pode ser calculado a partir das equações 13 e 14. Quando a área de influência da ruptura de encosta ou do fluxo de detritos tem mais de uma espécie de árvores, o cálculo deverá ser realizado por espécie e somado. A fórmula do vale de ordem 0, o comprimento e a largura foram definidos na seção 2.6.1 deste manual.

$$V_{wy} = \frac{B_d \times L_{dy13}}{100} \times \sum V_{wy2} \quad (13)$$

$$V_{wy2} = \frac{\pi \times (DAP)^2}{4} H_w \times K_d \quad (14)$$

Sendo:

$V_{wy}$  : Volume de troncos gerado (m<sup>3</sup>)

$B_d$  : Largura média do leito do talvegue prevista devido a ocorrência de fluxo de detritos ( m )

$L_{dy13}$  : Distância total do trecho em estudo medida do ponto onde se calcula o volume de troncos produzido até o limite da bacia (m)

$V_{wy2}$  : Volume de cada espécie existente na área (m<sup>3</sup>),

$H_w$  : Altura (comprimento) da árvore (m),

DAP : Diâmetro à altura do peito (m),

$\sum V_{wy2}$  : Somatório do volume de árvores levantadas na área de amostragem (m<sup>3</sup>/100m<sup>2</sup>)

$K_d$  : Coeficiente do diâmetro à altura do peito (DAP) (Fator de Forma).

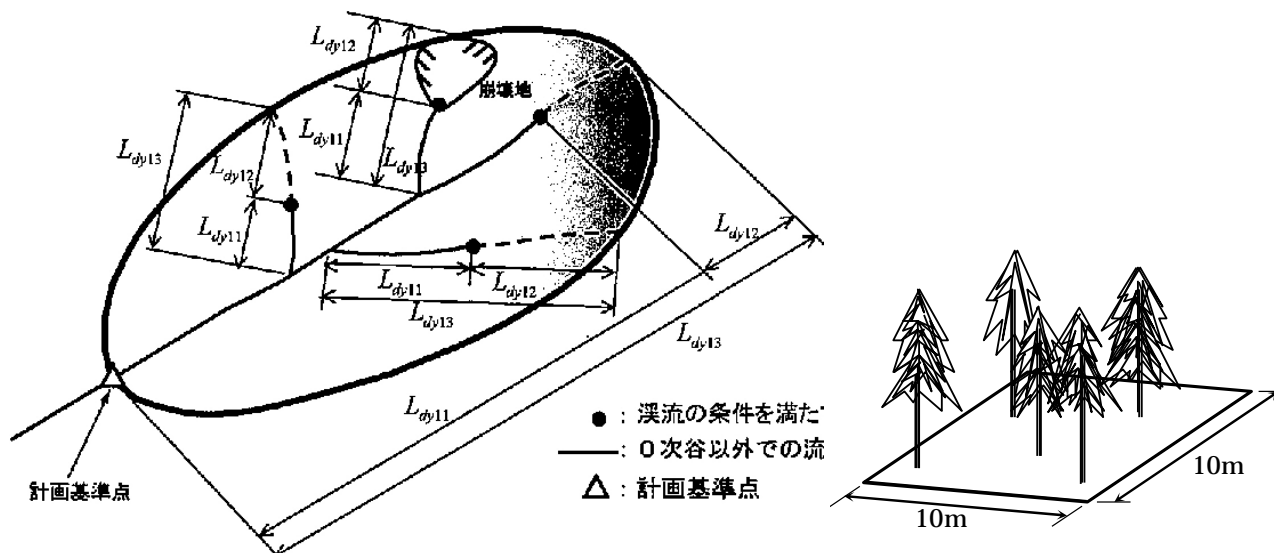


Figura 14. Comprimento da zona de ocorrência de troncos.

Figura 15. Levantamento por amostragem

Considerando o cálculo do volume de troncos, uma atenção especial deve ser dada ao Fator de Forma ( $k_d$ ), que permite corrigir o volume do cilindro para o volume da árvore em pé. Considerando as diferenças de clima e solo existentes no Brasil, é de se pensar que tais diferenças poderão ser refletidas em diferenças na vegetação em áreas distintas. De fato, o porte dos espécimes do Cerrado não se assemelha ao porte das árvores da Floresta Amazônica, nem da Mata Atlântica. Considerando que o Fator de Forma é um índice de correção, seu cálculo será baseado nas formas dos diversos espécimes de uma fitofisionomia. Portanto, não poderia ser utilizado um fator específico para a vegetação brasileira, sem considerar a que fitofisionomia estas árvores pertencem.

Portanto, para o cálculo do volume de troncos o Fator de Forma deve ser representativo para a vegetação específica, ou para a localidade (dependendo peculiaridades), portanto pode-se tanto ser utilizados índices existentes para aquela fitofisionomia, como podem ser realizados cálculos estatísticos para o cálculo de um fator de forma específico para a região, dependendo do nível de precisão exigido.

### 2.6.2.5 Cálculo do volume de troncos gerado com base em valores registrado em eventos passados

Havendo registros de rupturas próximas da área em estudo, e sendo possível relacionar o volume de troncos produzidos com a área da bacia de drenagem, pode-se obter uma taxa de produção de troncos por unidade de área ( $V_{wy1} \text{ m}^3/\text{km}^2$ ), obtendo-se o volume total de troncos à partir da seguinte fórmula:

$$V_{wy} = V_{wy1} \times A \quad (15)$$

Sendo que:

A : Área da bacia ( $\text{km}^2$ ) (considerando declividades de talvegue maiores que  $5^\circ$ )

$V_{wy}$  : volume de troncos gerado ( $\text{m}^3$ ). Pode ser obtido com base na Figura 20, assumindo-se  $V_{wy1}$  ( $\text{m}^3/\text{km}^2$ )  $1000 \text{ m}^3/\text{km}^2$  para coníferas, e  $100 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , para latifoliadas.

Como referência, a Figura 15 apresenta os resultados do histórico da ocorrência de fluxos de detritos com troncos. Esta figura apresenta a relação do volume de troncos gerado (para coníferas e espécies latifoliadas) e das áreas da bacia hidrográfica. O método apresentado, baseado nos levantamentos realizados pode ser aplicado em áreas de drenagem com predominância de espécies coníferas e latifoliadas.

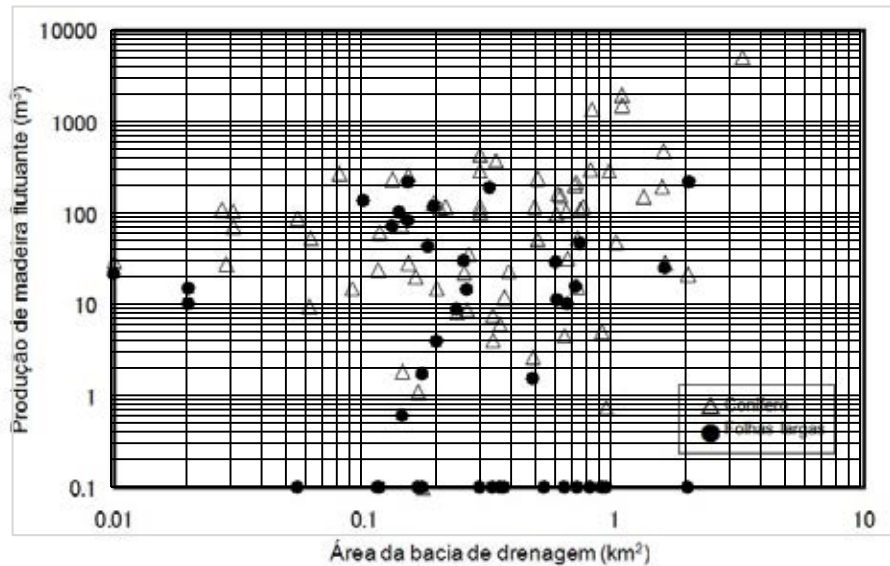


Figura 16. Área da Bacia Hidrográfica x Volume de Troncos gerados (triangular, coníferas e redonda latifoliadas).

### 2.6.2.6 Cálculo do volume de troncos carregados a ser considerado no plano

O volume de troncos no plano é calculado de acordo com a equação abaixo:

$$V_w = V_{wy} \times K_w$$

Sendo que

$V_w$  : Volume de troncos carregados a ser considerado no plano ( $m^3$ )

$K_w$  : Porcentagem do fluxo de troncos gerado que chega ao final da bacia hidrográfica. Quando não há contramedidas implantadas na bacia, pode-se considerar o percentual de 0,8 a 0,9.

### 2.6.3 Método de cálculo do pico de vazão do fluxo de detritos (Método de determinação à partir do volume total escoado de detritos)

Usualmente, o pico de vazão do fluxo de detritos é calculado com base no volume de sedimentos escoado (doravante método empírico). Mas, caso existam dados levantados para região, estes poderão ser utilizados por meio de outro método para se estimar o pico de vazão do fluxo de detritos.

O pico de vazão do fluxo de detritos pode ser determinado pelo método racional à partir do volume de precipitação. Este método está descrito no anexo 1 deste manual. A relação de dimensão do pico de vazão do fluxo de detritos determinado tanto pelo método empírico quanto pelo método racional descrito no anexo, varia de acordo com o volume do sedimento, chuva e da área da bacia hidrográfica. O valor adotado pelo método racional deve ser menor comparado ao valor do método empírico nas condições em que o volume de sedimento por área da bacia hidrográfica igual a  $100.000 \text{ Km}^3/\text{km}^2$ , volume de chuva diária ou de 24 horas igual a 260 (mm) e área da bacia hidrográfica ser menor que  $1\text{km}^2$ . Geralmente, existem poucos riachos com essas condições citadas anteriormente. Portanto, para calcular o pico de vazão do fluxo de detritos utiliza-se o método empírico que adota o valor maior.

#### 2.6.3.1 Relação entre o pico de vazão e o volume total escoado de detritos ( $m^3$ )

A Figura 16 mostra a correlação entre os dados do pico de vazão do fluxo de detritos e o volume total escoado de detritos, baseados em registros nas montanhas Yakedake e Sakurajima. A relação entre a média dos picos de vazão de fluxo de detritos e o volume total de detritos pode ser demonstrada na seguinte equação:

$$Q_{sp} = 0,002 \quad Q \quad (16)$$

$$Q = \frac{C^* \times V_{dpq}}{C_d} \quad (17)$$

Sendo que

$Q_{sp}$  : Pico de vazão do fluxo de detritos ( $m^3/s$ );

$\Sigma Q$  : Volume total escoado de detritos ( $m^3$ )

$V_{dqp}$  : Estimativa do volume de sedimentos que escoa devido a primeira onda de fluxo de detritos (incluindo os vazios);

$C^*$  : Porosidade (0,6 aproximadamente) do sedimento depositado no fundo do talvegue;

$C_d$  : Densidade do fluxo de detritos após a ruptura

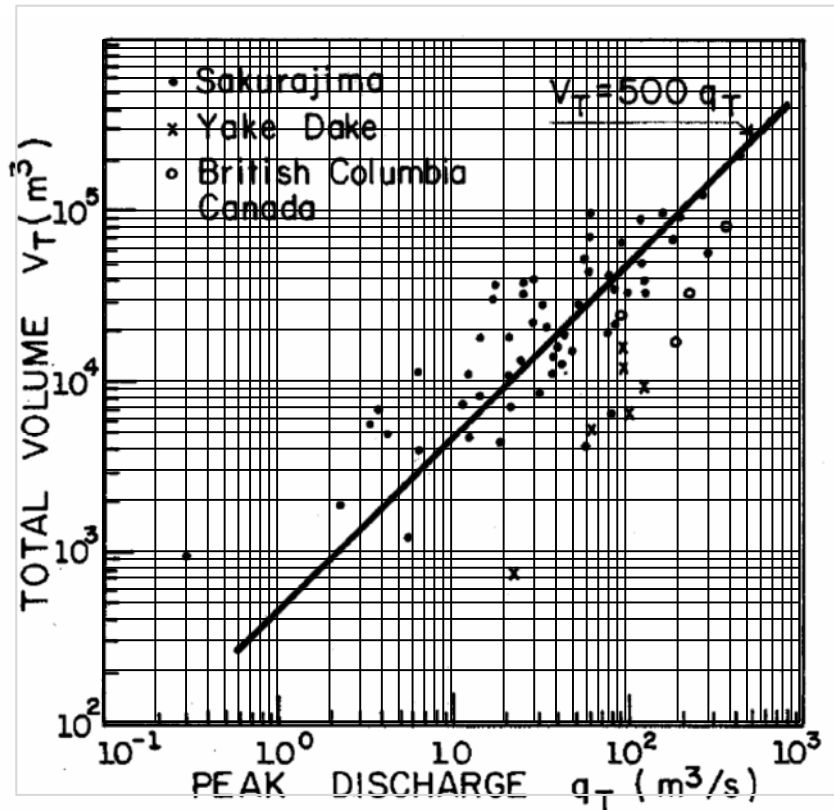


Figura 17. Correlação entre o pico de vazão sólida (ordenadas) e o volume total de fluxo de massa (abscissas).

### 2.6.3.2 Determinação da Densidade do Fluxo de Detritos ( $C_d$ )

A densidade do fluxo de detritos após a ruptura é determinada utilizando-se o método de igual concentração (Método de Takahashi). Este método foi idealizado para inclinações de  $10^\circ$  a  $20^\circ$ , entretanto, podendo ser utilizada para inclinações menores. Os limites estabelecidos para os valores mínimos e máximos de  $C_d$  são 0,3 e  $0,9C^*$ , respectivamente, sendo  $C^*$  a concentração volumétrica de sólidos *in situ* (antes de serem arrastados ao fluxo). Quando o cálculo do valor de  $C_d$  ultrapassar esses limites deve ser adotado o valor limite estabelecido.

A equação 22 ilustra o cálculo de  $C_d$ <sup>1</sup>:

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \theta - \tan \theta)} \quad (22)$$

Sendo:



$\sigma$  : Densidade do material de maior granulometria ( 2,6 kg/m<sup>3</sup>);

$\rho$  : Densidade da Água (1, 2 kg/m<sup>3</sup>);

$\phi$  : Ângulo de atrito interno do material (graus) (sedimento que é depositado no fundo do talvegue). Varia de 30°a 40°, adotando-se usualmente 35°;

$\theta$  : Declividade do talude/encosta (graus) Para o cálculo do pico de vazão do fluxo de detritos, a declividade a ser utilizada é a inclinação natural do talude.

### 2.6.3.3 Estimativa do volume de sedimentos que escoam devido à primeira onda de fluxo de detritos

Considerando levantamentos realizados em desastres naturais no Japão, não é usual a ocorrência de diversos movimentos de massa simultâneos em uma mesma sub-bacia. Dessa forma, para a determinação do pico de vazão do fluxo de detritos utiliza-se apenas o maior volume do fluxo de detritos dentre aqueles possíveis na bacia de interesse.

Para estimar o volume do primeiro fluxo de massa ( $V_{dqp}$ ), inicialmente delimita-se a bacia hidrográfica de interesse. Em seguida, calculam-se o volume de sedimentos potencial que pode ser movimentado dentro da Bacia Hidrográfica( $V_{dy1}$ ) e o volume transportável ( $V_{dy2}$ ). Será considerado como primeiro fluxo de massa o menor dos dois valores de volume calculado. Ao fazer esta estimativa, devem ser desconsideradas eventuais estruturas de contenção existentes na bacia.

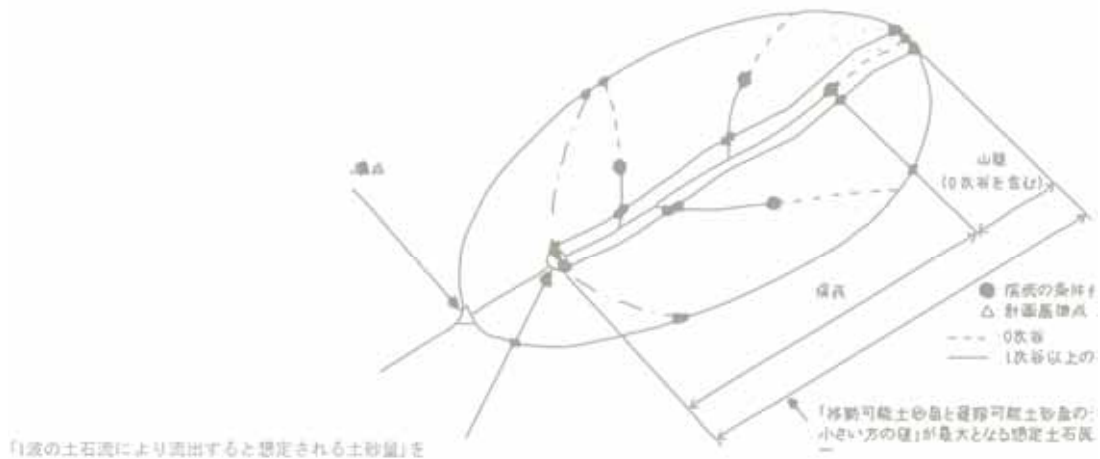


Figura 18. Esquema da área considerada para estimativa do fluxo de detritos.

### 2.6.4 Método de cálculo da velocidade do fluxo de detritos e a profundidade do fluxo de detritos

A velocidade e a profundidade do fluxo podem ser calculadas a partir de fórmulas teóricas, fórmulas empíricas e medição de valores *in loco*.

Detalhamento

A velocidade do fluxo de detrito,  $U$  (m/s) pode ser calculada pela fórmula de Manning com base em dados observados em três localidades no Japão, Yake, Namerikewa e Sakurajima.

$$U = \frac{1}{K_n} \times (D_r)^{2/3} \times (\sin \theta)^{1/2} \quad (23)$$

Sendo  $D_r$  : raio hidráulico do fluxo de detritos (m), sendo  $D_r \approx D_d$  (Profundidade do fluxo de detritos)

$\theta$  : Inclinação do talvegue (graus)

$K_n$  : Rugosidade ( s • m-1/3 )

O coeficiente de rugosidade é maior em caso de nascentes, sendo que no caso de curso natural de rios deve-se adotar 0,1 na parte frontal da onda de fluxo de detritos. A velocidade e a profundidade do fluxo de detritos são obtidas com base na parte frontal da onda de fluxo de detritos.

À partir do pico de vazão do fluxo de detritos  $Q_{sp}$  ( $m^3/s$ ) e da largura,  $B_{da}$  (m), pode-se calcular a profundidade do fluxo de detritos  $D_d$  (m), pelas fórmulas, 29, 30 e 31

$$Q_{sp} = U \times A_d \quad (24)$$

Sendo,

$A_d$  : Área da seção de escoamento do pico de vazão do fluxo de detritos

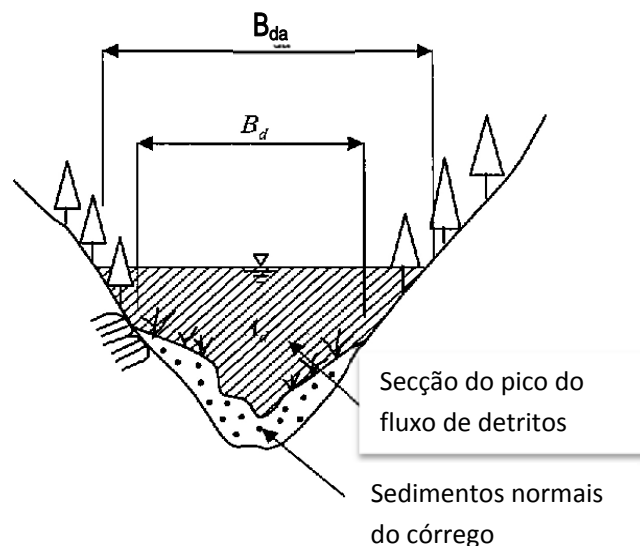
Considera-se que o pico de vazão do fluxo de detritos está associado ao tempo de retorno considerado no planejamento. A seção do escoamento do fluxo de detritos é representada pela área hachurada na Figura 17, assim como a largura  $B_{da}$  (m)

Em relação a profundidade do fluxo de detritos  $D_d$  (m), deve-se utilizar o valor aproximado calculado pela equação abaixo:

$$D_d = A_d / B_{da} \quad (25)$$

**Tabela 1. Uso adequado da declividade do córrego**

Item	declividade do córrego
Para o dimensionamento da barragem deve-se considerar as forças externas, como os esforços sísmicos e a estabilidade dos taludes onde serão encaixadas suas ombreiras ( $C_d$ ) Densidade do fluxo de detritos ( $U$ ) Velocidade do fluxo de detritos ( $D_d$ ) Profundidade do fluxo de detritos	( $\theta_0$ ) Declividade natural do talvegue
( $D_d$ ) Para o dimensionamento da barragem Sabô usa-se a profundidade do pico de vazão do fluxo de detritos( $D_e$ )	( $\theta_p$ ) Declividade de deposição do projeto



**Figura 19. Exemplo da largura do fluxo de detritos ( $B_d$ ) na seção transversal.**

### 2.6.5 Método de cálculo do peso específico do fluxo de detritos

Usa-se para este cálculo os valores levantados em campo, experimentais ou teóricos.

Peso Específico do fluxo de Detritos  $\gamma_d$  ( kN/m<sup>3</sup> ) é obtido pela fórmula (32) abaixo

$$\gamma_d = [\sigma \times C_d + \rho(1 - C_d)]g$$

sendo,

$\sigma$  : Densidade do material de maior granulometria ( 2,6 kg/m<sup>3</sup>);

$\rho$  : Densidade da Água (1, 2 kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : aceleração da gravidade (9.8m/ s<sup>2</sup>)

A unidade de  $\gamma_d$  e dada em kN/m<sup>3</sup>

$C_d$  é obtido pela fórmula 22

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)}$$

### 2.6.6 Cálculo da força hidrodinâmica do Fluxo de Detritos

Para o cálculo da força hidrodinâmica do Fluxo de Detritos utiliza-se a velocidade, a profundidade e seu peso específico

A força hidrodinâmica é obtido a partir da equação abaixo:

$$F = K_h \times (\gamma_d/g) \times D_d \times U^2$$

$F$  : Força Hidrodinâmica do fluxo de detritos por metro de largura (kN/m);

$U$  : velocidade de fluxo de detritos (m/s)

$D_d$  : profundidade do fluxo de detritos obtido na seção 2.7.5

$g$  : aceleração da gravidade (9.8m/s<sup>2</sup>)

$K_h$  : coeficiente (1.0)

$\gamma_d$  : Peso específico do fluxo de detritos (kN/m<sup>3</sup>)

### 2.6.7 Método de cálculo do diâmetro máximo e comprimento máximo do tronco

O diâmetro máximo e o comprimento máximo do tronco pode ser estimado pelo mesmo resultado do levantamento utilizado para calcular o volume de troncos carreados. Os troncos ao ser levado pelo rio abaixo, vão se despedaçando e se tornando curto. De acordo com esse conceito, sabemos que, o comprimento máximo dos troncos é abaixo de 1,3 vezes da largura média do fluxo de detritos e pode ser determinado por meio da equação a seguir utilizando a largura média do fluxo de detritos e comprimento máximo do tronco.

Na estimativa do comprimento máximo do tronco ( $L_{wm}$ ) deve-se levar em conta a largura média do talvegue onde ocorrerá o fluxo de detritos ( $B_d$ ).

$$L_{wm} \approx \begin{cases} 1,3B_d, & \text{se } H_{wm} \geq 1,3 B_d \\ H_{wm}, & \text{se } H_{wm} < 1,3 B_d \end{cases}$$

Sendo,

$L_{wm}$ : Comprimento máximo do tronco (m)

$B_d$ : Largura média do fluxo de detritos (m), isto quer dizer, largura média leito do córrego onde é provável ocorrer a erosão em caso de passagem de fluxo de detritos

$H_{wm}$ : Altura máxima das arvores que escoam do montante (m)

$R_{wm}$ : Diâmetro máximo dos troncos (m), o diâmetro máximo do tronco  $R_{wm}$  será estimado como sendo similar ao diâmetro maior da altura do peito da árvore que possivelmente podem se tornar troncos na bacia à montante ( dentro das árvores que podem vir abaixo considera-se 5% do diâmetro da altura do peito)

### 2.6.8 Método de cálculo do comprimento e diâmetro médio do tronco

O comprimento médio e o diâmetro médio do tronco são estimado à partir de trabalhos de campo. Estima-se a partir de pesquisa de campo o comprimento médio e o diâmetro médio do tronco para calcular o volume de troncos. Considera-se que a média do comprimento do tronco é semelhante à largura mínima do fluxo de detritos.

Portanto, Quando

$$H_{wa} \geq B_{dm} \rightarrow L_{wa} \cong B_{dm}, \text{ ou quando}$$
$$H_{wa} < B_{dm} \rightarrow L_{wa} \cong H_{wa}$$

Sendo,

$L_{wa}$ : comprimento médio do tronco (m);

$B_{dm}$ : largura mínima do fluxo de detritos (m);

$H_{wa}$ : altura média das arvores (m),

O diâmetro médio do tronco  $R_{wa}$  (m) é semelhante ao DAP médio da árvore que se encontra à montante do córrego que é susceptível que se torne o fluxo.



## Capítulo 3 Plano de Controle do Fluxo de Detritos e Troncos

### 3.1 Assunção de fenômeno do fluxo de detritos

O fluxo de detritos é um fenômeno de movimentação de sedimentos agrupados formados com a mistura de troncos, matacões, sedimentos, água que tiveram origem dos sedimentos e matacões proveniente dos riachos íngremes que se liquefaz com a ação da chuva. O fluxo de detritos aumenta de volume ao descer o riacho erodindo o leito e quando a declividade se torna mais suave se deposita, transborda pelo canal e destrói as casas.

Em relação a elaboração de plano de controle do fluxo de detritos, inicialmente deve realizar a simulação do fenômeno de fluxo de detritos, posteriormente definir a diretriz básica para o controle. A simulação do fenômeno de fluxo de detritos deve realizar-se baseando nos resultados do levantamento do local sobre geologia, topografia, tipos de desastres ocorrido no passado, utilizando as fotos de satélite, planta com secção transversal e horizontal deve esclarecer os pontos a seguir. Vide figura 19.

- (1) Origem de ocorrência dos troncos e sedimentos
- (2) Tipo de movimentação do sedimento
- (3) Volume de detritos (sedimentos + troncos)
- (4) Amplitude do transbordamento



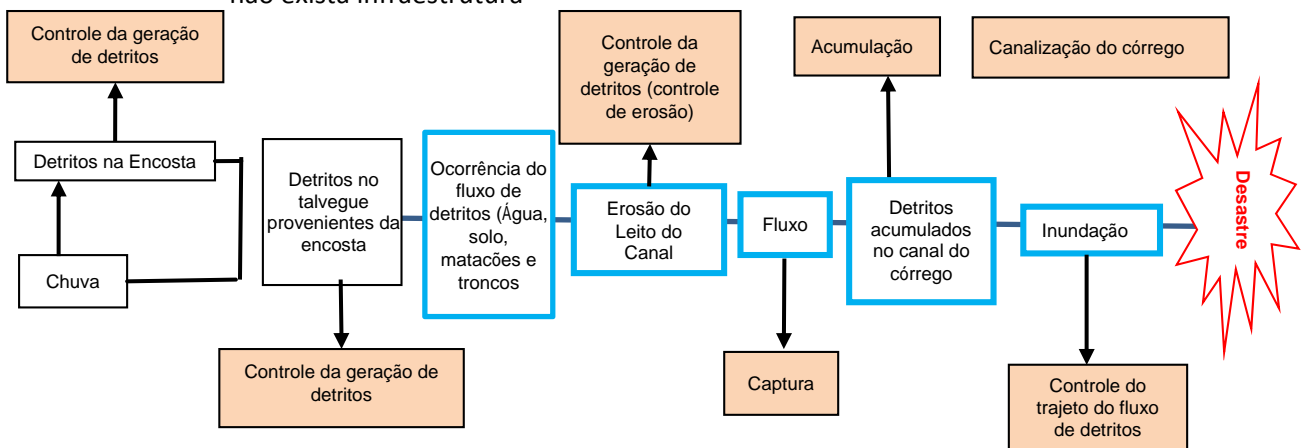
Figura 20. Assunção de fenômeno do fluxo de detritos

### 3.2 Método de controle do fluxo de detritos

O Fluxo de Detritos é um tipo de movimento de massa típico onde é comum a presença de encostas íngremes e declividades acentuadas. Trata-se de um movimento abrupto causado pela desestabilização de encostas, provocando o movimento de solo que, pela presença de material rochoso de grandes dimensões e em grande quantidade, associado a altas velocidades de deslocamento, ganha uma força destrutiva, comprometendo tanto integridade da infraestrutura localizada à jusante, como a vida de pessoas que habitam este tipo de região e a vida.

O controle do fluxo de detritos podem ser implementados de forma racional e eficiente, utilizando métodos adequados para determinados tipos de movimentos e ocorrências (Figura 20). Abaixo indica-se o objetivo de cada método de controle do Fluxo de Detritos:

- ( 1 ) Métodos de controle da geração de detritos: Prevenir a produção de sedimentos na formação do fluxo de detritos
- ( 2 ) Métodos de Captura: Força a interrupção e acúmulo do Fluxo de Detritos.
- ( 3 ) Métodos de Acumulação: Espalhar, diminuir a força do fluxo de detritos e, posteriormente, acumulá-los.
- ( 4 ) Métodos de canalização do córrego: Visa conduzir o fluxo até um local seguro.
- ( 5 ) Métodos de Controle do trajeto do Fluxo de Detritos: Direcionar o fluxo para onde não exista infraestrutura



Encosta	Zona de iniciação	Zona de escoamento	Zona de deposição	Zona de Espreadimento
---------	-------------------	--------------------	-------------------	-----------------------

Figura 21. Ideia geral do método de controle e fenômenos do fluxo de detritos

### 3.3 Diretrizes básicas para o controle de fluxos de detritos

Baseando-se na simulação do fenômeno do fluxo de detritos, as diretrizes para o controle de fluxo de detritos devem ser definidas levando em consideração a topografia da bacia hidrográfica e a possibilidade de instalar as contramedidas. A captação do fluxo de detritos, embora seja adotado frequentemente para seu controle, deve ser realizada em conjunto com outros métodos, tais como, “acumulação”, “canalização”, “controle do trajeto” para que seja mais efetivo.

Quando as origens do fluxo de detritos estão concentradas numa área estreita dentro da bacia hidrográfica torna-se efetivo o uso do “Método de controle da geração do fluxo de detritos e troncos”.

No caso em que há limitação de uso do solo, o “Método de Controle do trajeto do Fluxo de Detritos” é o mais efetivo”.

Quando o alvo de proteção está localizado numa faixa de declividade íngreme e a capacidade de transporte de detritos do córrego situada nesta faixa é grande, o “Método de canalização de córrego” é o mais efetivo.

### 3.4 Classificação e funcionamento das intervenções de controle de fluxo de detritos

As instalações são classificadas conforme o funcionamento das estruturas de proteção sendo elas:

- Instalações para captura de detritos;
- Medidas de prevenção à produção de detritos;
- Canalização de detritos;
- Deposição de detritos;
- Contenção de detritos; e
- Direcionamento de detritos.

A classificação das instalações de contramedidas é apresentada na figura 21. No Japão, a barragem Sabo é a instalação mais utilizada, podendo ser dividida em três tipos: barragem permeável, semi-permeável e impermeável, além disso, quanto ao material de construção, existem dois tipos de barragem Sabo: as barragens construídas de concreto e as de estrutura metálica.

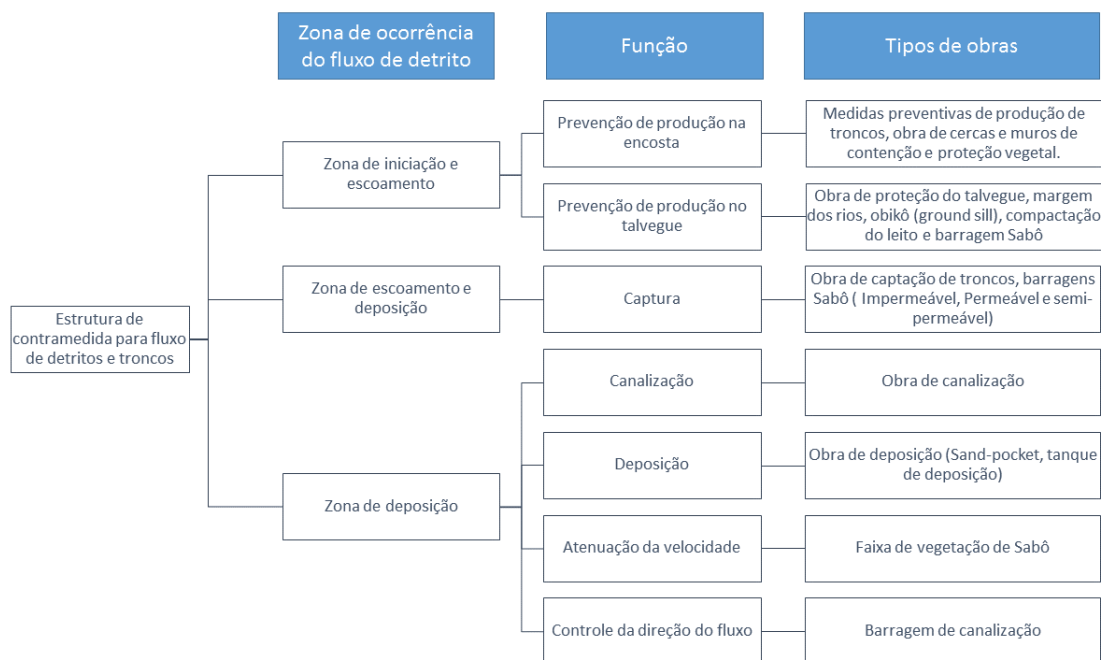


Figura 22. Tipologia de contramedidas de corrida de detritos.

### 3.5 Plano de implantação das intervenções para fluxo de detritos

O planejamento da disposição das intervenções deve estar de acordo as diretrizes básicas para o controle do fluxo de detritos. Para uma maior eficiência, a definição do local, tipo e dimensões (comprimento, largura e altura) das instalações deve ser dimensionada considerando o volume total de detritos previstos para uma determinada bacia hidrográfica.

O Planejamento de Implantação das Instalações deverá combinar de forma eficiente os diversos métodos de controle do Fluxo de Detritos: controle da geração de detritos, captura dos sedimentos,



acumulação de sedimentos, canalização e controle do trajeto do fluxo. A figura 21 mostra os tipos de obras a serem consideradas de acordo com sua funcionalidade e eficácia e as considerações necessárias para seleção da obra adequada.

### 3.5.1 Instalação para controle da geração de fluxo de detritos e troncos

Trata-se de dispositivos para a prevenção da produção de sedimentos cujo objetivo é aumentar a estabilidade da encosta, minimizando a possibilidade de do fluxo de detritos. Neste sentido podem ser mencionados dois tipos de método:

1. Aqueles que têm como objetivo evitar o desprendimento de sedimentos e troncos na encosta; e
2. Aqueles que têm como objetivo evitar o deslocamento dos detritos depositados no leito do rio e nas margens do canal.

#### 3.5.1.1 Instalações para conter a geração de detritos na encosta

As obras de conservação de encosta visam obter sua estabilidade por meio de intervenções estruturais e revegetação.

Podem ser utilizadas como intervenções estruturais: muros de contenção (Foto 1), cercas, curvas de nível, telas de alta resistência, dentre outras. Caso haja nova ruptura com perda do material replantado devido a erosão ocasionado pela chuva seja a causa principal da geração do fluxo de detritos, recomenda-se paralelamente o uso de drenagem superficial.

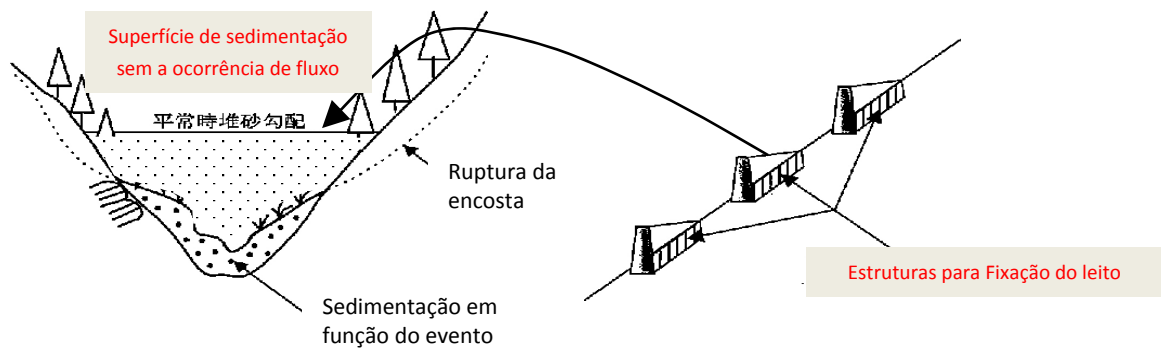


Foto 1. Muros de contenção e drenagens superficiais.

#### 3.5.1.2 Estruturas para a prevenção de movimentação de sedimentos em talvegues íngremes

Prevenir a movimentação de sedimentos acumulados no leito do córrego e ruptura das margens, implementado-se consecutivamente intervenções (obras do tipo check-dam pequenos, barragens baixas, obra de barragem de consolidação nos riachos onde há risco de ocorrer fluxo de detritos. Em locais onde há preocupação com a ruptura e erosão das margens, devem ser implantadas obras de proteção das margens. Para prevenção de ruptura nas margens do córrego (incluindo uma parte da encosta), não deve realizar a retirada de

sedimentos (incluindo retirada de troncos) nos conjuntos de barragens SABO pequenas que têm como propósito prevenir o deslocamento de sedimentos depositados no leito do córrego.



**Figura 23. Figura dos sedimentos utilizados no planejamento para instalação da prevenção da movimentação do sedimento do leito do canal**

### 3.5.2 Instalações para captura de fluxo de detritos

#### 3.5.2.1 Tipo de barragens Sabo

As barragens tipo Sabo são utilizadas para captura de sedimentos e troncos. Trata-se do elemento estrutural principal para controle do fluxo de detritos e proteção de infraestrutura deste manual, localizado à montante de áreas de risco de fluxo de detritos, ou distribuído ao longo da bacia hidrográfica e que tem como função:

- i) O disciplinamento do fluxo de detritos, quando de sua ocorrência;
- ii) A diminuição da inclinação do talvegue, diminuindo a energia potencial do fluxo de detritos;
- iii) A captura de parte dos sedimentos e troncos mobilizados pelo fluxo de detritos diminuindo assim seu volume e permitindo a passagem de uma quantidade de sedimentos que garanta a segurança patrimonial e da vida das pessoas que habitam tais áreas de risco; e
- iv) A estabilização dos sedimentos ao longo do leito do talvegue, impedindo sua inclusão no fluxo de detritos.

Este elemento estrutural tem a forma de uma barragem que ora pode barrar completamente o fluxo de sedimentos, ora permite apenas a passagem de parte dos sedimentos, sendo assim separadas em três tipos distintos quanto sua forma de construção e consequentemente quanto sua função, sendo então denominadas:

Utiliza-se a barragem Sabo como estrutura para captação de fluxo de detritos e troncos. Existem 3 tipos de barragem Sabo que tem como propósito a captura, barragens Sabo Impermeáveis, barragens Sabo Permeáveis e barragens Sabo Semi-Permeáveis. Estes 3 tipos diferem quanto a sua capacidade de captura e funcionalidade. Portanto deve ser instalado conforme a suas características. No caso em que é necessário instalar obras de captura de troncos na zona de fluxo de detritos, pode-se instalar-lo na barragem secundária.

#### ( 1 ) Barragens Sabo Impermeáveis:

É construído em concreto de tal forma que fecha-se completamente o canal reforçado com concreto e é a que mais se assemelha a uma barragem comum, sendo completamente fechada, impedindo assim a passagem de detritos e sedimentos de todas as granulometrias forçando-o a parar e depositar-se (Foto 2). Após a saturação, a sua superfície de deposição recupera a sua capacidade de captura devido a ação do alagamento comum que reduz até o seu gradiente normal de deposição e assim naturalmente se prepara

para o próximo fluxo de detritos. E no próximo evento, o fluxo de detritos será capturado preenchendo a barragem até o gradiente planejada de deposição. Ou seja, a sua capacidade de captura será recuperado sem a necessidade do manejo de retirada de sedimentos.

Tem como desvantagem o fato de que não é capaz de conter o fluxo de troncos que compõe o detrito, uma vez que este tipo elemento do fluxo de detritos flui sobre as águas e também verte sobre a barragem.

Mais uma função importante neste tipo de barragem é garantir a estabilização do leito do talvegue para que se diminua o máximo possível a inclusão de sedimentos no fluxo de detritos proveniente do leito do talvegue. Considerando os parâmetros da barragem tipo Sabo este tipo de característica atua sobre o volume de sedimento contidos presentes no talvegue (Z);



**Foto 2. Exemplo de Barragem Sabo Impermeável**

## ( 2 ) Barragens Sabo Permeáveis:

Trata-se de barragem sabo com o vertedouro formado por estrutura com treliça espacial metálica e na ocorrência do fluxo de detritos os matacões e troncos são forçados a parar e com isso força o fluxo a parar e depositar-se. Normalmente a estrutura permite a passagem do fluxo comum e apenas quando ocorre o fluxo de detritos é que a estrutura captura os troncos e força a deposição de sedimentos. Portanto a capacidade de captura é maior nesse caso.

Além disso, essa estrutura não irá modificar o ambiente do córrego natural pois não impede o fluxo de água. A barragem Sabo permeável não é adequado como infraestrutura de controle de geração, pois normalmente não força a deposição, ou seja, não possui capacidade de prevenir a erosão das margens e leito do córrego.

A grade separadora de sólidos (mizunuki screen) também tem a capacidade de captura de fluxo de detritos e troncos. Possui o mecanismo de diminuir a fluidez retirando a água do fluxo de detritos ao invés de forçar a parada resistindo a energia potencial do fluxo de detritos. Tem como característica o baixo custo por utilizar estruturas simples pois não precisa suportar cargas muito pesadas do fluxo de detritos. Pode ser utilizado também para fluxo de detritos que contem blocos de rochas, parando-o ou forçando a diminuir a velocidade, de tal forma que, garanta a segurança da barragem Sabo construído a jusante.



**Foto 3. Barragem Sabo tipo Permeável**

**( 3 ) Barragens Sabo Semi-Permeáveis:**

Conforme o nome, trata-se de uma estrutura para o controle de fluxo de detritos que possui uma mescla dos dois tipos já mencionados, ou seja, sua porção inferior é impermeável e sua parte superior é permeável. Deve ser instalado nas condições em que é capaz de controlar o 100% dos sedimentos porém não é capaz de controlar os troncos. Dessa forma, a barragem sabo impermeável sofre alteração na parte superior se tornando permeável obtendo assim a funcionalidade de captura de troncos. (Foto 4.)

Uma vez que possui uma área impermeável e, portanto, um volume constante de detritos, também pode ser atribuída a esta barragem a função de preservar o volume de sedimentos no leito do talvegue, da mesma forma que a barragem Sabo Impermeável.



**Foto 4. Barragens Sabo Semi-Permeáveis**

**3.5.2.2 Volume de sedimento controlado e os modelos de barragem Sabo**

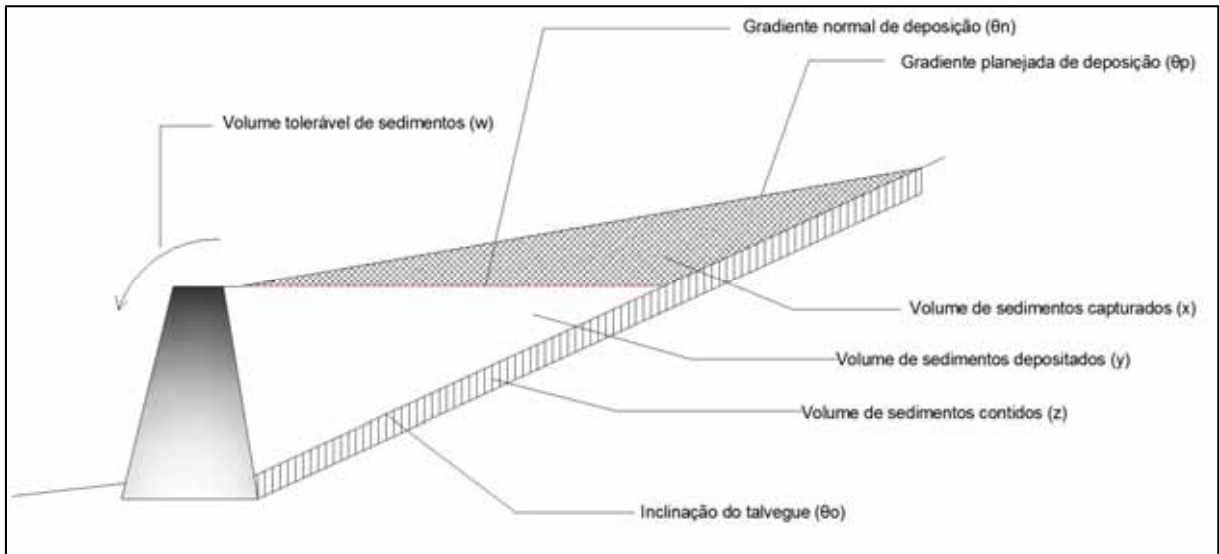
A capacidade de acumulação de detritos para os três tipos de barragem Sabo será diferente dependendo de cada modelo, do volume total de sedimentação planejada (V) e do volume de detritos contidos (Z). O conceito do volume de captura do sedimento pode ser observado na Figura 23.

**(1) Barragem Sabo Impermeável**

Na barragem impermeável normalmente o sedimento escoado é depositado gradativamente até atingir sua capacidade total. Nessas condições, essa superfície de deposição é denominada superfície normal de deposição.

Mas nos casos das barragens impermeáveis, que se encontram saturadas, geralmente quando ocorre o fluxo de detritos este se deposita acima da superfície normal de deposição. Nessas situações, essa superfície de deposição é denominada superfície de deposição planejada, ou

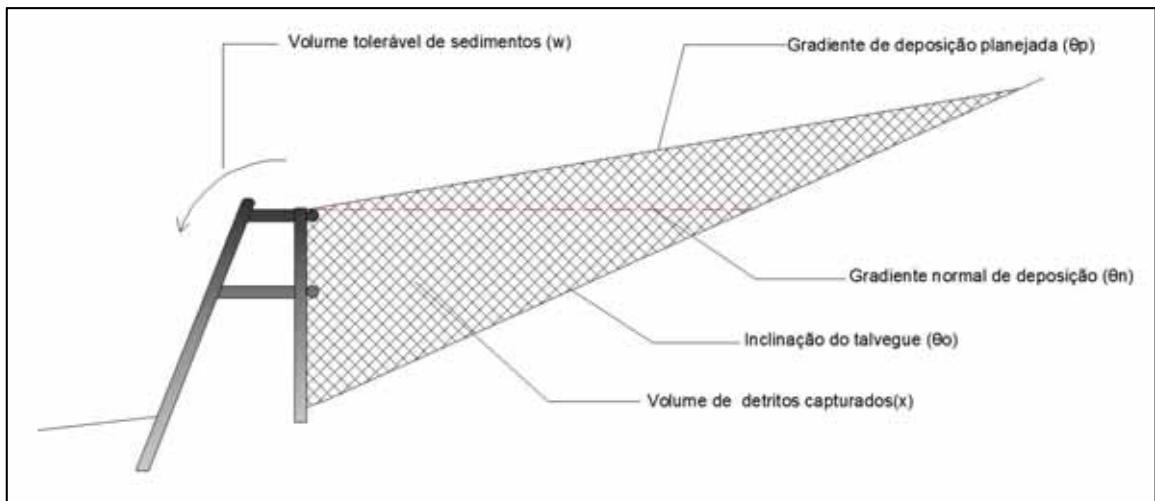
estimada. Entre a superfície de deposição normal e a superfície de deposição planejada está o volume de captura planejada, este é o volume que a barragem impermeável, de fato, consegue conter o fluxo de detritos após a saturação.



**Figura 24. Ilustração e geometria da Barragem Sabo Impermeável.**

### (2) Barragem Sabo Permeável

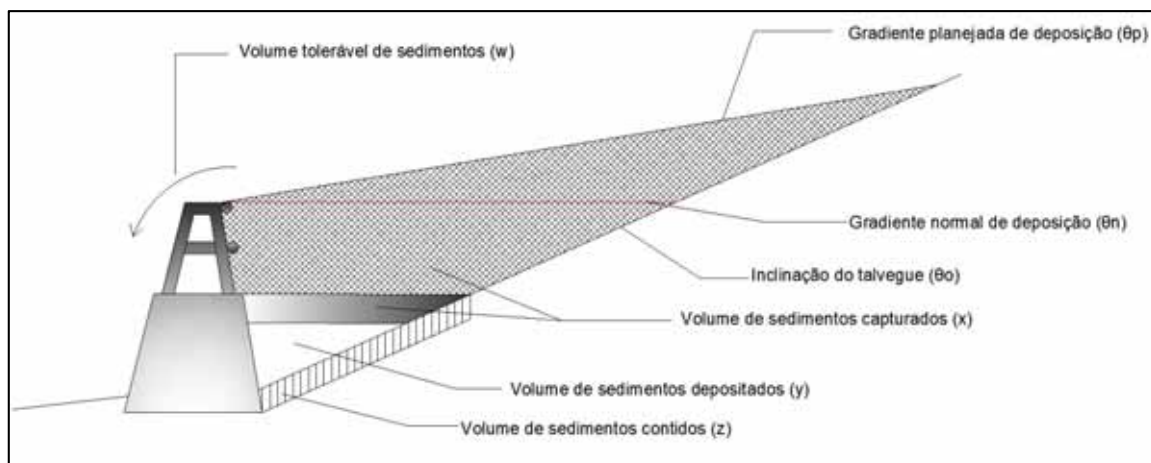
No caso da barragem Permeável o sedimento que escoar normalmente atravessa a parte permeável e segue o fluxo a jusante, apenas no caso de fluxo de detritos é que os sedimentos se depositam até a superfície de deposição planejada. Portanto, no caso das barragens Sabo permeáveis, o volume de sedimentos que fica entre o fundo do talvegue e a superfície de deposição planejada pode ser considerado o volume efetivo (detritos) e ao mesmo tempo o volume de captura (volume total de sedimento incluindo detritos e a sedimentação normal). O volume de captura da barragem permeável é maior que o volume de captura da barragem impermeável.



**Figura 25. Ilustração e geometria da Barragem Sabo Permeável.**

### (3) Barragem Sabo Semi-impermeável

No caso da barragem semi-impermeável, abaixo da parte permeável está localizada a parte impermeável e a capacidade de captura é o volume de sedimento que fica entre a superfície de deposição normal da parte impermeável e a superfície de deposição planejada.



**Figura 26. Ilustração e geometria da Barragem Sabo Semi-Permeável.**

### 3.5.2.3 Seleção do tipo de barragem Sabo (permeável, semipermeável e impermeável)

Ao selecionar a barragem Sabo, além de considerar o tipo de movimentação dos sedimentos, medidas de intervenções de troncos, possibilidade de limpeza das barragens e a viabilidade econômica, devem-se avaliar também as características da bacia hidrográfica e o meio em que se encontra.

#### (1) Consideração do tipo de movimentação do sedimento

Via de regra, obras de captura de fluxo de detritos devem ser instalados na zona de escoamento do fluxo de detritos. Mas não é possível determinar o tipo de movimentação de sedimentos apenas pela declividade. Pois o tipo de movimentação varia conforme as características topográficas, tipo de solo e a condição de chuva. Portanto, ao selecionar o tipo de barragem, deve lembrar que haverá zonas sobrepostas como indicado na Figura 3.

##### Faixa sobreposta de iniciação e escoamento

Na maioria dos casos em que o volume potencial máximo de sedimentos mobilizáveis do córrego é grande é considerado mais adequado o uso da barragem semi-permeável ou impermeável que tem como efeito o controle de geração para diminuir o volume de sedimentos

Como já foi mencionado, uma das funções da barragem Sabo é a de garantir a estabilidade dos sedimentos localizados no leito dos talvegues (à exceção da Sabo tipo Permeável). Esta se mostra como uma função estratégica quando se avalia a cronologia do desastre.

Recapitulando a ideia da figura 20 (capítulo 3) que apresenta o método de controle dos fluxos de detritos e considerando a cronologia do desastre, observa-se que a atuação sobre o controle da geração de detritos é uma medida de preventiva que traz como consequência a diminuição da produção de sedimentos e sua incorporação como fluxo de detritos.

##### Zona sobreposta de escoamento e deposição

A barragem sabo permeável consegue exercer a sua capacidade máxima de captura de fluxo de detritos quando os detritos preenchem todo o vazio da treliça espacial de aço. No caso em que planeja instalar a barragem permeável no local onde a largura do vale expandiu repentinamente do que a montante e quando há várias barragens sabo instalada a montante na zona sobreposta, há possibilidade dos blocos de rochas do fluxo de detritos pararem na área de deposição que fica acima da barragem sabo permeável planejada. Nessa situação, a parte permeável não será preenchida portanto a barragem não conseguirá cumprir com a sua capacidade máxima de captura. Neste caso, deve selecionar barragem sabo permeável com espaçamento curto de treliça ou barragem sabo impermeável.

## (2) Consideração das medidas de intervenções de troncos

No caso em que a bacia hidrográfica é estreita e tem pouco sedimentos, poderá capturar o fluxo de detritos com apenas 1 barragem sabo. Nesse mesmo caso, o fluxo de detritos sendo do tipo lama e a jusante houver instalações a serem protegidas tais como casas, deve ser utilizado a barragem sabo impermeável. Mas como a barragem impermeável não tem função de capturar troncos, neste caso seria mais adequado utilizar a barragem semi-permeável. Caso o volume de troncos seja pequena, será mais barato instalar rede de contenção de troncos na barragem secundária.

## (3) Manejo para retirada de sedimentos

A capacidade de captura de fluxo de detritos da barragem impermeável se torna ínfima quando fica saturada devido a deposição natural e contínua dos sedimentos. Caso consiga realizar periodicamente a retirada desses sedimentos depositados, poderá garantir o espaço necessário para receber o sedimento. No caso em que é possível garantir o acesso das máquinas pesadas e dos caminhões para retirada de sedimentos e a destinação de sedimentos, torna-se mais econômico o manejo de retirada de sedimentos na barragem sabo impermeável.

A barragem sabo permeável necessita realizar a retirada de sedimentos após a ocorrência de fluxo de detritos e consequente deposição de sedimentos, para que na próxima ocorrência de fluxo possa recuperar a sua capacidade de captura. Nos vales estreitos onde o caminhão e máquinas pesadas não tem como acessar seria mais adequado instalar barragem sabo impermeável que recupera a sua capacidade de captura com fluxo de água normal. Nesse caso, é inevitável que comparado a barragem permeável a capacidade de captura é menor.

## (4) Condições que devem ser considerados ao selecionar a barragem semi-permeável ou permeável

Para impedir a passagem do fluxo de detritos e troncos de forma completa, há muitos casos em que se adota o uso da barragem sabo semi-permeável ou permeável como obra de captura. As estruturas de treliças dessas barragens devem ser preenchidas de forma completa com matacões para que se tornem efetivas.

Para se bloquear o fluxo sedimentos e troncos, deve-se utilizar como obras de contenção as barragens Sabo permeáveis ou semipermeáveis, para tanto devem ser considerados os itens abaixo: A barragem deve satisfazer as condições abaixo para que a área de passagem do fluxo bloqueie completamente o fluxo de detritos e troncos

- A área de passagem deve ter a largura do vale para que não estrangule a passagem do fluxo natural

- Os espaçamentos devem bloquear completamente o fluxo de detritos

- A área permeável não deve ser destruída pelo fluxo de detritos

- A área permeável não deve ser entupida por detritos de pequeno e médio porte, ou seja, não deve ser saturada por sedimentos carregados por chuvas de média e baixa pluviosidade.

Mostra-se na Foto 5 exemplos de barragens Sabo permeáveis para bloquear o fluxo de detritos.



Foto 5. Exemplos de barragens Sabô permeáveis para bloquear o fluxo de detritos.

### 3.5.3 Canalização do fluxo de detritos

Quando a área a ser protegida estiver localizada na faixa de escoamento do fluxo de detritos deve ser prevista obra de canalização do fluxo de detritos, protegendo assim a infraestrutura pública bem como as habitações.

Deve-se considerar que a seção transversal do canal deve ser compatível com o pico de vazão do fluxo de detritos, tendo como função a canalização do fluxo até um local seguro.

Deve-se ainda levar em consideração a granulometria dos detritos escoados de forma que não ocorra transbordamento devido ao depósito destes no interior do canal.

Para que não ocorra erosão do leito e das margens do canal com a passagem do fluxo de detritos, deve ser sempre previsto revestimento de proteção, como a aplicação de placas de concreto.

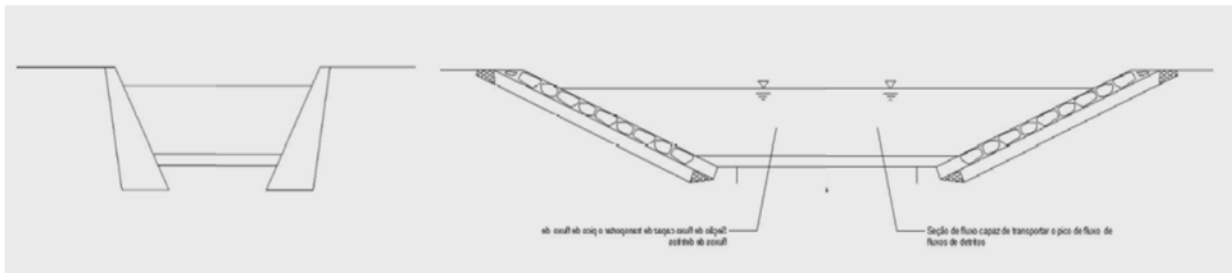


Figura 27. Exemplo de revestimento do canal.

### 3.5.4 Instalações para deposição do fluxo de detritos

Este manual propõe dois tipos de instalações para deposição do fluxo de detritos:

- Lagoa de deposição; e
- Depósitos por prolongamento.

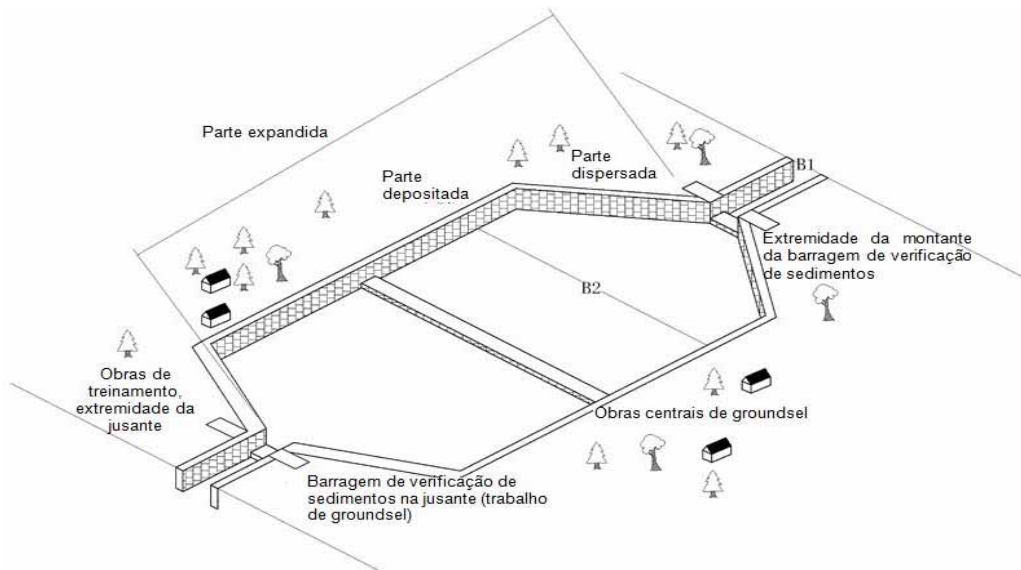
Ambas têm função de diminuir a velocidade do fluxo de detritos e forçar o acúmulo do material. Estas Áreas de Deposição devem ser bem dimensionadas, sendo necessária simulações e testes em laboratórios para estimar o volume de massa depositado, uma vez que este volume depende das seções transversal e longitudinal das instalações, das características hidráulicas do fluxo de detrito e da composição granulométrica dos sólidos presentes no fluxo.

Segue uma explanação sobre os dois tipos de Áreas de Deposição elencados acima:

#### 3.5.4.1 Lagoa de deposição de detritos

Esta lagoa, na verdade, consiste em um alargamento do canal tendo uma estrutura de barragem sabo na parte de montante e jusante. Este tipo de lagoa disponibiliza uma área que permite o acúmulo do volume de deposição previsto na fase de planejamento da contenção do fluxo de detritos e troncos, por meio do alargamento da seção do canal e redução da declividade longitudinal.

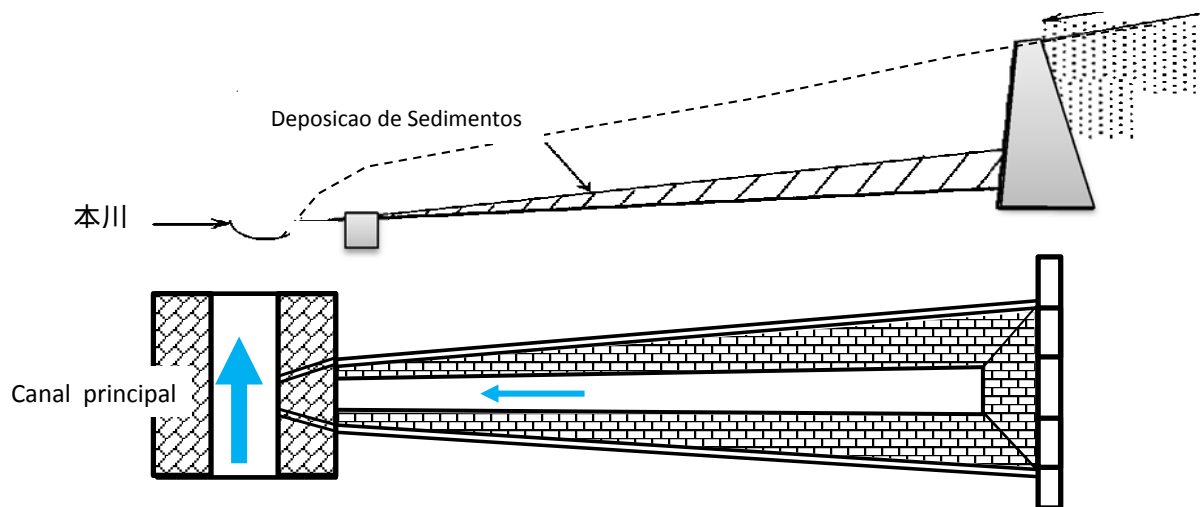




**Figura 28. Exemplo de Lagoa de Deposição de Detritos.**

### 3.5.4.2 Deposição de detritos por prolongamento

Essa instalação é reservada para permitir o acúmulo do volume total de sedimentação planejado (V). Isso ocorrerá por meio da redução da inclinação por escavação do canal e é adotado em locais onde há dificuldade no alargamento do canal por condições topográficas ou por restrições devido ao uso das margens do talvegue.

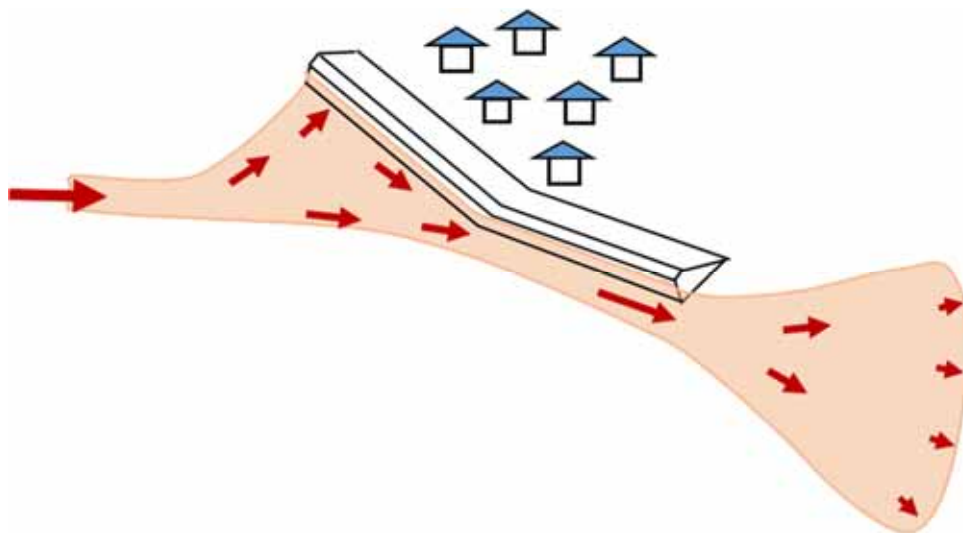


**Figura 29. Exemplo das instalações de deposição por prolongamento.**

### 3.5.5 Instalações para controle do trajeto do fluxo de detritos

São instalações que têm como objetivo direcionar o fluxo de detritos para criar um local seguro à jusante do ponto.

São instalações que têm como objetivo o controle da direção do fluxo de detritos. Tendo um local seguro à jusante do ponto de referência planejado que consiga conduzir os detritos sem ocasionar danos significativos até um local previsto. Este controle da direção do fluxo de detritos deve-se realizado utilizando-se diques.



**Figura 30.** Bloco diagrama esquemático ilustrando a implantação de diques para o desvio do fluxo de detritos.

## 3.6 Fluxograma para seleção das intervenções para controle do fluxo de detritos

### 3.6.1 Objetivo do fluxograma

As intervenções citadas acima (Barragens Sabo, estruturas de canalização, e deposição do fluxo de detritos) são selecionadas de acordo com o tipo de corridas de detritos, com a relação entre o fluxo e a infraestrutura a ser protegida, com a forma de movimentação do sedimento e com a topografia local. A figura 30 apresenta fluxograma, com procedimentos para seleção do tipo de barragem mais eficiente, considerando a topografia do local.

Esse fluxograma considera apenas a eficiência das estruturas tipo Sabo, não considerando, neste momento, o custo, nem o processo construtivo. Dessa forma, após selecionadas as intervenções mais eficientes, devem ser avaliadas as condições de construção e realizadas avaliações do custo de implantação. Os casos abaixo exemplificam a utilização do fluxograma para a implantação de barragens do tipo Sabo:

### 3.6.2 Instruções para uso do fluxograma

Para utilizar o fluxograma deve seguir os seguintes passos.

- (1) A posição da estrutura de contramedida a ser determinado no fluxograma, deve ser definido obedecendo “Diretrizes de controle de fluxo de detritos” indicado no capítulo 3 sessão 2.

Tabela. Determinação do posicionamento de estrutura de contramedida

Diretrizes de controle de fluxo de detritos	Posição da estrutura de contramedida de fluxo de detritos
Controle de geração (encosta)	Zona de iniciação
Controle de geração (córrego)	Zona de iniciação, dentro do vale
Captura	Zona de escoamento
Deposição	Zona de deposição
Canalização	Zona de deposição
Controle de direção do fluxo	Zona de deposição

(2) A relação de posição entre a estrutura de contramedida, ponto de referência e o alvo de proteção, deve ser determinada obedecendo a “Assunção de fenômeno do fluxo de detritos” descrito no capítulo 3 sessão 1.

- Há alguma instalação a ser protegida na zona de escoamento?
- Está no montante da instalação a ser protegida?
- Fica acima do ponto de referência?

(3) Além dessas tomadas de decisões terão os seguintes itens.

Os locais de origem do fluxo de detritos estão evidentes e aglutinados? ”: Deve escolher “sim” caso tenha tido ocorrência de fluxo de detritos e ruptura de encosta e que tenha sido depositado grande quantidade de sedimentos no córrego (mais do que 1000 m<sup>3</sup>).

É uma zona em que a erosão nas margens e no leito são significativos? ” : Deve escolher “sim” caso seja uma zona de fácil erosão, devido a falta de vegetação e árvores, o solo composto por sedimentos depositados, solos residuais e colúvio nas margens e leito do canal, sendo que as margens tem declividade acima de 30 graus, largura do leito do córrego é estreito de 2 a 3 m e a declividade é íngreme de 1 para 10.

Tipo de fluxo de detritos: Define-se como tipo cascalho, o fluxo de detritos que contém areias e cascalhos com granulometria acima de 2mm, e tipo lama que contém grande quantidade de argila e silte com granulometria menor que 0,074mm como principais componentes (matriz) do sedimento que compõem o fluxo de detritos.

A instalação a ser protegida está distribuída desuniformemente? ” : Deve escolher “sim” caso residências e instalações a serem protegidas estão distribuídas apenas num lado do rio e que estejam na zona de escoamento e espraiamento.

(4) Deverá prosseguir a seleção de instalações até que o volume de sedimentos seja inferior que o volume tolerável.

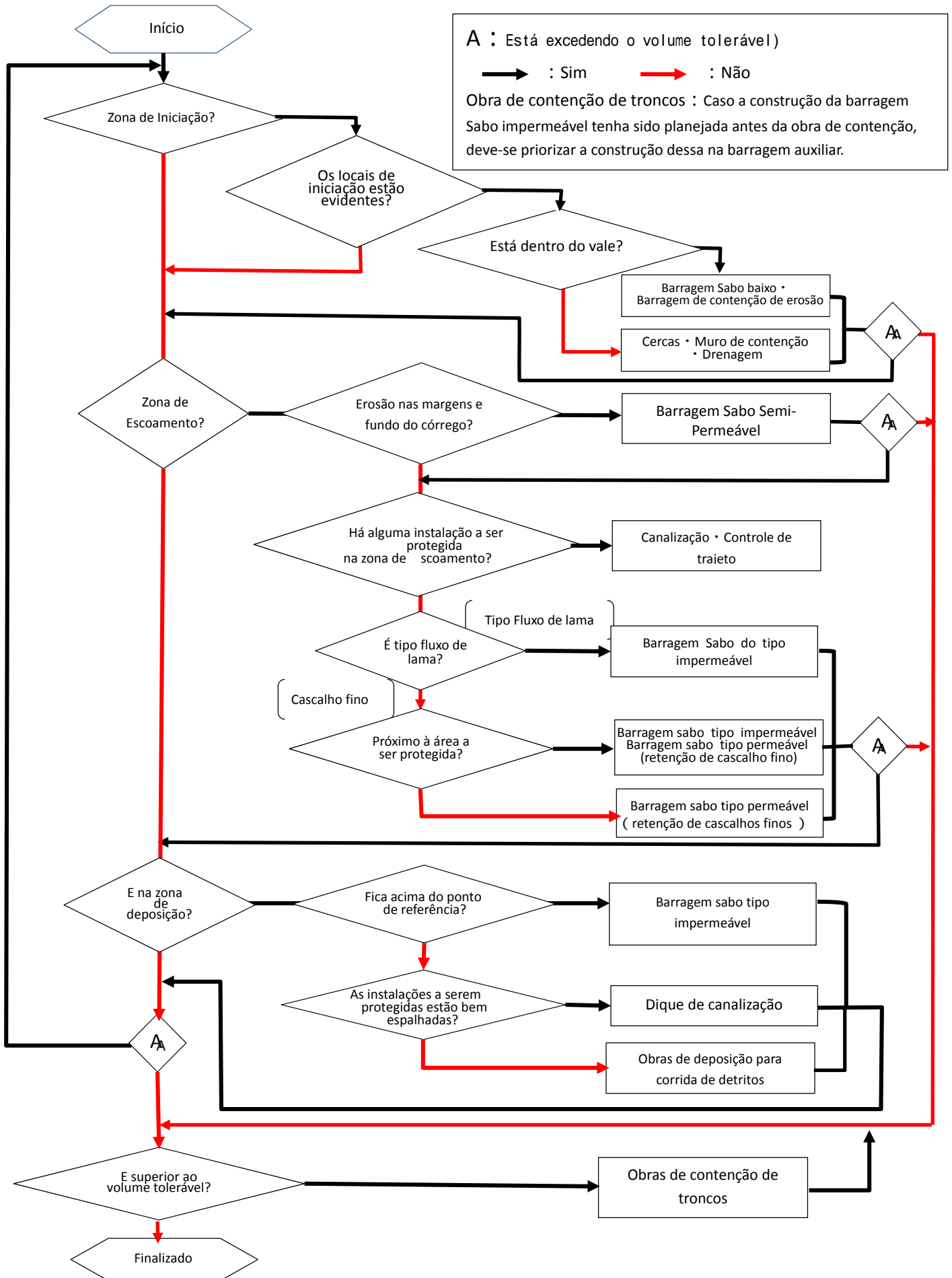
(5) No caso de implantar várias instalações na zona de escoamento, deve selecionar primeiro a obra a ser instalada na jusante e depois selecionar as obras que serão implantadas a montante sucessivamente.

(6) Caso já tenha sido planejado antes a implantação de barragem sabo impermeável deve priorizar a instalação de obra de coneteção de troncos na barragem secundária.

(7) Ao selecionar a Barragem Sabo Slit com treliça metálica adequada para implantação a montante da instalação a ser protegida deve selecionar tipo de barragem que tem funcionalidade melhorada na captura de sedimentos de pequenas granulometrias.



**Figura 6. Barragem Sabo Slit com treliça metálica de aço com espaçamento reduzido  
(Barragem Sabo Slit com treliça metálica adequada para instalação a montante da instalação a ser protegida)**



**Figura 30 Fluxograma para seleção das intervenções para controle do fluxo de detritos**

### 3.7 Cálculo do volume controlado do fluxo de detritos e troncos

O dimensionamento total do projeto apoia-se no dimensionamento quantitativo de cada um dos dispositivos a serem implantados na bacia. Este planejamento tem como objetivo a verificação da redução do volume de sedimentos, através do cálculo do volume de captura, volume de sedimentação planejada e do volume de controle de ocorrência planejada. Com isso, decide-se a quantidade e o tipo de instalação que será necessário para que o volume de sedimento planejado torne abaixo do volume tolerável planejado.

O volume tolerável que se trata neste manual é o volume acrescido do volume de sedimentos planejado e o volume de troncos planejado.

#### 3.7.1 Base para elaboração do cálculo do volume da corrida de detritos

O plano para tratamento da corrida de detritos deve ser elaborado de forma que satisfaça as condições da equação (23) abaixo, considerando os parâmetros: volume de detritos (sedimentos e troncos) (V), volume de detritos admissível (W), volume de detritos capturado (X), volume de detritos depositado (Y) e volume de detritos contido (Z).

Inicialmente calcula-se apenas o volume de detritos (V) no ponto de referência e o volume de detritos tolerável (W). Caso o volume de detritos seja maior do que o tolerável, será necessário incluir estruturas para captura, deposição ou contenção dos detritos, conforme indicação do fluxograma do item 3.5. O cálculo será refeito, incluindo-se novas estruturas, até que o resultado da equação (23) seja atendido.

O volume de detritos tolerável (W) deverá escoar por uma obra de canalização para que não ocasione transbordamento na zona em que se localiza a instalação a ser protegida a jusante do ponto de referência. Para calcular o W, deve-se levar em consideração a granulometria do sedimento que será carregado no estado de bedload.

$$V - W - (X + Y + Z) = 0 \quad \dots \dots \dots (23)$$

Sendo que:

$$V = V_s + V_t \quad \dots \dots \dots (24)$$

$$W = W_s + W_t \quad \dots \dots \dots (25)$$

$$X = X_s + X_t \quad \dots \dots \dots (26)$$

$$Y = Y_s + Y_t \quad \dots \dots \dots (27)$$

$$Z = Z_s + Z_t \quad \dots \dots \dots (28)$$

Em que:

- V<sub>s</sub>: Volume de sedimentos (m<sup>3</sup>)
- V<sub>t</sub>: Volume de troncos (m<sup>3</sup>)
- W<sub>s</sub>: Volume tolerável de sedimentos (m<sup>3</sup>)
- W<sub>t</sub>: Volume tolerável de troncos (m<sup>3</sup>)
- X<sub>s</sub>: Volume de sedimentos capturado (m<sup>3</sup>)
- X<sub>t</sub>: Volume de troncos capturado (m<sup>3</sup>)
- Y<sub>s</sub>: Volume de sedimentos depositado (m<sup>3</sup>)
- Y<sub>t</sub>: Volume de troncos depositado (m<sup>3</sup>)
- Z<sub>s</sub>: Volume de sedimentos contido (m<sup>3</sup>)
- Z<sub>t</sub>: Volume de troncos contido (m<sup>3</sup>)

### 3.7.2 Volume de detritos capturados (X)

O volume de detritos capturados refere-se ao volume do fluxo de sedimentos e de troncos capturados na barragem durante eventos de fluxo de detritos. O volume de detritos capturados (X) é a soma do volume sedimentos capturados ( $X_d$ ) e o volume de troncos capturados ( $X_w$ ).

Mostra-se na Figura 31 e 32 e 33 o volume de detritos capturados utilizando as barragens Sabo Permeável, Impermeável e Semi-Permeável. Em relação às barragens Impermeáveis e Semi-permeáveis, refere-se ao sistema de manutenção, consistindo na retirada de detritos (sedimentos e troncos) justamente à montante.

O volume de detritos capturados, em uma barragem tipo Sabo permeável, pode ser entendido tomando-se o espaço delimitado pelo plano da sedimentação planejada e a angulação do córrego (hachurado mostrado na Figura 31-33).

Já a barragem Sabo do tipo impermeável e semipermeável, O volume de detritos capturados pode ser entendido como o espaço que é cercado pelo plano de angulação da sedimentação normal e o plano da sedimentação planejada (hachurado mostrado na Figura 31-33)

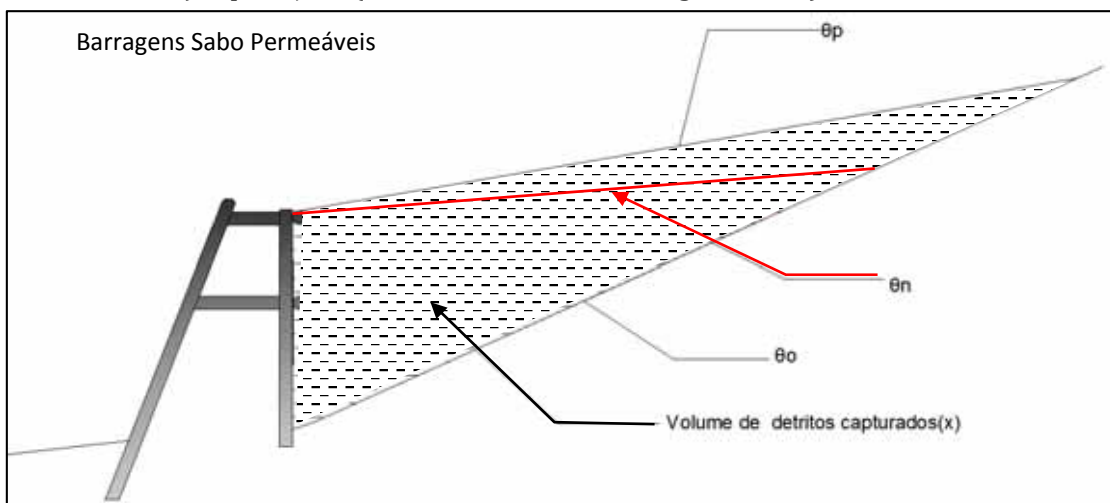


Figura 31. Volume de Sedimentos Capturados em Barragens Sabo Permeáveis

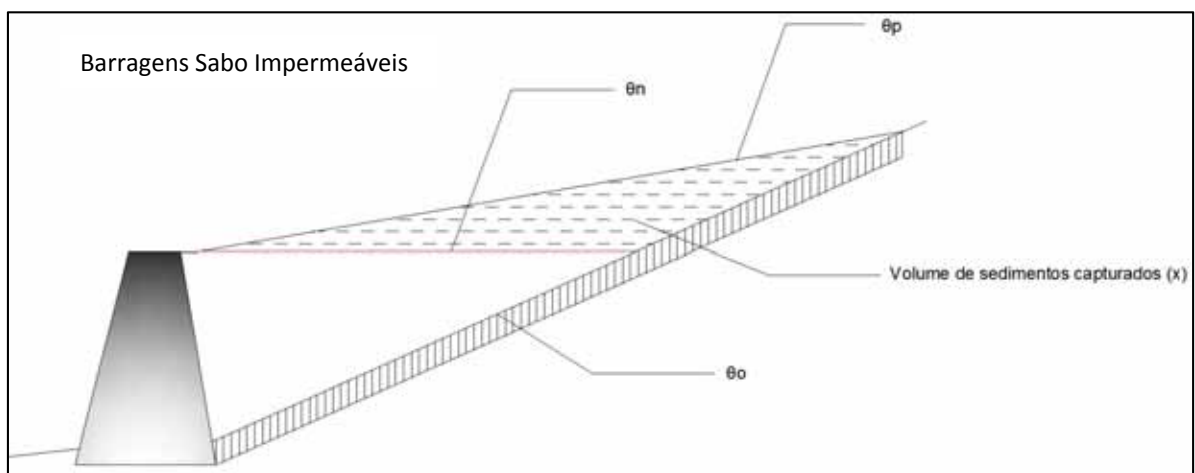
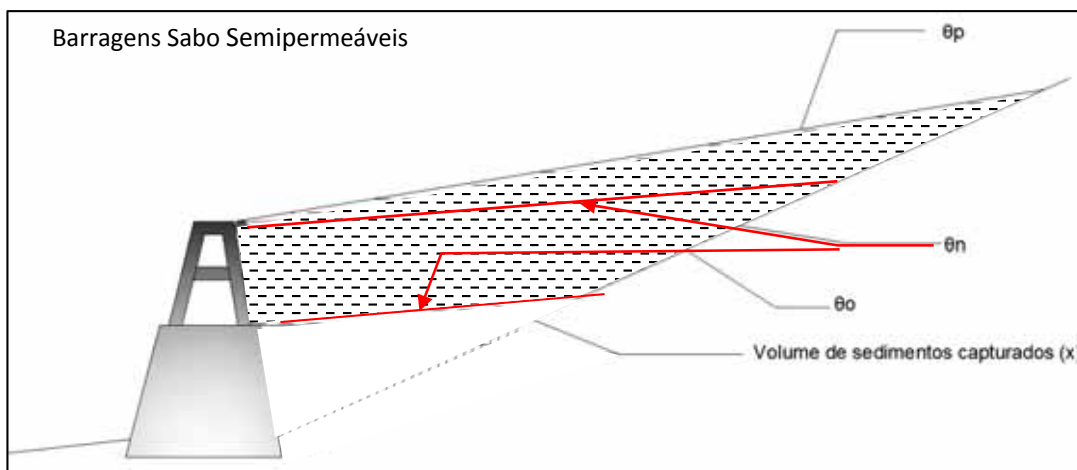


Figura 32. Volume de Sedimentos Capturados em Barragens Sabo Impermeáveis



**Figura 33. Volume de Sedimentos Capturados em Barragens Sabo Semipermeáveis**

Os valores da angulação da sedimentação planejada ( $\tan\theta_p$ ) e da angulação de sedimentação normal ( $\tan\theta_n$ ) são definidos em campo ou em áreas similares na bacia hidrográfica. Para o caso do Japão os resultados para  $\tan\theta$  são indicados abaixo:

$$\tan\theta_p = (1/2 \sim 2/3) \cdot \tan\theta_0 \dots \dots \dots (33)$$

$$\tan\theta_p \leq 1/6 \dots \dots \dots (34)$$

$$\tan\theta_n \leq 1/2 \cdot \tan\theta_0 \dots \dots \dots (35)$$

A partir da fórmula 8, pode-se definir a zona de escoamento da corrida de detritos como as zonas em que a tangente é maior do que 1/6, por não haver sedimentação. Para o caso de sedimentos de granulometria menores, as equações de 7 a 9 deverão ser reajustadas, de acordo com dados coletados em campo.

### 3.7.2.1 Volume de sedimento capturado (Xs)

O volume de sedimentos capturados ( $X_s$ ) refere-se apenas ao volume de sedimentos capturados no dispositivo de prevenção à corrida de detritos. O  $X_s$  é obtido pela diferença entre volume de detritos capturados ( $X$ ) e o volume de troncos capturados ( $X_t$ ). O volume de captura do fluxo de tronco estimado está descrito na seção 4.6.2.2

### 3.7.2.2 Volume de troncos capturado (Xw)

O volume de troncos capturados ( $X_w$ ) refere-se apenas ao volume de troncos capturados no dispositivo de prevenção ao fluxo de detritos.

( 1 ) Cálculo do volume de troncos capturados ( $X_w$ ) na zona de fluxo de detritos

Calcula-se o volume de troncos capturados ( $X_w$ ) na barragem Sabo à partir da fórmula 10:

$$X_w = K_{w1} \times X \dots \dots \dots (36)$$

X: Volume de detritos capturados na barragem Sabo

$X_{w1}$  Volume de troncos capturados na barragem Sabô

$K_{w1}$  : Relação entre a área do volume de troncos e a capacidade

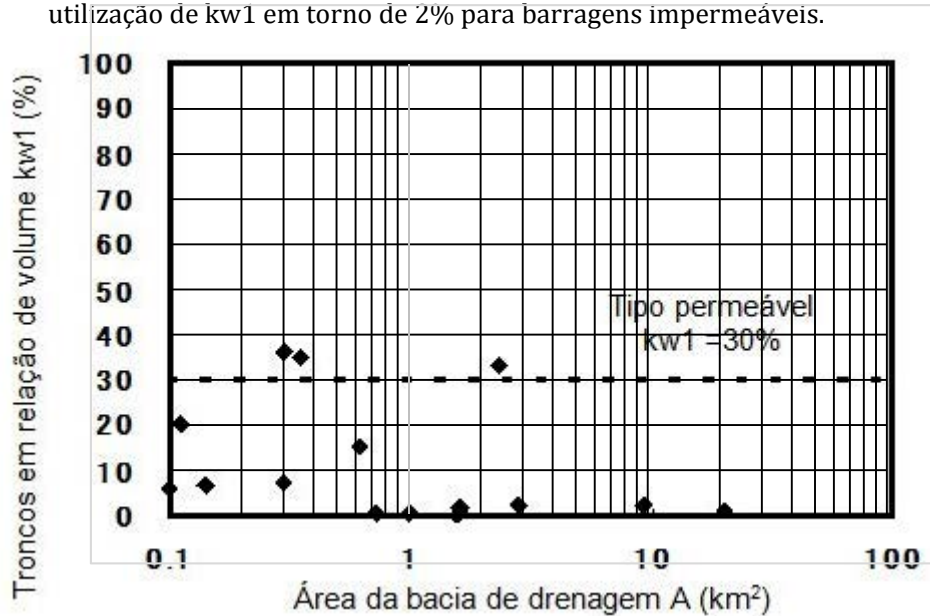
$K_{w1} = 30\%$  Para barragens permeáveis  $K_{w1} = 30\%$

Na figura 34 mostra-se o histórico da relação da área de captura de troncos da barragem Sabo tipo permeável, para o caso do Japão. Trata-se de uma amostragem limitada, necessitando, portanto, de mais levantamentos. Usa-se  $K_{w1} = 30\%$ .

Para barragens impermeáveis  $K_{w1} = 2\%$



Os dados também são limitados, entretanto, para um histórico de barragens saturadas (no Japão), obteve-se resultados acima de 2%. Considerando este fato, recomenda-se a utilização de kw1 em torno de 2% para barragens impermeáveis.



**Figura 34. Relação da área de tronco contida no volume de detritos capturados pela Barragem Sabo do tipo permeável.**

O volume de troncos capturados de uma nova barragem será 0 (zero), caso a soma do volume de troncos capturados (Xw), volume de troncos depositados (Yw) e volume de troncos contidos (Zw) menos o volume de troncos seja menor que 0 (zero).

Caso a soma do volume de troncos capturados (Xw), volume de troncos depositados (Yw) e volume de troncos contidos (Zw) menos o volume de troncos seja menor que 0 (zero), a barragem tipo Sabo deverá ser dimensionada considerando a seguinte ordem: volume de troncos contidos (Zw), volume de troncos depositados (Yw) e volume de troncos capturados (Xw)

( 2 ) Cálculo do volume de troncos capturados da zona de espraiamento

Na zona de espraiamento onde será instalada a captura de troncos e detritos, o tronco se separa do resto do material e flutua na superfície da água, sendo depositados aleatoriamente, quando da diminuição do nível da água. Este volume de tronco poderá ser calculado por meio da fórmula (37) e (38).

Nas equações abaixo a área de espraiamento (Aw) representa a área de deposição do volume de troncos quando o nível da água diminui.

$$Aw \geq (Lwa \times Rwa) \dots \dots \dots (37)$$

$$Vwc = Aw \times Rwa \dots \dots \dots (38)$$

Sendo que:

Aw : Área de de espraiamento de troncos (m2)

Lwa : Comprimento médio do tronco (m)

Rwa : Diâmetro médio do tronco (m)

Vwc : Volume total de troncos (m3)

O volume total de troncos (Vwc) que está descrito acima significa o volume real de toda a massa de troncos. O volume de detritos, ao fluir, divide-se em sedimentos e troncos. Como já foi mencionado a movimentação dos troncos se dá, mormente, na superfície da água, portanto no



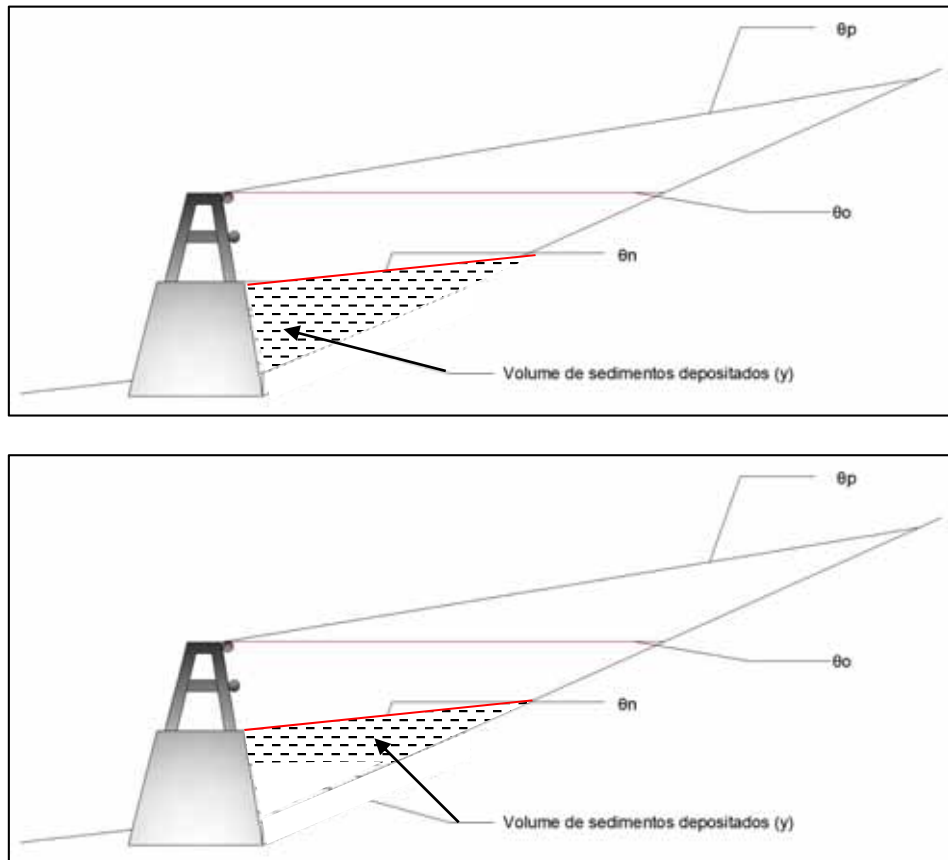


Figura 37. Volume de Sedimentos Depositados em Barragens Sabo Semipermeável

### 3.7.3.1 Volume de sedimentos depositado

O volume de sedimentos depositado é o volume de solo que ocupará o espaço a ser preservado na atividade de manutenção da barragem (área em preto na Figura 35 e 36).

O volume de sedimento depositado é o volume de detritos depositado menos o volume de troncos depositado, este último detalhado no item a seguir.

### 3.7.3.2 Volume de troncos depositado

O volume de troncos depositado é o volume de troncos que ocupará o espaço a ser preservado na atividade de manutenção da barragem (área em preto na Figura 35 e 36).

O volume de troncos depositados será calculado com a equação (40):

$$Y_w = K_{w1} \times Y \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (40)$$

Em que:

$Y_w$  : Volume estimado de troncos depositado

$K_{w1}$  : Relação de área de fluxo de troncos

$Y$  : Espaço reservado para manutenção

No caso de implantação de intervenção para fluxo de detritos à montante do planejado e quando o valor do volume de tronco for abaixo de zero, deve-se utilizar o mesmo método encontrado no item 4.2.3.

### 3.7.4 Volume de detritos controlado (Z)

Volume de detritos contido é o volume de sedimentos e troncos que deixará de ser produzido pelas diversas obras de contenção de massa nas encostas e pelas obras de prevenção da movimentação de detritos nos talvegues íngremes (indicadas no item 3.4.1). Exemplos dessas obras são: reforço do leito do córrego, barragem baixa, canalização, muros instalados na encosta, obras de contenção de encosta, contenção por vegetação e barragens tipo Sabo.

O volume de detritos contido é a soma dos volumes de sedimento e troncos que serão contidos.

O volume de detritos contido deve ser calculado tendo como base a zona onde foi calculado o volume de troncos gerado e volume de sedimentos transportável do leito do córrego.

O volume de detritos contido (Z) é utilizado para se estimar o volume total de sedimentos que será se incorporará ao sedimento no leito do rio que será mobilizado, tornando-se detrito no movimento de massa. Acrescenta-se a este valor o volume de tronco que seria mobilizado nestas encostas.

É determinar a extensão do volume de sedimentos contido no leito à montante da barragem Sabo à partir do volume de detritos contido nas encostas. Para tanto 1) Estende-se uma linha, com inclinação igual ao ângulo de sedimentação planejada, a partir a crista da barragem até o leito inclinado do canal; 2) O volume de sedimentos contido no leito estende-se a partir deste ponto de cruzamento até o eixo da barragem.

Em caso de barragem permeável, o volume de sedimentos contido no leito à montante da barragem SABO também será calculado na forma indicada acima, a partir da crista da barragem, como se mostra nas Figuras 38, 39 e 40.

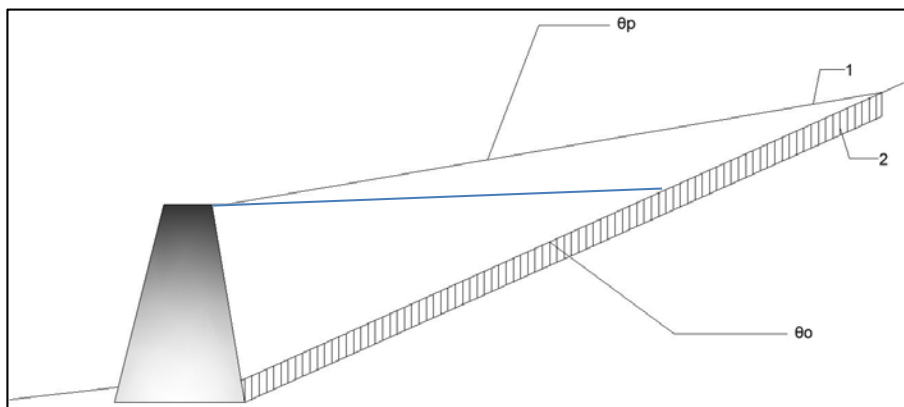


Figura 38. Volume de sedimentos contidos (hachurado) em Barragens Sabo a partir do método descrito acima.

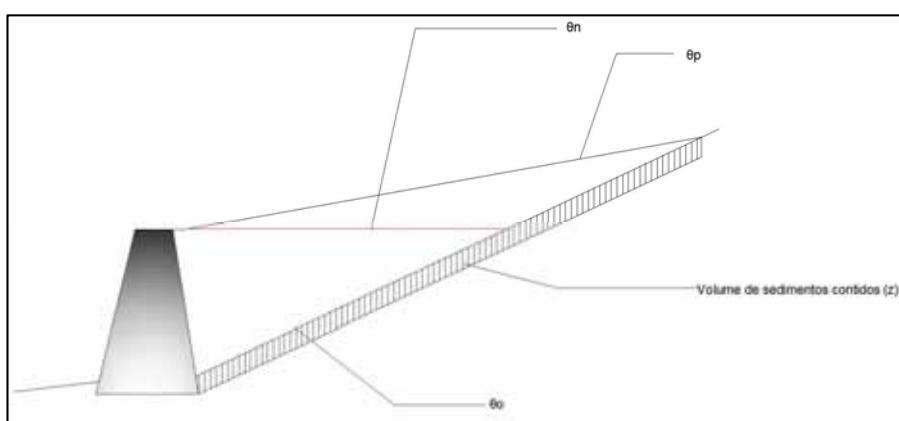


Figura 39. Exemplo de sedimentos contidos em Barragens Sabo Impermeáveis.

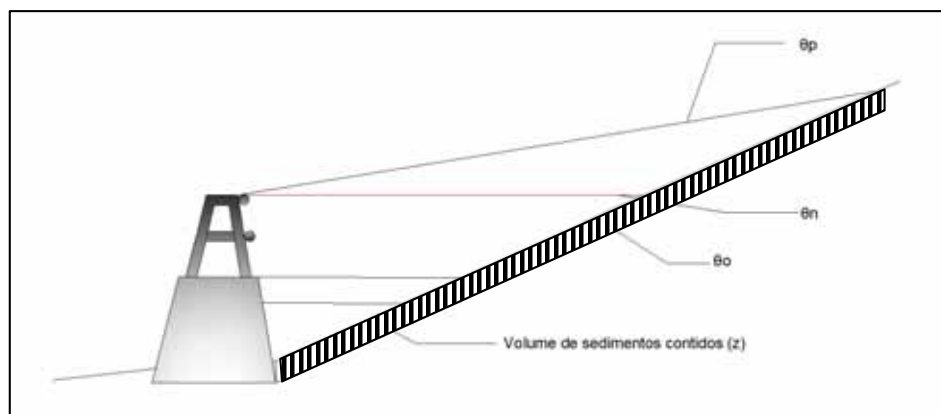


Figura 40. Exemplo esquemático de estimativa de ocorrência do volume de massa

#### 3.7.4.1 Volume de sedimentos contido ( $Z_d$ )

O volume de sedimentos contido é o volume de sedimentos que deixará de ser produzido após instaladas as obras de contenção nas encostas e as obras de prevenção da movimentação de detritos nos talvegues íngremes.

O volume de sedimentos contido será estimado quando existir solo erodível depositado no leito de talvegues íngremes na área do projeto.

#### 3.7.4.2 Volume de troncos contido ( $Z_w$ )

O volume estimado de troncos contido é o volume de troncos que deixará de ser produzido após instaladas as obras de contenção nas encostas e as obras de prevenção da movimentação de detritos nos talvegues íngremes.

No caso de implantação de intervenções para a corrida de detritos à montante do ponto de referência e quando o valor do volume de tronco for abaixo de zero, deve-se utilizar o mesmo método encontrado no item 4.2.3



Capitulo 4 Planejamento para escavação e retirada de solo depositado ( incluso a retirada de troncos)

#### **4.1 Objetivo da retirada de sedimentos**

No plano de tratamento de fluxos de detritos e troncos deve-se realizar a retirada de sedimentos integralmente para que as estruturas de contenção consigam utilizar a sua capacidade total, quando houver necessidade da retirada de sedimentos (incluindo a retirada de troncos).

Há dois tipos de retirada de sedimentos (inclui a retirada de troncos), “Retirada de sedimentos de rotina” que é realizado periodicamente de acordo com avaliação retira-se o volume morto acumulado naturalmente e a “retirada de sedimentos emergencial” que é realizado após a ocorrência de fluxo de detritos.

Basicamente esses dois casos são descritos da seguinte forma.

#### **4.2 Retirada de sedimentos periódica (Retirada de sedimentos essencial dentro do plano de tratamento de detritos)**

É realizado a retirada de detritos e troncos que carrear em condições normais, para que possa preservar o volume de deposição planejada.

Deve ser realizado a retirada de sedimentos (incluindo a retirada de troncos) em casos de necessidade em preservar o volume depositado planejado e volume de captação planejada necessário para o plano de tratamento de fluxo de detritos e troncos, a partir da avaliação periódica realizada em estruturas de contenção de fluxo de detritos e troncos.

Há necessidade de elaborar um plano de retirada de sedimentos como parte do plano de tratamento de detritos.

Pode ser levantado como conteúdo do plano de retirada de sedimentos, a construção de via para retirada, meios de retirada dos troncos e detritos, local alvo para receber o solo e frequência de realização da retirada de pedra.

Via de regra, não deve ser realizado a retirada de sedimentos em obras de contenção do deslocamento do solo depositado do leito do canal.

#### **4.3 Retirada de sedimentos emergencial (incluindo a retirada de troncos)**

Deve ser realizado a retirada de pedra(incluindo a retirada de troncos) em casos de necessidade em preservar o volume depositado planejado e volume de captação planejada necessário para o plano de tratamento de fluxo de detritos e troncos, quando houver ocorrência de fluxo de detritos e troncos proveniente do movimento de massa.

Deve-se realizar a retirada de sedimentos (incluindo a retirada de troncos) em casos emergenciais em que ocorre a necessidade de preservar o volume de deposição planejada e o volume de captação planejada, de acordo com a necessidade do plano de tratamento de troncos e detritos e também pela verificação emergencial realizado após a ocorrência de movimento de massa para preparar as estruturas de contenção de fluxo de detritos e troncos contra a ocorrência de movimento de massa.

Via de regra, a retirada de sedimentos deve ser realizada da jusante e não no local exato, devido ao risco da obra de contenção permeável romper espontaneamente e fluir para vazante.



## Capitulo 5 Obras de medidas de intervenção emergencial



### 5.1 Assunção da periculosidade do desastre secundário após a ocorrência do fluxo de detritos

Quando ocorre o fenômeno de fluxo de detritos, os sedimentos instáveis se depositam nas várzeas, canal e nas encostas, e com a chuva relativamente pequena novamente se desloca, portanto, tem o risco de provocar desastres secundários tais como, desastres de contaminação de água lamacenta e inundação, não se limitando a fluxo de detritos.

Em casos de movimentos de massa, deve-se realizar o mais rápido possível uma inspeção local para avaliar o risco de eventos secundários.

Os itens principais a serem observados são:

- a) sedimentos depositados no talvegue;
- b) depósitos provenientes da ruptura; e
- c) as áreas instáveis na encosta.

Em relação ao sedimento depositado no talvegue e o solo restante da ruptura (itens “a” e “b”), deve-se realizar o levantamento de seu volume, bem como de sua localização por meio do método demonstrado no item 2.5.

Em relação às áreas instáveis na encosta, deve-se realizar o levantamento da possibilidade de rupturas ou deslizamentos secundários. Os indícios a serem observados no levantamento são: fissuras, topografia com ângulo negativo, superfícies com novas elevações, dentre outras que são claras indicações de ruptura. Deve também ser realizado o levantamento do volume de sedimento considerando o formato da ruptura.

De acordo com os levantamentos de dados coletados sobre os desastres de fluxo de detritos no Japão, entre 1992 e 1997, não houve ocorrência de danos humanos, nem danos estruturais residenciais para uma movimentação de detritos abaixo de 500 m<sup>3</sup>, dessa forma, pode-se considerar que não há risco de eventos secundários quando a soma do volume de detritos proveniente do primeiro fluxo de detritos é abaixo de 500m<sup>3</sup>, como observado na figura 41).

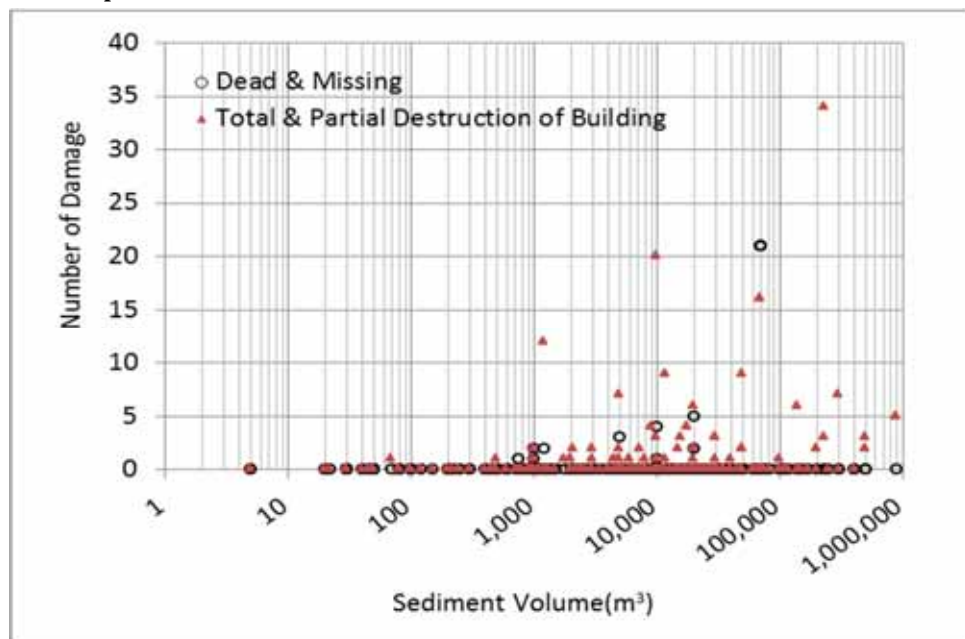


Figura 41. O volume de sedimento carreado do fluxo de detritos e os danos humanos e estruturais em residências (1992-1997, Japão).

## **5.2 Objetivo e a necessidade das intervenções emergenciais**

Baseado nos resultados da análise do levantamento emergencial realizado após o desastre, se confirmarem o risco de ocorrência de desastres tais como contaminação de água lamacenta, inundação e fluxo de detritos, deve elaborar o plano de intervenção emergencial, executar a obra emergencial e assim evitar os desastres secundários. As intervenções emergenciais são obras que poderão ser executados no prazo curto de 2 a 3 meses após a ocorrência do desastre e por definição deve ser elaborado obras executáveis que necessitam apenas dos materiais e máquinas existentes em posse.

Após a análise do levantamento emergencial, constatando que tenha locais com perigo de alargamento de ruptura, sedimentos depositados no leito do córrego e uma grande quantidade de sedimentos rompidos, poderá concluir que necessitará de períodos longos e custo muito alto para realizar as obras. Nesse caso, deve executar a intervenção emergencial e paralelamente elaborar plano de intervenção para fluxo de detritos completo e implementá-lo.

## **5.3 Exemplos de intervenções emergenciais**

As intervenções que têm como objetivo o controle da direção do fluxo, sua canalização ou o controle de geração de fluxo de detritos são obras básicas dentro de um planejamento contra o de fluxo de detritos. Tais obras são de baixo custo e de fácil implementação.

Caso existam estruturas de captura de detritos, devem ser realizadas as atividades de manutenção (remoção de sedimentos) para garantir o espaço útil que receberá material de futuros movimentos de massa.

### **5.3.1 Contenção de ocorrência ou Controle da geração de fluxo**

Preservar a capacidade do canal.

Deve assegurar a disponibilidade do canal para escoar o fluxo da inundação evitando que parte do solo rompido e o sedimento depositado do fundo do talvegue se liquefaça. Uma das medidas que se pode propor é a proteção de margens com enrocamento.

Obra de drenagem nas encostas

Para diminuir a percolação de águas nas encostas onde há perigo de aumento de ruptura, devem ser realizadas obras de drenagem utilizando canaletas com formato de U e, concomitantemente utilizar a mantas impermeáveis, diminuindo quaisquer possibilidades de infiltração.

Obra de proteção da encosta

Devem ser realizadas obras de proteção da encosta com sacos de areia empilhados e a proteção contra chuva com mantas impermeáveis, quando houver grande quantidade de solo rompido na encosta.

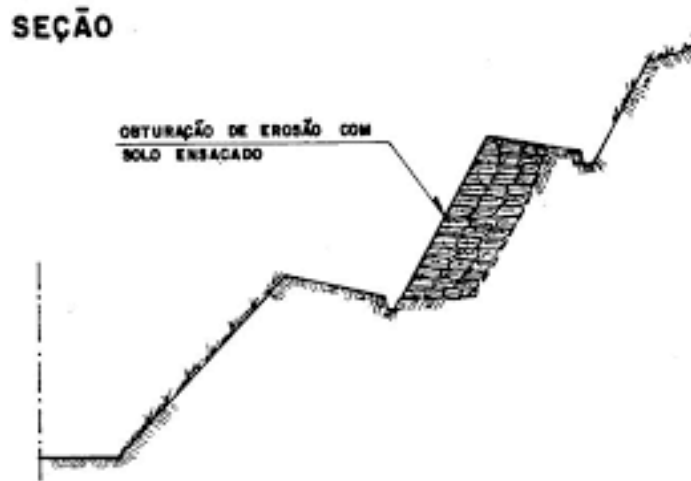


Figura 42. Exemplo de obras de proteção de encosta.

### 5.3.2 Canalização

Em casos de fluxo de detritos em zonas de deposição deve-se preservar o canal para receber a inundação e fluxo de detritos por meio de sua escavação, evitando e reduzindo o risco de alagamento, as margens devem ser protegidas com enrocamento. Quando não há restrições para o uso das margens do canal, devem ser construídos diques ao longo de seu comprimento, aterrando-se as duas margens do canal, e utilizando os sedimentos que foram produzidos durante sua escavação.

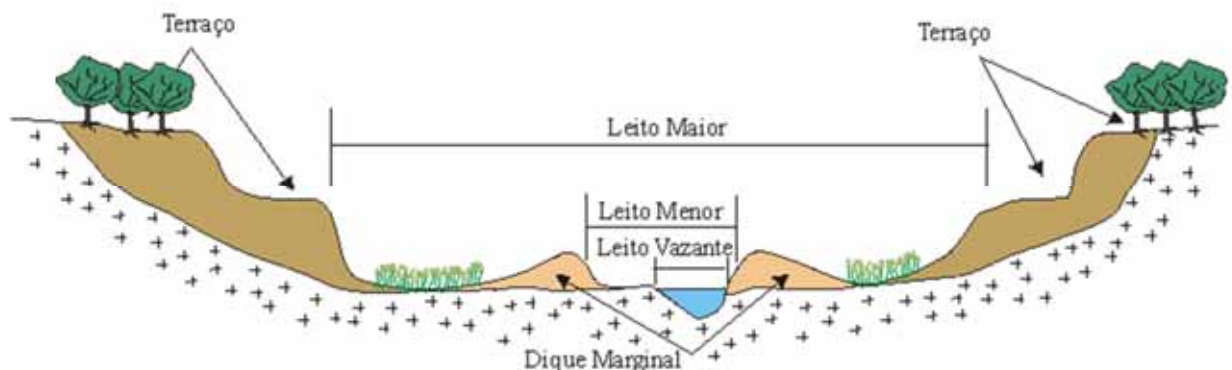


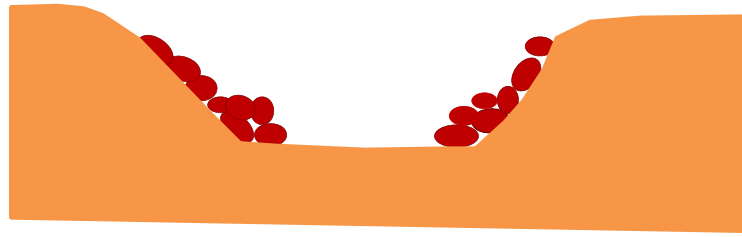
Figura 43. Exemplo de canalização do leito da drenagem à partir do uso de Diques Marginais.

### 5.3.3 Controle de direção do fluxo

Deve-se construir uma contenção do fluxo por meio do aterro reforçado para proteger o alvo de proteção importante tais como, residências em zonas de espraiamento. Caso a construção seja permanente, devem ser projetadas obras de contenção permanentes para proteção do talude. Para realizar o controle de direção do fluxo, deve se certificar que a obra não causará danos em outras áreas à jusante.

### 5.3.4 Retirada do sedimento em obras de retenção

Trata-se da mesma obra emergencial de retirada do sedimento demonstrado no capítulo 4.



**Figura 44. Proteção da margem com enrocamento.**

## REFERÊNCIAS

- Canholi, A. P. (2005). *Drenagem Urbana e Controle de Enchentes*. São Paulo: Oficina de Textos.
- da Silveira, A. L. (2005). Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 10, pp. 5-23.
- DNIT-Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes-Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretoria de Planejamento e Pesquisa.Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. (2005). *Manual de Hidrologia Básica Para Estruturas de Drenagem* (2ª ed.). Rio de Janeiro.
- Festi, A. V. (2006). Equações de Chuva Brasileira. *XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*.
- Flood Control District of Maricopa County. (2011). *Drainage Policies and Standards for Maricopa County, Arizona*. Maricopa, Arizona.
- Júnior, F. M., & Magni, N. L. (1999). *Equações de chuvas intensas do estado de São Paulo*. São Paulo: Convênio-Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Kuichling, E. (1889). The relation between the rainfall and the discharge of sewers in populous districts. *Transactions, American Society of Civil Engineers*, 20, pp. 1-56.
- Mulvaney, T. (1850). On the use of self-registering rain and flood gauges. *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*, 4, pp. 1-8.
- Naghetini, M., & Pinto, É. J. (2007). *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM-Serviço Geológico do Brasil.
- Pfaffstetter, O. (1982). *Chuvas intensas no Brasil: relação entre precipitação, duração e frequências de chuvas, registradas com pluviógrafos, em 98 postos meteorológicos* (2ª ed.). Rio de Janeiro: DNOS.

*On the use of the self-registering and flood gauges in making observations on the relation of rainfall and flood discharges in a given catchment (1851)*

*On the use of the self-registering and flood gauges in making observations on the relation of rainfall and flood discharges in a given catchment (1851)*

# Apêndice-1 Determinação do pico de vazão do fluxo de detritos por meio da precipitação

## 1. Determinação do pico de vazão do fluxo de detritos

Há vários tipos de processos que contribuem para formação do fluxo de detritos. Dentre eles destacam-se:

1. Fluxo de detritos causado pela erosão natural de material coluvionar acumulado nos pontos mais baixos do vale, quando há escoamento de água em virtude de precipitação.
2. Fluxo de detritos oriundo de colapsos de encostas;
3. Fluxo de detritos oriundo do rompimento de pontos de acumulação natural de detritos provenientes de colapso de encostas anteriores.

O método de cálculo do pico de vazão do fluxo de detritos por meio do volume de chuva baseia-se no primeiro processo descrito acima

A relação da dimensão do pico de vazão do fluxo de detritos calculado de acordo com o método teórico (24), que irá ser apresentado a seguir, e o método empírico (20), varia de acordo com a área da bacia hidrográfica, do volume de chuva, bem como do volume total de sedimento carregado. Quando o volume total de massa por área de drenagem (volume específico) representa 100.000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, o volume de chuva diário ou de 24 horas atinge 260 mm e a área da bacia hidrográfica é menor que 1 km<sup>2</sup>, o valor utilizado no método teórico deve ser menor que o valor utilizado no método empírico.

O pico de vazão do fluxo de detritos deve ser calculado das 2 maneiras a seguir:

$$Q_{sp} = K_q \times Q_p \quad (19)$$

$$K_q = C^*/(C^* - C_d)$$

## 2. Método de cálculo da vazão líquida

A despeito dos diversos métodos existentes no campo das ciências hidrológicas para cálculo de vazões líquidas, o método proposto neste manual consiste no Método Racional (Mulaney, 1850). O referido método permite a estimativa da vazão de pico para bacias com pequenas áreas de drenagem estando, portanto, dentro dos limites de aplicação deste Manual. O Método Racional relaciona a vazão de pico com a área de drenagem da bacia hidrográfica, com a intensidade média da chuva, com a duração da chuva (usualmente equivalente ao tempo de concentração da bacia) e com um coeficiente que representa as abstrações hidrológicas (perdas de volume de água) e a atenuação do hidrograma em função da propagação da onda de cheia. Este coeficiente é denominado coeficiente de escoamento (coeficiente *runoff*) e pode variar de 0 (ausência de escoamento para uma dada intensidade de chuva) a 1 (conversão total da chuva em vazão). A Equação , abaixo, apresenta a expressão adotada para o Método Racional.

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \quad \text{Equação 20}$$

Em que:

C - coeficiente de runoff

I - intensidade média da precipitação (mm/h);

A - área de drenagem da bacia (km<sup>2</sup>);e

3,6- fator de conversão para obter o pico de vazão em m<sup>3</sup>/s

Q- vazão (m<sup>3</sup>/s)

### 3. O coeficiente de escoamento/runoff (C)

A estimativa do coeficiente de escoamento (ou coeficiente de *Runoff*) usualmente é baseada em ábacos e tabelas desenvolvidos por procedimentos empíricos, a partir da experiência de projetistas e pesquisadores. Tendo em vista o comportamento natural do escoamento na bacia, espera-se que o coeficiente de escoamento varie com o tempo de retorno e a intensidade do evento de chuva, uma vez que com o incremento desses fatores as perdas de escoamento tendem a diminuir proporcionalmente ao volume escoado, repercutindo em um aumento do valor do coeficiente de *runoff*. Na ausência de melhores estimativas do coeficiente C, pode-se adotar os valores indicados na エラー! 参照元が見つかりません。 . O projetista pode ainda adotar um coeficiente de escoamento ponderado a partir de valores compostos de C em função dos diferentes usos do solo na bacia em estudo, ou ainda adotar como referência outras metodologias de definição deste coeficiente mais apropriadas ou indicadas para região de trabalho.

Tabela 2. Coeficientes de escoamento superficial (C) para o Método Racional (Canholi, 2005)

USO DO SOLO	TEMPO DE RETORNO (ANOS)			
	2-10	25	50	100
<b>Sistema viário</b>				
Vias pavimentadas	0,75-0,85	0,83-0,94	0,90-0,95	0,94-0,95
Vias não pavimentadas	0,60-0,70	0,66-0,77	0,72-0,84	0,75-0,88
<b>Áreas industriais</b>				
Pesadas	0,70-0,80	0,77-0,88	0,84-0,95	0,88-0,95
Leves	0,60-0,70	0,66-0,77	0,72-0,84	0,75-0,88
<b>Áreas comerciais</b>				
Centrais	0,75-0,85	0,83-0,94	0,90-0,95	0,94-0,95
Periféricas	0,55-0,65	0,61-0,72	0,66-0,78	0,69-0,81
<b>Áreas residenciais</b>				
Gramados planos	0,10-0,25	0,11-0,28	0,12-0,30	0,13-0,31
Gramados íngremes	0,25-0,40	0,28-0,44	0,30-0,48	0,31-0,50
Condomínios c/lotes>300 m <sup>2</sup>	0,30-0,04	0,33-0,44	0,36-0,48	0,31-0,50
Residências unifamiliares	0,45-0,55	0,50-0,61	0,54-0,66	0,56-0,69
Uso misto-denso	0,50-0,60	0,55-0,66	0,60-0,72	0,63-0,75

USO DO SOLO	TEMPO DE RETORNO (ANOS)			
	2-10	25	50	100
Prédios/conjunto de apartamentos	0,60-0,70	0,66-0,77	0,72-0,84	0,75-0,88
<b>Playground/Praças</b>	0,40-0,50	0,44-0,55	0,48-0,60	0,50-0,63
<b>Áreas rurais</b>				
Áreas agrícolas	0,10-0,20	0,11-0,22	0,12-0,24	0,13-0,25
Solo exposto	0,20-0,30	0,22-0,33	0,24-0,36	0,25-0,38
Terrenos montanhosos	0,60-0,80	0,66-0,88	0,72-0,95	0,75-0,95
Telhados	0,80-0,90	0,90	0,90	0,90

#### 4. Intensidade média da precipitação (I)

Na ausência de melhores estimativas para a intensidade média da precipitação, podem ser adotadas intensidades de chuvas a partir de Curvas de Intensidade Duração e Frequência (IDF). Tal procedimento, na verdade, tende a maximizar as precipitações para cada duração, uma vez que muito raramente os totais precipitados máximos para cada duração ocorrerão em um único evento. Órgãos municipais, estaduais e federais com atividades relacionadas ao campo da drenagem urbana usualmente publicam manuais, guias e diretrizes para o desenvolvimento de projetos de drenagem. Nesses documentos costumam haver curvas IDF de referência. No caso de cidades que disponham de um Plano Diretor de Drenagem, via de regra, há alguma consideração sobre as curvas de intensidade, duração e frequência que devem ser adotadas como referência para a região.

O engenheiro Otto Pfafstetter, do extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento-DNOS, desenvolveu estudos pioneiros relativos ao desenvolvimento de curvas IDF para diversas cidades do Brasil. Em obra publicada em 1957 e reeditada em 1982 (Pfafstetter, 1982) são apresentados os resultados de suas pesquisas, considerando 98 postos.

Festi (2006) publicou no XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (Apêndice X) um artigo com uma coletânea de equações IDF para diversas cidades do país. Na ausência de uma equação desenvolvida especificamente para a área de estudo, ou caso haja dificuldade de pesquisa a outras fontes atualizadas de referências, sugere-se consulta às referências citadas acima para a definição da curva IDF a ser adotada.

As curvas de Intensidade Duração e Frequência (IDF) correlacionam a intensidade de precipitação com diferentes durações e tempos de recorrência do evento de chuva. São obtidas a partir do processamento de registros pretéritos de precipitação e duração da chuva, sendo expressas por equações do tipo:



$$I = \frac{a \cdot T_R^b}{(t + c)^d}$$

Equação 21

Em que:

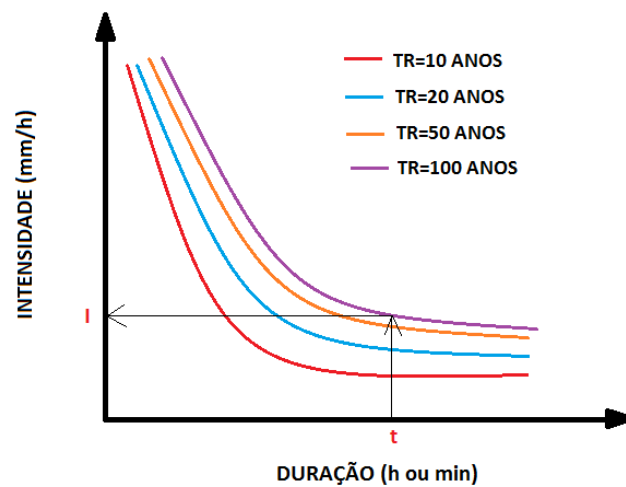
I- intensidade da precipitação (mm/h);

$T_R$ -Tempo de recorrência (em anos)

a,b,c,d – coeficientes ajustados para cada localidade

t- duração do evento de chuva (min ou horas)

A Figura(1) apresenta uma ilustração de um conjunto de curvas IDF para uma localidade hipotética. Para definição da intensidade (I) de chuva a ser adotada, parte-se de um valor de duração de chuva (t) e um tempo de recorrência ( $T_R$ ). O tempo de duração da chuva deve ser igual ou superior ao tempo de concentração da bacia.



Figura(1): Conjunto de curvas IDF para uma localidade hipotética

## 5. Tempo de duração da chuva (t)

O tempo de concentração consiste no tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento da seção de controle. Ou seja, o tempo de concentração vai do início da precipitação até o instante que todos os pontos da bacia passam a contribuir para vazão. Assim, recomenda-se que o tempo de duração da chuva adotada seja, pelo menos, igual ao tempo de concentração da bacia hidrográfica em estudo.

A estimativa correta do tempo de concentração é relativamente complexa devido aos diversos condicionantes envolvidos havendo uma ampla gama de formulações utilizadas. O Manual de Hidrologia Básica Para Estruturas de Drenagem do DNIT (2005) apresenta uma análise comparativa dos tempos de concentração calculados por meio de diferentes formulações empíricas e enumera 15 fórmulas empregadas para bacias menores que 2,5 km<sup>2</sup>. O artigo intitulado Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais (da Silveira, 2005), publicado na Revista Brasileira de Recursos Hídricos, avaliou o comportamento de 23 fórmulas para o tempo de concentração incluindo as mais encontradas na bibliografia técnica brasileira. Dessa forma, tendo em vista a dispersão entre os tempos de concentração obtidos pelas diferentes formulações existentes e o reflexo nos valores de vazões de pico calculados a partir deste parâmetro sugere-se que o projetista avalie a bacia hidrográfica em questão de forma criteriosa para definição de qual metodologia adotar.

## 6. Tempo de Recorrência ( $T_R$ )

O tempo de recorrência de um determinado evento significa que este evento será igualado ou superado em média uma vez dentro deste intervalo de tempo. Usualmente, em diretrizes para projetos de engenharia, costuma ser comum o estabelecimento de valores de referência para este parâmetro. No entanto, alerta-se que tal parâmetro não deve ser estabelecido de maneira indiscriminada.

O tempo de recorrência está associado com o risco de falha da obra e deve ser avaliado em conjunto com o período previsto para vida útil da infraestrutura construída. Assim, quanto maior o tempo de recorrência adotado menor será o risco da estrutura e conseqüentemente maior será o custo da obra. Quanto maior o período de vida útil da estrutura, fixando-se um mesmo tempo de recorrência, maior será o risco. A expressão a seguir apresenta a relação do risco com esses parâmetros.

$$R(\%) = 100 \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right)^n \right] \quad \text{Equação 22}$$

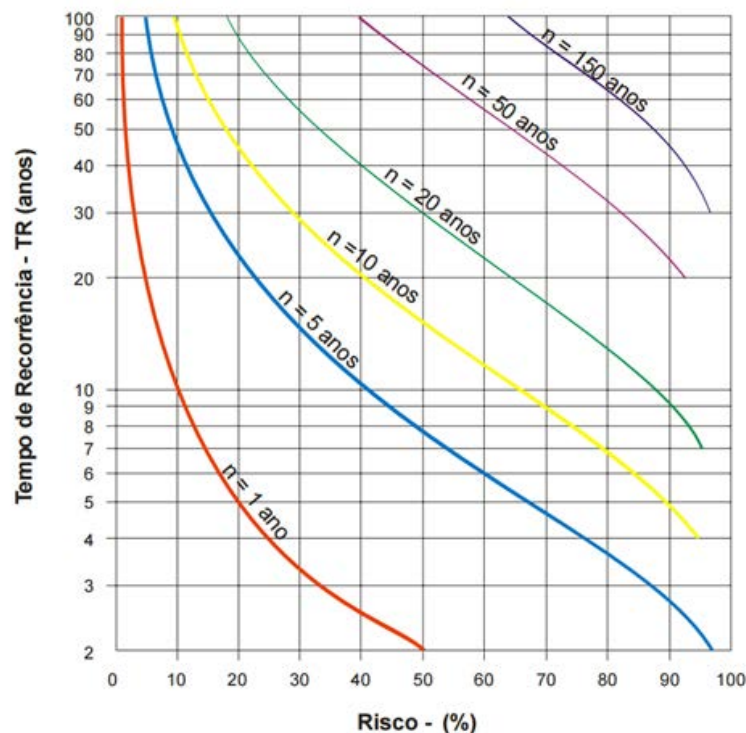
Em que:

R- Risco de falha (%);

$T_R$ -Tempo de recorrência (em anos)

n – vida útil prevista para operação da infraestrutura (anos)

A Figura(2), extraída do Manual de Hidrologia Básica Para Estruturas de Drenagem do DNIT (2005) apresenta a relação entre o risco, tempo de recorrência e vida útil da infraestrutura.



Figura(2): Relação do risco com o tempo de recorrência e vida útil da infraestrutura (DNIT-Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes-Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretoria de Planejamento e Pesquisa.Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias., 2005)

Dessa forma, tendo em vista que o risco está associado o nível de importância da área a ser protegida e também ao custo da obra a ser implantada, para intervenções de maior porte é recomendável que este parâmetro seja definido de maneira racional, quantificando-se os benefícios e custos atingidos com a intervenção, inclusive questão não quantificáveis diretamente para os impactos esperados em caso de superação de diferentes tempos de retorno.

Para fase de estudos iniciais, em nível de concepção, no caso do emprego de barragens do tipo Sabo, sugere-se que seja adotado pelo menos um tempo de recorrência de 100 anos com um período de vida útil de 50 anos. Contudo, em fases posteriores de projeto sugere-se que esta referência seja confirmada com base em avaliações de benefício-custo.

# Appendice-2 Conteúdo do Plano de Medidas Estruturais para o Fluxo de detritos

## 1 . Bacia hidrográfica onde será elaborado o plano de contramedidas para fluxo de detritos

### 1.1 Local da bacia hidrográfica

Demonstrar claramente as latitudes e longitudes, bairro, município e estado do córrego que tem como alvo do plano de contramedidas para fluxo de detritos.

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Mapa a nível nacional que consiga localizar a posição do município, mapa a nível regional que consiga identificar a posição do córrego que tem como alvo do projeto

### 1.2 Meio Social e Natural dos arredores

Descrever sobre o meio social, tais como história, cultura, economia, indústria, densidade demográfica, população e meio ambiente, tais como precipitação anual, climas e altitudes do município onde há o córrego alvo.

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Tabela e figuras dos indicadores econômicos, PIB, estatística de mudanças demográficas, distribuição do volume de chuva por mês dos Estados e Municípios

## 2 . Contexto histórico do projeto

### 2.1 Desastre de movimento de massa e inundações ocorridos nos Municípios e Estados

Indica a realidade dos danos, volume de chuva, tipos de desastres, data de ocorrência, sobre desastres de movimento de massa e alagamento ocorrido nos últimos 100 anos. Indica os desastres que foi determinante para a elaboração deste plano do projeto de contramedida para fluxo de detritos.

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Fotos que indicam as situações de desastres, mapas que indicam o local de produção do desastre e cronologia dos desastres

### 2.2 Planejamento de Expansão Urbano

Caso tenha o plano de expansão urbana do município, indica o resumo do projeto, tais como área, período do projeto, objetivo e localização da área a ser protegida. Além disso, indica sobre a relação do plano de medidas estruturais para o fluxo de detritos e plano de expansão urbana

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Cronograma e planta baixa do projeto

### 2.3. Mapa de risco

Indica a avaliação de risco do córrego e o andamento da elaboração do mapa de risco de desastres de movimento de massa dos arredores do córrego.

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Mapa de risco

## 3 . Características sociais e naturais do córrego

### 3.1 Características do formato transversal e horizontal e área do córrego

Indica sobre as características de formato transversal, alterações do declive horizontal e a área da bacia hidrográfica do córrego. Indica as características topográficas que influencia no movimento do fluxo de detritos nas partes curvaturas e saídas do vale.

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Vista de cima da bacia hidrográfica, corte longitudinal e transversal do córrego.

### **3.2 Geologia e Solo**

Apresenta o comportamento da erosão, ruptura dessa geologia, além da estrutura geológica superficial, classificação de substrato rochoso nos arredores da bacia hidrográfica.

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Coluna estratigráfica, mapa de geologia superficial e carta geológica de faixa ampla

### **3.3 Vegetação**

Indica sobre as principais vegetações da bacia hidrográfica. Em relação as árvores que se tornam origens de troncos, indicar sobre Diâmetro à altura do peito ou idade e espécie da árvore.

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Foto das principais vegetações

### **3.4. Uso de solos e instalações de utilidade pública**

Indica sobre o uso e ocupação de solo da área de transbordamento Indica a quantidade arredondada em relação a instalações de utilidade pública e moradias

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Fotos dos principais locais de proteção

### **3.5 Fenômeno do fluxo de detritos ocorridos**

Em relação ao fluxo de detritos ocorridos, organizar a causa da ocorrência, faixa de iniciação, faixa de escoamento, faixa de transbordamento e acumulação, baseado nos relatorios e fotos existentes e apresentar. Além disso, indica de forma mais precisa possível por meio da estimativa de volume de sedimentos.

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Fotos do momento do desastres, mapa topográfico que contém as anotações sobre a situação real do fluxo de detritos, fotos de satélites, mapa de perfil

## **4 . Ítens básicos do plano**

### **4.1. Alvo de preservação**

Indica a área cultivada, instalações de utilidade pública, residências existentes nas áreas com risco de fluxo de detritos

### **4.2 Definição da escala de planejamento ( probabilidade)**

Indica o tempo de recorrência ( probabilidade anual excedente) do plano que foi avaliado pela probabilidade de ocorrência do volume de chuva de 24 horas. Nesse caso, indica ao combinar a localização da estação meteorológica e tempo total de observação.

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Curva de intensidade de precipitação e equação de intensidade de precipitação.

### **4.3 Ponto de Referência do Plano**

Apresenta o fundamento decisivo e a declividade do leito do córrego juntos desse local, concomitantemente ao apresentar a localização do ponto de referência.

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Planta da bacia hidrográfica com o ponto de referência do plano marcado

## **5 . Levantamento do Volume potencial máximo de sedimentos mobilizáveis e volume de troncos**

### **5.1 Análise de hierarquia fluvial**

Indica a extensão de cada hierarquia fluvial (incluindo o vale aberto ) necessário para cálculo do Volume potencial máximo de sedimentos mobilizáveis.

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

O mapa topográfico de análise de hierarquia fluvial e a tabela de quantidade de hierarquia fluvial deve ser apresentada juntamente com a tabela de levantamento do volume de troncos produzidos, Volume potencial máximo de sedimentos mobilizáveis.

### **5.2 Levantamento do Volume potencial máximo de sedimentos mobilizáveis**

Apresenta na forma de tabela, a profundidade da erosão, largura do leito do córrego que são justificativas do volume de sedimento por hierarquia fluvial que foi calculado por meio do levantamento local. Baseando nesse resultado, demonstra na tabela o cálculo do Volume potencial máximo de sedimentos mobilizáveis

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Tabela de cálculo do Volume potencial máximo de sedimentos mobilizáveis, Mapa do ponto de levantamento do local de produção do sedimento ( demonstrar junto com o mapa topográfico para análise da hierarquia fluvial)

### **5.3 Levantamento do volume de troncos**

Apresenta a tabela calculada do volume de troncos produzido que foi baseado nos resultados do levantamento por amostragem dos troncos.

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Tabela de cálculo de troncos e o Resultado do levantamento in loco de troncos

## **6 . Cálculo do volume de sedimentos e troncos**

### **6.1 Determinação do volume de chuva do plano**

Apresentar o resultado e contexto de como determinar o volume de chuva do tempo de concentração utilizando a curva de intensidade de precipitação e fórmula de intensidade de precipitação.

### **6.2 Cálculo da Capacidade de Transporte de Detritos e Determinação do Volume de Detritos do Plano**

Apresenta o contexto de como adotou o volume de sedimento do plano sendo o valor menor comparando com o Volume potencial máximo de sedimentos mobilizáveis, ao calcular a capacidade de transporte do fluxo de detritos baseado no volume de chuva.

### **6.3 Cálculo do volume de troncos**

Indica o as etapas para calcular o volume de troncos considerando a taxa de vazão dos troncos no volume de troncos.

## **7 . Diretrizes para o controle e simulação do fenômeno do fluxo de detritos**

### **7.1 Simulação do fenômeno do fluxo de detritos**

Apresenta o resultado do fenômeno do fluxo de detritos simulado, baseado nos resultados do capítulo 3 a 6. O conteúdo a ser simulado são: forma de produção ( redeslocamento do sedimento do leito, ruptura de encosta), local e faixa de produção, classificação da forma de movimentação de massa, ponto inicial de transbordamento, volume de sedimento, volume de troncos, vazão de pico, profundidade do fluxo, velocidade do fluxo de detritos, tipo de fluxo de detritos (tipo lama, tipo cascalho fino) e granulometria máxima de rochas grandes.

( Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Conteúdo do fluxo de detritos simulado descrito acima indica nos : Mapa topográfico, Foto de satélites e mapa de perfil do córrego. Tabela que resume as especificações do fluxo de detritos simulado.

### **7.2 Análise de perigo**

Apresenta as características do fluxo de detritos, velocidade, granulometria máxima, profundidade de deposição de sedimentos que são indicadores para estimar a dimensão do perigo, local do perigo que causa os danos.

### **7.3 Diretrizes para o controle do fluxo de detritos**

Apresenta as diretrizes de controle de fluxo de detritos (controle de produção, captura, canalização, deposição e controle de fluxo) baseado nas características do córrego e do volume de sedimento e das características do fenômeno do fluxo de detritos simulado.

## **8 . Plano de Medidas Estruturais do Fluxo de detritos**

### **8.1 Seleção de medidas estruturais**

Indica o resultado e o histórico da seleção de medidas estruturais utilizando o fluxograma. Principalmente se tratando sobre o histórico, indica os fundamentos para decisão no fluxograma.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Tabela organizada com fundamento para decisão e fluxograma que demonstra o caminho para selecionar

### **8.2 Cálculo da Efetividade e Determinação do Dimensionamento e Quantidade das Obras de Intervenções**

Apresenta a sua efetividade e os diversos elementos, tais como formatos das instalações, além de indicar a quantidade e tipo das medidas estruturais, tais como barragem Sabo.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Tabela de especificações das Medidas Estruturais para Fluxo de detritos

### **8.3 Plano Geral das Medidas Estruturais**

Indica sobre a dimensão, localização e tipo de medidas estruturais para fluxo de detritos. Apresenta de forma quantitativa o quanto que conseguiu efetivar a redução e prevenção de desastres de fluxo de detritos, organizando o volume de sedimento calculado pós-medida, volume de detritos tolerável, capacidade de acumulação e volume de sedimento.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Balço do volume de sedimento pós instalação de medidas estruturais, Desenho da estrutura simplificada de Sabo, Planta de corte longitudinal e planta baixa da localização das medidas estruturais de Sabo.

## **9 . Custos Estimados do Projeto e sua Efetividade**

### **9.1 Custos e quantidade estimados**

Baseado no desenho das medidas estruturais de Sabo, apresentar o resultado das estimativas dos 6 tipos de obras, tais como proteção superficial de talude, obras de proteção a jusante da barragem ( obras de mizutataki, barragem secundário), cofragem (forma) para construção de barragem, volume da barragem de concreto, peso da barragem de aço, escavação.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Tabela de cálculo de quantidade aproximada

### **9.2 Custos estimados do projeto**

Apresenta o custo estimado do projeto que inclui as despesas gerais, custo estimado de obras utilizando o custo unitário médio por tipo de obras e quantidade estimada dos 6 tipos de obras.

(Fotos, tabelas e imagens a serem utilizadas)

Tabela de custo aproximado do projeto (Incluir os custos do projeto, custos da obra, custo unitário por tipo de obra na tabela de cálculo de quantidade estimada)

### **9.3 Efeitos de Mitigação dos Desastres e Efeitos Sociais**

## **10 . Recomendações para a Implementação do Projeto**

## **Apêndice-3 Exemplo de Seleção de Obras através do Fluxograma em Vales com Fluxo de Detrito Típico**

Apresenta-se a seguir o uso do fluxograma para localizar uma barragem "Sabo" ;

1. Condição: volume de sedimento planejado menor que 2,000m<sup>3</sup> origem de sedimento não concentrada e sem área de conservação no trecho do fluxo.

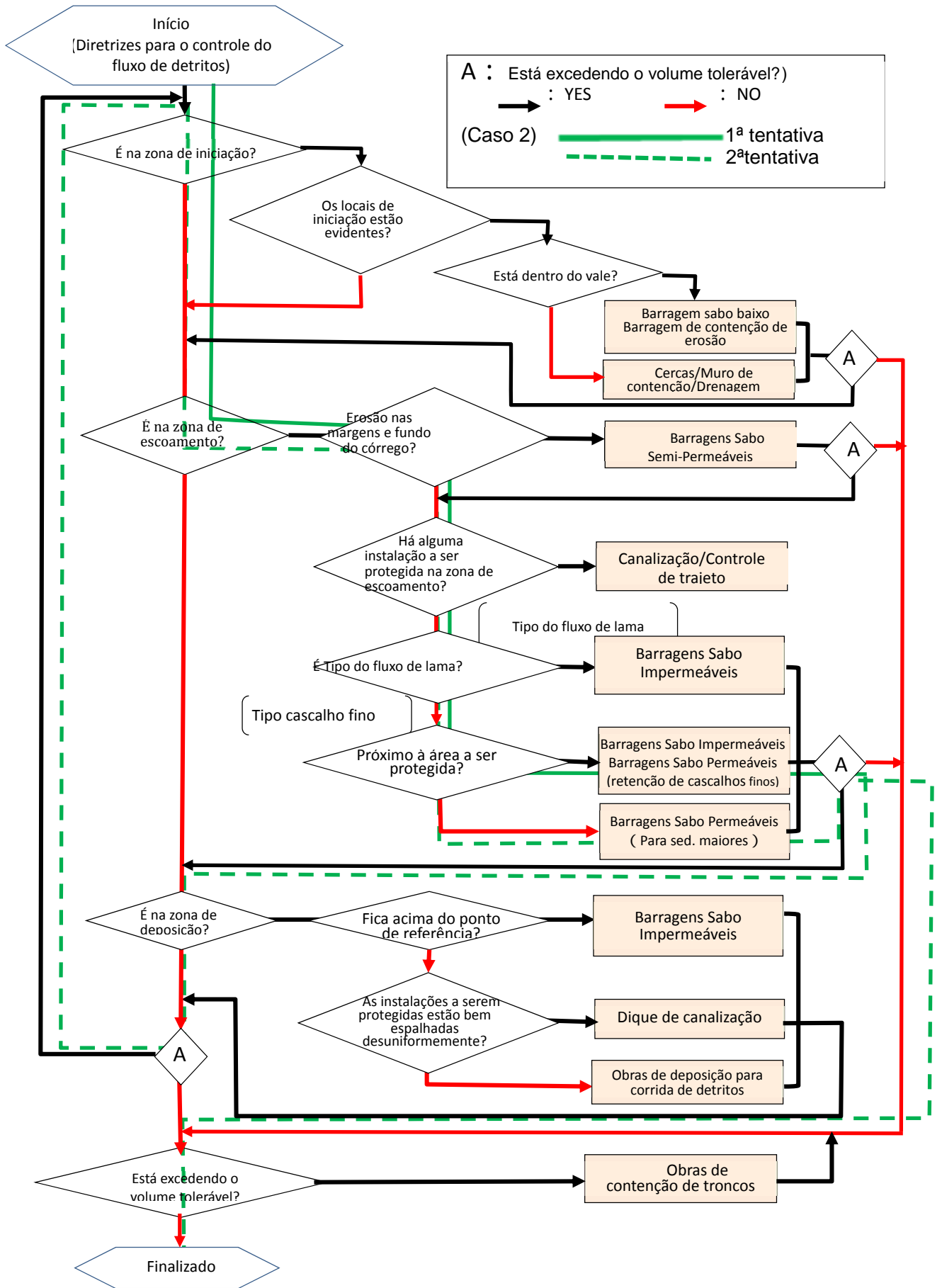
- ① Não é possível definir a origem dos sedimentos devido a não estarem concentrados. Portanto, instalar a obra de intervenção no trecho do fluxo ou de sedimentação;
- ② Sem erosão nas margens / fundo do vale e sem área de conservação na redondeza;
- ③ Instalar barragem de controle de sedimentos permeável ou impermeável que possa conter cascalhos no trecho do fluxo.

2. Condição: volume de sedimento planejado menor que 1,000m<sup>3</sup> e condições iguais aos citados acima:

- ① Planejar uma barragem "Sabo" de concreto impermeável no ponto mais a jusante em primeiro lugar;
- ② Em segundo, planejar uma barragem "Sabo" de aço permeável no trecho a jusante do fluxo / sedimentação dos detritos.









**MANUAL TÉCNICO PARA ELABORAÇÃO, TRANSMISSÃO E USO DE ALERTAS  
DE RISCO DE MOVIMENTOS DE MASSA**

**São José dos Campos**

**Agosto - 2017**

## Índice

	<b>p.</b>
<b>1. APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>18</b>
1.1 DESASTRES NO BRASIL .....	18
1.2 O MANUAL .....	20
1.3 SISTEMA DE ALERTA ANTECIPADO - SAA .....	22
1.4 ESCOPO DE USO E ABRANGÊNCIA.....	23
1.5 DEFINIÇÕES INICIAIS .....	24
<b>2 PROTOCOLO PARA ELABORAÇÃO, TRANSMISSÃO E USO DE ALERTAS.....</b>	<b>35</b>
2.1 INTRODUÇÃO .....	35
2.1.1 Contexto, objetivos e escopo .....	35
2.1.2 Definições básicas para a elaboração e transmissão de alertas e alarmes .....	36
2.1.3 Tipos de movimentos de massa e respectivos alertas e alarmes.....	38
2.2 MÉTODOS PARA PREVISÃO DE ACIDENTES E DESASTRES .....	40
2.2.1 Previsão de eventos pelo monitoramento da chuva - deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxos de detritos .....	40
2.2.1.1 Seleção do método de previsão .....	40
2.2.1.2 Cálculo do limiar .....	43
2.2.1.2.1 Definição dos blocos para cálculo dos limiares e para elaboração do alerta .....	43
2.2.1.2.2 Critérios para cálculo dos limiares .....	46
2.2.1.2.3 Dados necessários .....	48
2.2.1.2.3.1 Monitoramento pluviométrico .....	49
2.2.1.2.3.2 Dados de eventos - acidentes e desastres .....	49
2.2.2 Previsão de eventos pelo monitoramento do deslocamento do solo/rocha - rastejos e queda de blocos .....	51
2.2.2.1 Seleção do método de previsão - rastejo .....	51
2.2.2.2 Cálculo do limiar - rastejo.....	53
2.2.2.2.1 Definição dos blocos para cálculo dos limiares e para elaboração do alarme .....	53
2.2.2.2.2 Critérios para cálculo dos limiares .....	53
2.2.2.2.3 Dados necessários .....	55
2.2.2.2.3.1 Monitoramento pluviométrico .....	56
2.2.2.2.3.2 Monitoramento do deslocamento de solo/rocha na encosta .....	56
2.2.2.2.3.3 Dados de eventos - acidentes e desastres .....	56
2.3 ELABORAÇÃO DE ALERTAS E ALARMES .....	56
2.3.1 Alertas para eventos monitorados pela chuva - deslizamentos planar, deslizamento rotacional e fluxos de detritos.....	57
2.3.1.1 Níveis de alertas .....	57
2.3.1.2 Tempo de antecedência para transmissão do alerta (tempo total para evacuação) .....	59

2.3.1.3 Critérios para elevação e para rebaixamento do nível dos alertas e para correlação destes com os estágios operacionais das ações de prevenção .....	60
2.3.1.4 Conteúdo dos alertas .....	63
2.3.2 Alarmes para eventos monitorados pela chuva - deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos .....	65
2.3.3 Alertas para eventos monitorados pelo deslocamento do solo/rocha - rastejo e queda de blocos .....	65
2.3.4 Alarmes para eventos monitorados pelo deslocamento do solo/rocha - rastejo e queda de blocos .....	65
2.3.4.1 Níveis de alarmes .....	65
2.3.4.2 Tempo de antecedência para transmissão do alarme (tempo total para evacuação) .....	66
2.3.4.3 Critérios para elevação e para rebaixamento do nível dos alarmes e para correlação destes com os estágios operacionais das ações de prevenção .....	66
2.3.4.4 Formatos dos alarmes .....	66
2.4 TRANSMISSÃO DE ALERTAS E ALARMES .....	67
2.4.1 Alertas para eventos monitorados pela chuva - deslizamentos planar, deslizamento rotacional e fluxos de detritos.....	67
2.4.1.1 Rotas de transmissão (fluxos).....	67
2.4.1.2 Meios de transmissão (tecnologias) .....	68
2.4.1.3 Confirmação da recepção dos alertas .....	68
2.4.1.4 Manutenção das rotas de transmissão (fluxos).....	69
2.4.2 Alarmes para eventos monitorados pelo deslocamento do solo/rocha - rastejo e queda de blocos .....	69
2.4.2.1 Rotas de transmissão (fluxos).....	69
2.4.2.2 Meios de transmissão (tecnologias) .....	69
2.4.2.3 Confirmação das transmissões e recepções dos alertas.....	69
2.4.2.4 Manutenção das rotas de transmissão (fluxos).....	69
2.5 SISTEMAS INFORMATIZADOS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO .....	69
2.5.1 Interface de banco de dados de caracterização das áreas de risco .....	70
2.5.2 Interface para aquisição e consistência de dados de chuva e de dados de deslocamento do solo/rocha.....	72
2.5.3 Interface para previsão de chuva e de risco em tempo quase real.....	73
2.5.4 Monitoramento, elaboração e transmissão de alertas e alarmes.....	74
2.5.5 Interface para avaliação e melhoria da qualidade dos limiares .....	75
2.5.6 Interface de disponibilização de informações públicas.....	79
2.6 TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO .....	80
2.6.1 Uso dos Alertas.....	80
2.6.2 Banco de Dados de Eventos .....	80

2.6.3	Avaliação da rede observacional .....	81
2.6.4	Cálculo de Limiares.....	82
2.6.5	Avaliação e melhoria dos limiares .....	83
2.6.6	Percepção de Risco.....	83
2.7	MELHORIAS DO PROTOCOLO.....	83
2.7.1	Conteúdo e periodicidade das revisões .....	83
2.7.2	Revisão dos limiares .....	84
2.7.3	Revisão do tempo de antecedência para transmissão dos alertas .....	87
2.7.4	Revisão dos blocos para cálculo dos limiares .....	87
2.7.5	Aperfeiçoamento do método de previsão de evento .....	88
2.7.6	Articulação e Responsabilidades nos alertas de riscos.....	89
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS PARA CÁLCULO DE LIMIAR DE EVENTOS MONITORADOS PELA CHUVA.....</b>	<b>93</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	93
3.1.1	Objetivos do Manual de Limiares .....	96
3.1.2	Conteúdo .....	96
3.1.3	Abrangência.....	96
3.1.4	Definições básicas .....	97
3.2	MÉTODO DE CÁLCULO DE LIMIARES A SER ADOPTADO NO BRASIL.....	98
3.2.1	Breve Resumo dos Métodos de Cálculo .....	102
3.2.2.1	Método Cemaden.....	102
3.2.2.2	Método DRM-RJ .....	102
3.2.2.3	Método da Diretriz .....	105
3.2.2.4	Método Compartilhado .....	106
3.2.2.5	Método do Modelo Tanque .....	106
3.2.2.6	Método RBFN .....	107
3.2.2.7	Método da análise de correlação múltipla .....	107
3.2.2	O Método Selecionado.....	108
3.2.2.1	Justificativa da Seleção do Método Compartilhado .....	108
3.2.2.2	Os processos monitorados .....	111
3.2.2.3	Comprovação de aplicabilidade.....	111
3.3	PROCEDIMENTO DE CÁLCULO PELO MÉTODO COMPARTILHADO .....	114
3.3.1	Etapas de cálculo .....	114
3.3.2	Dimensionamento do bloco para cálculo dos limiares.....	115
3.3.3	Coleta e organização de dados das séries de chuvas com e sem evento.....	115
3.3.3.1	Séries de chuvas com evento .....	115
3.3.3.2	Séries de chuvas sem evento.....	117
3.3.4	Cálculo do Limiar (Linha Crítica - LC) .....	118
3.3.4.1	Cálculo da chuva efetiva .....	118

3.3.4.2 Traçado do limiar (linha crítica - LC) .....	120
3.3.4 Estabelecimento das linhas de apoio - LPM, LPA e LPMA .....	123
3.3.5 Elaboração e Uso da Curva cobra ( <i>Snake line</i> ) .....	125
<b>3.4 MELHORIA DA CONFIABILIDADE DOS LIMIARES .....</b>	<b>127</b>
3.4.1 Necessidade e momento da revisão .....	127
3.4.2 Dados necessários .....	128
3.4.2.1 Dados de eventos .....	128
3.4.2.2 Dados de chuvas sem evento .....	128
3.4.3 Procedimentos para revisão dos limiares e das linhas de apoio .....	128
3.4.4 Melhoria do método .....	130
<b>4 RECURSO DE MELHORIA DAS AÇÕES DE MONITORAMENTO, ELABORAÇÃO E TRANSMISSÃO DE</b>	
<b>ALERTAS .....</b>	<b>131</b>
4.1 AÇÕES DE PREVENÇÃO .....	131
4.1.1 Práticas que conduzem ao aumento do risco de movimentos de massa .....	133
4.1.1.1 Cortes e aterros para construção de moradias .....	133
4.1.1.2 Padrão construtivo inadequado às condições da encosta .....	133
4.1.1.3 Presença de água na encosta .....	134
4.1.1.4 Lançamento irregular de lixo na encosta .....	135
4.1.1.5 Desmatamento e plantio de vegetação incorreta na encosta .....	136
4.1.2 Reconhecimento de sinais de ameaças .....	137
4.1.2.1 Trincas em edificações .....	138
4.1.2.2 Degraus de abatimento no solo da encosta .....	140
4.1.2.3 Cicatrizes e depósitos de antigos eventos .....	141
4.2 COLETA DE DADOS DE EVENTOS .....	143
4.2.1 Importância da coleta de dados de eventos .....	143
4.2.1.2 Formato da coleta dos dados .....	146
4.2.1.3 Papel das contrapartes na coleta de dados .....	147
4.2.2 Formulários de registros .....	148
4.2.3 Boas Práticas de Gestão da Informação de Dados de Acidentes e de Desastres .....	149
4.2.3.1 Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Petrópolis .....	149
4.2.3.2 Secretária de Defesa Civil do Estado do Paraná .....	149
4.2.3.3 Serviço Geológico do Brasil - CPRM .....	150
4.3 USO DO MAPA INTERATIVO PELAS DEFESAS CIVIS .....	150
4.3.1 Acesso .....	150
4.3.2 Como utilizar .....	151
4.3.2.1 Camadas diversas .....	152
4.3.2.2 Radares meteorológicos .....	152
4.3.2.3 Satélite .....	153

4.3.2.4 Estações.....	154
4.3.2.4.1 Pluviômetros automáticos .....	154
4.3.2.4.2 Estações hidrológicas .....	156
4.3.2.5 Camadas Ativas .....	158
4.3.2.6 Legendas.....	158
4.3.2.7 Downloads de Dados.....	158
4.1.2.8 Ajuda .....	159
4.3.3 Uso Mapa Interativo pela Defesa Civil .....	159
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>164</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>167</b>
ANEXO 1: FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DE EVENTOS TIPO 1 - QUEDAS, TOMBAMENTOS E ROLAMENTOS DE BLOCOS OU DE LASCAS DE ROCHA) E DE EVENTOS TIPO 2 (DESLIZAMENTOS PLANARES OU DESLIZAMENTOS ROTACIONAIS) .....	168
ANEXO 2: FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DE EVENTOS TIPO 3 - FLUXO DE DETRITOS .....	170
ANEXO3: INDÍCIOS PRECURSORES DE EVENTOS. ....	172
ANEXO 4: MODELO DE ALERTA DETALHADO.....	173



## Índice de Ilustrações

	<b>p.</b>
Tabela 1: Índices de desempenho do limiar calculado para os municípios piloto.....	47
Tabela 2: Exemplos de limiares utilizado no Japão para alerta de rastejo, a partir do monitoramento de deslocamento do solo com o emprego de extensômetros horizontais em superfície. ....	54
Tabela 3: Limiares provisórios para monitoramento de rastejo no Brasil.....	55
Tabela 4: Tempo total para evacuação e precisão de previsão de evento (deslizamentos e fluxos de detritos).....	60
Tabela 5: Dados para o cálculo dos limiares para os municípios pilotos do Gides. ....	111
Tabela 6: Avaliação do índice de acertos, índice de erros e da frequência anual na zona insegura para o município de Petrópolis.....	114
Tabela 7: Separabilidade das séries de chuvas com e sem evento (Método Compartilhado).....	114
Tabela 8: Dados de entrada das chuvas com evento.....	121
Tabela 9: Exemplo de chuva efetiva calculada para as séries de chuvas sem eventos. ....	121
Tabela 10: Exemplo de cálculo da chuva efetiva. ....	122
Tabela 11: Exemplo de entrada de dados da série de chuvas atual. ....	126
Tabela 12: Relação de radares meteorológicos do Cemaden.....	152
	<b>p.</b>
Figura 1: Representação esquemática do ciclo de gerenciamento de desastres naturais.....	22
Figura 2: Representação esquemática da equação de risco.....	30
Figura 3: Ilustração de cálculo do risco para um evento hipotético (deslizamento planar, deslizamento rotacional, fluxo de detrito, rastejo etc.). ....	31
Figura 4: Representação esquemática do processo produtivo dos alertas Cemaden.....	32
Figura 5: Representação esquemática das relações entre monitoramento, previsão, alerta e alarme. ....	33
Figura 6: Representação esquemática das relações entre as classificações de acidentes e a forma de registros de informações em banco de dados. ....	34

Figura 7: Representação esquemática das séries de chuvas, linhas de referência e curva cobra. ....	39
Figura 8: Ilustração de limiar unidimensional. ....	42
Figura 9: Ilustração de limiar bidimensional. ....	42
Figura 10: Ilustração de limiar tridimensional - representação em bloco. ....	42
Figura 11: Ilustração de limiar tridimensional - representação em planta. ....	42
Figura 12: Etapas para desenvolvimento do método de previsão de movimentos de massas. ....	43
Figura 13: Exemplo de definição de blocos para cálculo de limiar, segundo critérios de meio físico e de correlação pluviométrica. ....	46
Figura 14: Exemplo de gráfico para cálculo do limiar de movimento de massa (Alto da Independência, Petrópolis - RJ, dados no período 2008 - 2011). ....	47
Figura 15: Ilustração esquemática do uso de extensômetro de solo para monitoramento de rastejo. ....	52
Figura 16: Modelo de alerta detalhado. ....	65
Figura 17: Fluxograma das opções de rota de transmissão dos alertas e alarmes. ....	67
Figura 18: Sistemas informatizados para monitoramento, previsão, alertas e alarmes. ....	71
Figura 19: Modelo conceitual para avaliação da precisão do limiar (linha crítica). ....	77
Figura 20: Exemplo de linha do tempo para avaliação da antecedência dos alertas (Blumenau, período de 04 a 06/01/2017). ....	79
Figura 21: Ilustração da definição da área de cobertura de pluviômetro automático - Método Thiessen. ....	81
Figura 22: Gráfico de Intensidade e Distribuição do Coeficiente de Correlação entre PCDs. ....	82
Figura 23: Estratégias para melhoria das atividades de monitoramento, previsão, alerta e alarme de desastres naturais. ....	91
Figura 24: Representação esquemática dos conceitos de série de chuvas e de chuva antecedente. ....	98
Figura 25: Representação esquemática da variação da água no solo para meia vida de 2 horas. ....	98
Figura 26: Representação esquemática da análise do Fator de Segurança de uma encosta. ....	100
Figura 27: Representação esquemática do Modelo Tanque. ....	101

Figura 28: Representação esquemática do Método Compartilhado.....	102
Figura 29: Estabelecimento do limiar pelo Método DRM-RJ.....	105
Figura 30: Gráfico de estabelecimento do limiar pelo Método da Diretriz.....	105
Figura 31: Estabelecimento do limiar pelo Método da Análise RBFN.....	107
Figura 32: Relação entre o modelo tanque e a chuva efetiva.....	109
Figura 33: Limiar para o município de Blumenau (Bloco Norte) - Método Compartilhado.....	112
Figura 34: Limiar para o município de Nova Friburgo (Bloco Noroeste) - Método Compartilhado.....	112
Figura 35: Limiar para o município de Petrópolis - Método Compartilhado.....	113
Figura 36: Índice de acerto, índice de erros e frequência anual de séries de chuvas na zona insegura.....	113
Figura 37: Procedimento para cálculo do limiar e das linhas de apoio pelo Método Compartilhado.....	116
Figura 38: Exemplo de gráfico da chuva efetiva - dados da Tabela 10.....	122
Figura 39: Ilustração de cálculo da chuva efetiva utilizando o aplicativo Excel - dados da Tabela 10.....	123
Figura 40: Critérios para o traçado do limiar (Linha Crítica - LC).....	124
Figura 41: Estabelecimento de LPA - Linha de Probabilidade Alta de Evento.....	125
Figura 42: Exemplo de curva cobra - dados da Tabela 10.....	126
Figura 43: Exemplo de curva cobra - dados da Tabela 11.....	127
Figura 44: Exemplo de gráfico da chuva efetiva - dados da Tabela 11.....	127
Figura 45: Revisão da linha crítica utilizando-se a curva cobra das séries de chuvas com eventos.....	129
Figura 46: Revisão da linha crítica utilizando-se a curva cobra de séries de chuvas sem eventos e dados de múltiplos pluviômetros automáticos.....	129
Figura 47: Medidas estruturais e não estruturais de prevenção de acidentes e desastres naturais (Fonte: modificado de Cerri, 1993).....	131
Figura 48: Vista de corte em encosta de área de risco (Foto: Oliveira, 2005).....	133
Figura 49: Vista de aterro lançado em encosta de área de risco (Foto: Oliveira, 2005).....	133
Figura 50: Padrão construtivo em encostas com alta declividade (Fonte: Santos, 2012).....	133

Figura 51: Vista de edificações multipavimentos em área de risco (Foto: Andrade, 2015). .....	134
Figura 52: Desempenho de elementos estruturais e de vedação verticais externos com função estrutural, sob impacto de corpo mole (Foto: Matozinhos, 2014). <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 53: Vazamento em rede de água em talude de corte (Foto: Mendes, 2013). .....	135
Figura 54: Vazamento de fossa em talude. ....	135
Figura 55: Depósito de resíduos em encosta íngreme (Foto: Mendes, 2014). .....	136
Figura 56: Deslizamentos planares associados a áreas desmatadas (Foto: Mendes, 2014). .....	137
Figura 57: Indícios precursores e deslizamento planar associado ao plantio de bananeiras nas encostas (Foto: Mendes, 2014). .....	137
Figura 58: Alguns tipos de trincas e suas causas mais comuns (Fonte: Watanabe, 2004). .....	139
Figura 59: Trincas devidas ao recalque diferenciado, causado por: (i) consolidação diferencial de aterro; (ii) movimentação do aterro; (iii) rebaixamento do lençol freático, em face de obra no terreno à esquerda do edifício (Fonte: Thomas, 1989). .....	139
Figura 60: Vista de trinca inclinada em moradia (Foto: Acervo IG, 2008). .....	140
Figura 61: Vista de degraus de abatimento no solo da encosta (Foto: Acervo IG, 2008). .....	140
Figura 62: Vista de cicatriz de deslizamento planar em área de risco (Foto: Oliveira, 2005). .....	141
Figura 63: Ciclo do entendimento (Fonte: modificado de Weichselgartner e Pigeon, 2015). .....	144
Figura 64: Representação esquemática de: (a) Eventos Tipo 1 (Quedas, Tombamentos e Rolamentos de Blocos ou de Lascas de Rocha) e de (b) Eventos Tipo 2 (Deslizamentos planares ou Deslizamentos rotacionais). <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 65: Variáveis para descrição de Eventos Tipo 1 (Quedas, Tombamentos e Rolamentos de Blocos ou de Lascas de Rocha) e de Eventos Tipo 2 (Deslizamentos planares ou Deslizamentos rotacionais). <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 66: Representação esquemática de Eventos Tipo 3 (Fluxo de detritos). <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 67: Variáveis para descrição de Eventos Tipo 3 (Fluxo de detritos). <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 68: Telas do Sistema de Gestão da Defesa Civil de Petrópolis, RJ. ....	149
Figura 69: Telas do Sistema Informatizado de Defesa Civil do Paraná - SISDC. ....	150
Figura 70: Telas do Sistema de cadastro de Deslizamentos e Inundações, da CPRM - SCDI. ....	150
Figura 71: Opções de acesso do Mapa Interativo. ....	151
Figura 72: Aba do Mapa Interativo. ....	151

Figura 73: Detalhes do menu de camadas do Mapa Interativo.....	152
Figura 74: Legenda da camada pluviômetro automático. ....	154
Figura 75: Ferramentas de zoom. ....	154
Figura 76: Chuva acumulada de pluviômetros do município de Petrópolis, RJ.....	156
Figura 77: (a) Chuva acumulada nas últimas 24 horas, e (b) nível do rio nas últimas 24 h, na estação hidrológica de Rio Negrinho, SC. ....	157
Figura 78: Foto da câmara da estação hidrológica de Rio Negrinho, SC. ....	157
Figura 79: Camadas da aba Legenda.....	158
Figura 80: Tela de opções de radares disponíveis para downloads de dados. ....	159
Figura 81: Tela de informações para downloads de dados de pluviômetro.....	159
	<b>p.</b>
Quadro 1: Tipos de alertas e alarmes de movimentos de massa. ....	39
Quadro 2: Áreas sujeitas aos alertas e alarmes de eventos monitorados pela chuva. ....	44
Quadro 3: Critérios para a definição da Zona Amarela, por tipo de processos. ....	44
Quadro 4: Correlação entre setores de risco e as zonas alvos de alertas. ....	45
Quadro 5: Critérios unificados para correlação de procedimentos de alerta, alarme e evacuação contra movimentos de massa. ....	58
Quadro 6: Critérios para tomada de decisão sobre o nível dos alertas e dos alarmes e sobre a evacuação.....	61
Quadro 7: Critérios para tomada de decisão sobre o estágio operacional das ações de prevenção.....	62
Quadro 8: Diretrizes para conteúdo do alerta.....	64
Quadro 9: Diretrizes sobre aspectos abordados e periodicidade na revisão do Manual. ....	86
Quadro 10: Matriz de responsabilidade no sistema de alerta antecipado.....	90
Quadro 11: Detalhamento de atividades para melhoria do monitoramento, previsão, alertas e alarmes.....	92
Quadro 12: Classificação dos movimentos de massa, conforme método japonês e sua correspondência no Brasil.....	94
Quadro 13: Descrição dos métodos para cálculo dos limiares de movimentos de massa.....	104
Quadro 14: Dados para descrição das chuvas com evento. ....	117

Quadro 15: Dados para descrição das séries de chuvas sem evento. ....	118
Quadro 16: Critérios de antecedência requerida para a emissão de Alertas. ....	124
Quadro 17: Matriz de responsabilidade na gestão da informação em SAAs.....	147
Quadro 18: Dados para montagem de busca de dados via Webservice. ....	160
Quadro 19: Tipo de Webservice.....	160
Quadro 20: Redes parceiras.....	160
Quadro 21: Tipos de estação a ser investigada. ....	160
Quadro 22: Sensores da Rede INMET. ....	160
Quadro 23: Sensores da Rede INEA. ....	160
Quadro 24: Sensores da Rede Funceme. ....	160
Quadro 25: Sensores da Rede Simepar.....	160
Quadro 26: Sensores da Rede Cemaden.....	160
Quadro 27: Modelos de previsão meteorológica. ....	161
Quadro 28: Imagens de satélite meteorológico GOES e Meteosat. ....	161
Quadro 29: Dados de radar meteorológicos.....	161
Quadro 30: Dados de descargas elétricas.....	162
Quadro 31: Fontes de dados de chuvas.....	162

## Índice de Siglas

ABC .....	Agência Brasileira de Cooperação.
ABNT .....	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
AEP .....	Acidente de Escala Pontual.
AME .....	Acidente de Micro Escala.
ANA .....	Agencia Nacional das Águas.
BRT .....	Zona de tempo usada pelo Brasil (do inglês <i>Brazilian Time</i> ).
Cc .....	Série de chuvas com eventos.
CC .....	Curva cobra.
Cczi .....	Série de chuvas com eventos na zona insegura.
Cczs .....	Série de chuvas com eventos na zona segura.
Cemaden .....	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais.
Cenad .....	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres.
Ciram .....	Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina.
COSMO .....	Consórcio para Modelagem em Pequena Escala (do inglês <i>Consortium for Small-Scale Modeling</i> ).
CPRM .....	Serviço Geológico do Brasil.
CPTEC .....	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.
Cs .....	Série de chuvas sem eventos.
Cszi .....	Série de chuvas sem eventos na zona insegura.
Cszs .....	Série de chuvas sem eventos na zona segura.
DCE .....	Defesa Civil Estadual.
DCM .....	Defesa Civil Municipal.
DGE .....	Desastre de Grande Escala
DPE .....	Desastre de Pequena Escala.
DRM - RJ .....	Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro.
EaD .....	Ensino a Distância.

- EBC ..... Empresa Brasil de Comunicação.
- E-mail* ..... Mensagem eletrônica (do inglês *eletronic mail*).
- Enap ..... Escola Nacional de Administração Pública.
- Epagri ..... Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.
- ESA ..... Agência Espacial Europeia, do inglês *European Space Agency*.
- ETR ..... Estação Total Robotizada.
- FIDE ..... Formulário de Informação do Desastre.
- FNR ..... Índice de falso negativo ou índice de erros da previsão de eventos (do inglês *False Negative Rate*).
- FPR ..... Taxa de Falso Positivo ou Índice de Alarme Falso (do inglês *False Positive Rate*).
- FS ..... Fator de segurança (de estabilidade da encosta).
- FZI ..... Frequência anual de séries de chuvas na zona insegura (proporcionada pelo limiar).
- FZI ..... Frequência Anual de Séries de Chuvas na Zona Insegura.
- GAR ..... Relatório de Avaliação Global sobre Redução do Risco de Desastres (do inglês *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*).
- GFS ..... Sistema de Previsão Global (do inglês *Global Forecast System*).
- GIDES ..... Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais.
- GMT ..... Tempo Médio de Greenwich (do inglês, *Greenwich Mean Time*).
- GOES ..... Satélite Ambiental de Operação Geoestacionária, do inglês *Geostationary Operational Environmental Satellite*).
- GPS ..... Sistema de posicionamento global (do inglês *global positioning system*).
- GRAC ..... Grupo de Ações Coordenadas de Resposta a Desastres.
- http ..... Protocolo de Transferência de Hipertexto, do inglês *Hypertext Transfer Protocol*.
- IA ..... Índice de acertos da previsão de evento (do limiar).
- IA ..... Índice de acertos da previsão de eventos (proporcionada pelo limiar).
- IAF ..... Índice de alarmes falsos (ou de alertas vazios) (proporcionada pelo limiar).



IAF ..... Índice de alertas falsos (do limiar).

IE ..... Índice de erros da previsão de eventos (proporcionada pelo limiar).

IG ..... Instituto Geológico (Estado de São Paulo).

Inea ..... Instituto Estadual do Ambiente (Estado do Rio de Janeiro).

Inmet ..... Instituto Nacional de Meteorologia.

km ..... Quilômetro.

LC ..... Linha Crítica de Eventos ou Linha de Probabilidade Máxima de Eventos.

LPA ..... Linha de Probabilidade Alta de Eventos.

LPM ..... Linha de Probabilidade Moderada de Eventos.

LPMA ..... Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos.

MCid ..... Ministério das Cidades.

MCTIC ..... Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.

MI ..... Ministério da Integração Nacional.

MLIT ..... Ministério da Terra, Infraestrutura, Transporte e Turismo (Japão).

MME ..... Ministério das Minas e Energia.

Mosaic ..... Metodologia de gerenciamento da estabilidade de encosta nas comunidades  
(da sigla em inglês de *management of slope stability in communities*).

MSC ..... Sistemas convectivos de mesoescala.

MSG ..... Satélite Meteorológico de Segunda Geração do inglês, *Meteosat Second Generation*.

N ..... Período de medição das séries de chuvas com e sem eventos.

NASA ..... Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (da sigla em inglês de  
*National Aeronautics and Space Administration*).

NBR ..... Norma Brasileira Registrada.

NCEP ..... Centro Nacional de Previsão Ambiental (do inglês *National Centers for  
Environmental Prediction*).

NOAA ..... Administração Oceânica e Atmosférica Nacional dos Estados Unidos, do  
inglês *National Oceanic and Atmospheric Administration*.

Nupdecs ..... Núcleo Comunitário de Proteção e Defesa Civil.

ONU ..... Organização das Nações Unidas.

PCD .....	Plataforma de coletas de dados.
PLAMCON .....	Plano Municipal de Contingência - PLAMCON.
PMF .....	Perguntas mais Frequentes.
PPA .....	Plano Plurianual.
R1 .....	Setor de risco muito baixo de acidentes ou desastres.
R2 .....	Setor de risco muito médio de acidentes ou desastres.
R2R .....	Setor de risco muito médio de acidentes ou desastres em decorrência da execução de obras de estabilização e/ou de contenção.
R3 .....	Setor de risco muito alto de acidentes ou desastres.
R4 .....	Setor de risco muito alto de acidentes ou desastres.
RBFN .....	Funções de rede neural de base radial (do inglês <i>radial basis function network</i> ).
REDEMET .....	Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica.
RJ .....	Rio de Janeiro (Estado).
S2ID .....	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (Cenad).
SAA .....	Sistema de Alerta Antecipado.
SALVAR .....	Sistema de Alerta e Visualização de Áreas de Risco (Cemaden).
SC .....	Santa Catarina.
SCDI .....	Sistema de Cadastro de Deslizamentos e Inundações (CPRM).
SEP .....	Separabilidade (proporcionada pelo limiar).
SGRP .....	Sistema de Gerenciamento de Rede de Plataformas de Coleta de Dados (Cemaden).
SIADEN .....	Sistema Integrado de Alerta de Desastres Naturais (Cemaden).
Simepar .....	Sistema Meteorológico do Paraná.
SINPDEC .....	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil.
SISDC .....	Sistema de Defesa Civil (Paraná).
SISPAD .....	Sistema Automático para Suporte à Pesquisa e Apoio à Decisão (Cemaden).
SMS .....	Serviço de mensagens curtas (do inglês <i>short message service</i> ).
TNR .....	Taxa de negativo verdadeiro ou separabilidade (do inglês <i>True Negative Rate</i> ).

- TOOCAN ..... Segmentação tridimensional das imagens infravermelho dos satélites geoestacionários para a previsão de chuva de curtíssimo prazo (*nowcasting*), do inglês *tracking of organized convection algorithm using a tridimensional segmentation*.
- TPR ..... Taxa de positivo verdadeiro ou índice de acertos da previsão de eventos (do inglês *True Positive Rate*).
- UNISDR-AM ..... Escritório para Redução do Risco de Desastres - Regional das Américas, da ONU.
- WS ..... Serviços Web, do inglês *WebService* (uma solução utilizada para integração de sistemas informatizados e na comunicação entre aplicativos diferentes).
- Zi ..... Chuvas na zona insegura.
- Zs ..... Chuvas na zona segura.

## MANUAL TÉCNICO DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE MOVIMENTOS DE MASSA

### 1. APRESENTAÇÃO

#### 1.1 DESASTRES NO BRASIL

Desastres naturais são uma preocupação global em face das grandes perdas humanas e materiais que causam. O Brasil é um país de dimensões continentais e tem alta suscetibilidade a diversos tipos de desastres naturais, destacando-se a seca, os movimentos de massa (deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e fluxo de detritos), as inundações e as enxurradas, os quais são diretamente relacionados à variabilidade climática e seus extremos.

Eventos climáticos extremos causam desastres em todos os continentes, mas em países desenvolvidos, o número de vítimas geralmente é menor quando se comparam casos similares em países em desenvolvimento. Este fato está relacionado à falta de um Sistema de Alerta Antecipado (SAA) adequado que forneça informações sobre os desastres naturais com antecedência suficiente para que as evacuações possam ser efetuadas, bem como pela carência de sistemas de defesas civis focados na prevenção e de populações conscientes de sua responsabilidade principal e cotidiana em se proteger dos desastres naturais.

Segundo o Escritório para Redução do Risco de Desastres - Regional das Américas da Organização das Nações Unidas (UNISDR-AM, 2013), mais da metade das mortes e 90% das perdas materiais por desastres registrados nas Américas são resultantes de eventos de pequena escala e recorrentes, portanto, nem sempre contabilizados.

O Brasil vem passando por um intenso processo de urbanização desde o início dos anos 1970, sendo as cidades litorâneas as que sofreram as maiores transformações. Nessas regiões, sobretudo no Sul e no Sudeste, as cidades que possuem topografia montanhosa tem recebido maior atenção dos governos em face do aumento dos desastres naturais. Em janeiro de 2011, ocorreu o maior desastre natural do Brasil, com deslizamentos planares generalizados e fluxo de detritos na Região Serrana do Rio de Janeiro, que causaram mais de 900 mortes, 400 desaparecidos e milhares de desalojados e desabrigados, além de enormes perdas econômicas devido à destruição de moradias e outras estruturas.

Os eventos de 2011 foram determinantes para uma nova postura do Governo Federal em relação às políticas de prevenção e mitigação de desastres naturais. As principais ações foram destinadas à melhoria da capacidade de monitoramento e à elaboração de alertas, bem como para a modernização do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), sendo estas ações incluídas nos Planos Plurianuais (PPA) de 2012-2015 e 2016-2019, em seu "Programa 2040 - Gestão de Riscos e Respostas a Desastres". O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - Cemaden, criado em 2011, atualmente monitora 958 municípios que possuem suas áreas de riscos alto e muito alto mapeadas, em

regime de 24 horas e 7 dias/semana. Os processos monitorados se referem a movimentos de massa, inundações graduais e enxurradas.

Em outra iniciativa, o Governo Brasileiro buscou cooperação técnica junto ao Governo Japonês, por meio do “Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais”, denominado Gides, cujo início ocorreu em julho de 2013, com duração prevista para quatro anos (posteriormente prorrogado por mais quatro meses).

O Projeto teve como principal objetivo o suporte técnico para a formulação de políticas públicas para a melhoria da gestão de riscos de movimentos de massa, por meio das seguintes atividades:

- a) Desenvolvimento de procedimentos para mapeamento e para a avaliação de risco em áreas suscetíveis a desastres naturais;
- b) Desenvolvimento de ferramentas para auxiliar o planejamento da expansão urbana em áreas suscetíveis a desastres naturais;
- c) Desenvolvimento de métodos para cálculo de limiares e para a elaboração e transmissão de alertas;
- d) Melhoria dos sistemas informatizados para monitoramento, previsão, alerta e alarme;
- e) Elaboração de critérios unificados, entre União, Estados e Municípios, para as atividades de prevenção e resposta a acidentes e desastres de movimentos de massa.

O desenvolvimento das atividades do Projeto Gides ficou a cargo do Ministério das Cidades (MCid - Coordenador Técnico), do Ministério da Integração Nacional (MI), do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e do Ministério das Minas e Energia (MME). Coube à Agência Brasileira de Cooperação (ABC) a responsabilidade pela coordenação geral.

Os esforços concentraram-se em garantir que as tecnologias e conhecimentos adquiridos por meio da cooperação técnica com o Japão contribuam para o desenvolvimento do setor no Brasil, bem como que a experiência dos técnicos brasileiros fosse eficientemente empregada na execução do Projeto.

Uma das mais importantes demandas relacionadas à gestão do risco de desastres naturais refere-se ao fortalecimento e à melhoria da interlocução e da ação coordenada entre os entes federativos e instituições do SAA. Neste sentido, buscou-se incrementar a capacidade de articulação entre as diversas instituições brasileiras relacionadas ao tema, em todos os níveis de governo. A abordagem ancorou-se em ampla fundamentação teórica e uma sólida

experiência prática, neste caso, apoiada na inestimável experiência japonesa em gestão de riscos.

Neste sentido, previu-se uma etapa de aplicação prática dos protocolos, métodos, sistemas informatizados e procedimentos operacionais desenvolvidos, para a sua avaliação e identificação de oportunidades de melhoria. Foram escolhidos três municípios para uma fase piloto, cada qual responsável pela execução em seu território, sob coordenação dos ministérios e estados brasileiros e dos técnicos japoneses. Com base no histórico de acidentes e desastres de movimentos de massa, em especial nos desastres de grande escala ocorridos entre 2008 e 2011, os municípios de Blumenau (SC), Nova Friburgo e Petrópolis (RJ) foram escolhidos.

Conforme o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2011), entre 1991 e 2010, cerca de 50% dos desastres corresponderam a inundações bruscas (enxurradas) e graduais (inundações), e 11% a movimentos de massa. As chuvas rápidas e intensas e/ou as prolongadas estão associadas a estes eventos. Uma análise das séries históricas de chuva mostrou que a frequência de chuvas extremas está aumentando (Silva Dias, 2012).

Nos casos de inundação gradual, onde é possível a observação das condições da chuva e a visualização da mudança do nível de água dos rios, geralmente é possível executar a evacuação preventiva com menor incerteza e maior antecedência. Nos casos de movimentos de massa, apesar de serem causados pela mesma chuva, é mais difícil de detectar o evento de maneira precisa e antecipada. E mesmo na hipótese de detecção, uma vez que o evento já tenha se iniciado, os materiais mobilizados (solo, rocha, detritos, vegetação etc.) atingirão as casas em questão de segundos ou minutos, tornando, na maior parte dos casos, difícil a evacuação dos moradores em curto período de tempo.

Por outro lado, o nível de implantação de obras e de recursos destinados à prevenção e ao controle destes desastres ainda é baixo, diante da alta frequência e do porte dos eventos. É essencial a adoção de medidas não estruturais, como alertas e evacuação da população de áreas em risco.

Depois de servir de documento de suporte à etapa prática nos três municípios piloto do Projeto, o Manual Técnico de Elaboração e Transmissão e Uso de Alertas de Risco de Movimentos de Massa terá seu uso gradativamente estendido aos demais municípios monitorados no País, bem como poderá ser ampliado no sentido de abranger outros desastres naturais relevantes. A ideia é que este seja o embrião do manual do município monitorado.

## **1.2 O MANUAL**

Em sua versão atual, no Manual são apenas abordados os movimentos de massa. A sua estrutura busca refletir um arranjo mais eficaz para o sistema de monitoramento, previsão, alertas e alarme para o País, de forma a atender quatro requisitos fundamentais:

- a) Ampliar a compreensão dos processos do meio físico e de como estes podem ser monitorados, ora com o emprego de limiares baseados em índices de chuva, ora em índices de deslocamento do solo/rocha;
- b) Ampliar e padronizar a compreensão dos princípios e características básicas de um SAA, com o uso de ferramentas compartilhadas e/ou complementares nos níveis federal, estadual e municipal;
- c) Facilitar a compreensão das principais etapas, processos, funções, métodos, sistemas informatizados, protocolos e capacitações necessárias a um SAA;
- d) Produzir a melhoria da realidade operacional no País, em termos de organização, eficácia operacional e fluxos no SAA.

O Manual foi concebido para ser um produto prático, de uso cotidiano, sobretudo pelos coordenadores das Defesas Civas Estaduais, Defesas Civas Municipais e respectivos assessores diretos. Sua construção, melhoria e validação conjunta será uma ferramenta de apoio técnico e normativo ao SAA, em todos os seus níveis, de modo a facilitar o trabalho das pessoas e das organizações que direta ou indiretamente participam da prevenção e da resposta a uma emergência ou a uma situação crítica de risco de movimentos de massa.

São abordados o desenho geral do SAA e suas operacionalidades, porém, o foco serão as etapas de monitoramento e previsão, culminando na transmissão e no uso dos alertas pelos estados e municípios monitorados. Foi ainda agregado um capítulo com orientações acerca das capacitações necessárias ao longo do SAA como um todo, em especial às DCMs. Os tópicos referentes às ações de prevenção, evacuação da população pela DCM e ao Plano de Contingência são tratados no Manual de Orientações para Elaboração do Plano Municipal de Contingência - PLAMCON, produzido pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (Cenad), não sendo abordados neste documento.

O Capítulo 1 deste Manual contém breves aspectos introdutórios e de contextualização do SAA, seus objetivos e ações necessárias ao seu fortalecimento. No Capítulo 2, é descrito o passo a passo do monitoramento, previsão, elaboração, transmissão e uso dos alertas e alarmes. O Capítulo 3 descreve os métodos para cálculo e para a avaliação e melhoria da qualidade dos limiares utilizados. O Capítulo 4 discorre sobre aspectos gerais da capacitação necessária ao monitoramento, previsão, alertas e alarmes, tanto pelo Cemaden como pelas DCEs e DCMs. Ali também serão abordados aspectos para melhoria dos alertas, sobretudo em questões relativas à sua antecipação, clareza e adequação ao uso operacional pelas DCEs e DCMs. O Capítulo 5 contém um glossário e o Capítulo 6, as referências bibliográficas utilizadas.

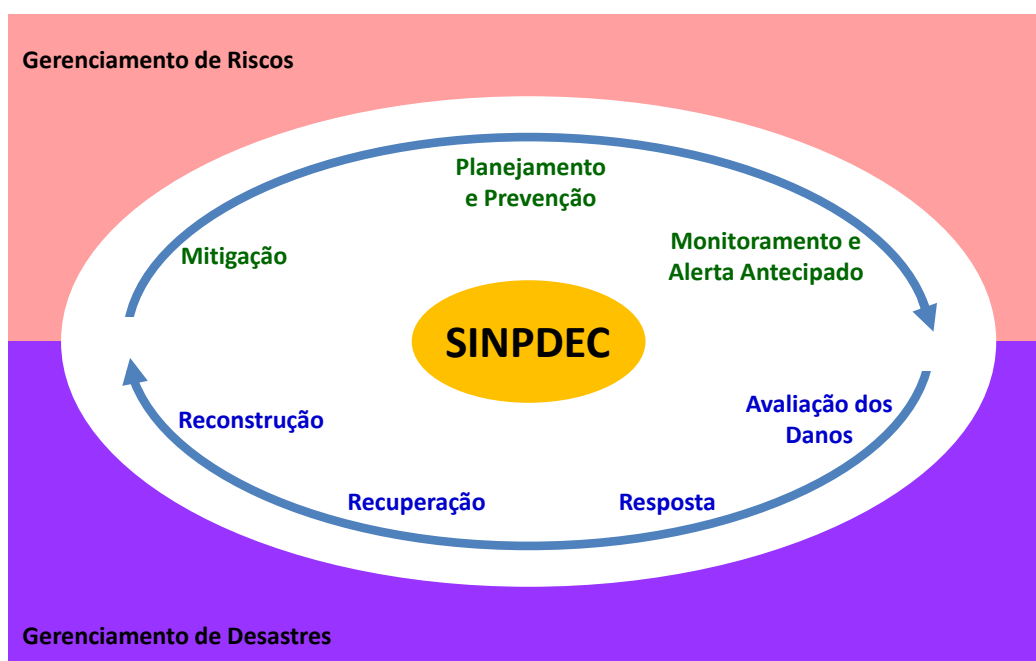
Assim, o Manual não somente propõe aperfeiçoamentos para as ações atualmente executadas em relação ao monitoramento, previsão, alerta e alarme, mas também elenca as propostas de melhoria contínua do SAA, em médio e longo prazo.

Sua correta utilização permitirá que profissionais de diferentes organizações se integrem em uma dinâmica articulada, com foco em resultado sistêmico e não somente institucional, facilitando a comunicação e os fluxos de informações, com reflexos positivos em termos de melhoria do planejamento, da execução das atividades e da decisão final sobre os alertas, alarmes e sobre a evacuação, evitando-se a duplicidade de esforços ou ineficiências e promovendo economicidade para os órgãos públicos e a segurança para a população das áreas em risco e para os profissionais que ali atuam.

Outro ponto importante é o aumento da segurança jurídica das instituições e dos pesquisadores, operadores, gestores, agentes etc. que atuam ao longo de todo o SAA.

### 1.3 SISTEMA DE ALERTA ANTECIPADO - SAA

O sistema de monitoramento, previsão, elaboração e de transmissão de alertas e alarmes forma o principal eixo das ações não estruturais para prevenção e redução do risco de movimentos de massa (**Figura 1**), o qual visa potencializar as ações antecipadas de mitigação, preparo e de resposta por parte dos tomadores de decisão municipais e da população das áreas em risco.



**Figura 1:** Representação esquemática do ciclo de gerenciamento de desastres naturais.

Para tal, é necessário que os parâmetros monitorados possibilitem a preparação e a efetivação da resposta à emergência, ou seja, é necessário que as atividades de monitoramento, previsão e alerta (federal ou estadual) e as atividades de evacuação (municipal ou estadual) sejam integradas e eficazes.

As ações de evacuação visam à proteção das populações mais vulneráveis ao evento previsto. Uma evacuação eficaz requer cooperação interinstitucional e deve ser executada de



acordo com a legislação e com procedimentos próprios, específicos ao risco em foco. Para tal, técnicos da DCM e as populações mais vulneráveis devem possuir conhecimentos e informações que permitam uma melhor compreensão da situação de risco, para si, seus entes e seu patrimônio, e de como proceder nestas ocasiões, tendo-se em mente que este componente do processo (a conscientização) é uma atividade contínua e de resultados em longo prazo.

Outro aspecto é que o desastre natural não afeta apenas ao morador da área de risco, mas consome recursos bem como afeta negativamente suas atividades econômicas, sejam elas focada em turismo ou não.

A capacitação deve ter por objetivo facilitar o processo de construção da percepção do risco, no dia a dia dos envolvidos, de como proteger-se dos riscos e de como contribuir com o SAA, de modo a tornar os gestores municipais, as comunidades em risco e a população em geral melhor preparada para a prevenção e mais resilientes em relação aos riscos de movimentos de massa.

#### **1.4 ESCOPO DE USO E ABRANGÊNCIA**

O uso deste Manual deve ser realizado de modo compartilhado, visando ao ordenamento das ações em todos os níveis de envolvimento com o SAA, sobretudo em favor das DCMs, que muitas vezes carecem de documentos técnicos voltados para suas realidades e necessidades.

O objetivo primário do Manual é o de contribuir com o SINPDEC em sua tarefa permanente de preservação de vidas e de bens, e visa:

- a) O aumento da compreensão sobre as competências, papéis, responsabilidades e prioridades sistêmicas do monitoramento, previsão, alerta e alarme para desastres naturais relevantes;
- b) O fortalecimento das relações interinstitucionais e da promoção do arranjo sinérgico dos órgãos do SAA, ao longo de toda a cadeia e fluxos de informações;
- c) A adequada compreensão da natureza dos diferentes processos de movimentos de massa e das implicações decorrentes para fins de monitoramento, previsão, alerta e alarme;
- d) A produção de alertas e alarmes com padrão técnico, em formato e linguagem acessíveis, disseminados em tempo hábil e em meios que facilitem a tomada de decisão pelos principais envolvidos - DCEs, DCMs e população das áreas em risco.

As novas estratégias aqui propostas deverão gradativamente ser postas em prática em nível nacional, sendo avaliados os seus pontos fortes e fracos, bem como identificadas as oportunidades de melhoria, de forma periódica.

## 1.5 DEFINIÇÕES INICIAIS

Neste item, os termos são apresentados por grupo, conforme sua afinidade temática. As **Figuras 2 a 5** contêm representações esquemáticas de conceitos discutidos a seguir.

Na **Figura 2 e 3** são representadas as relações entre perigo, vulnerabilidade, capacidade, mitigação, prevenção não estrutural, exposição, risco, população direta ou indiretamente afetada por impactos.

Por meio da representação dos procedimentos operacionais da Sala de Situação do Cemaden, a **Figura 4** ilustra as diferentes etapas que envolvem o monitoramento, a previsão, a elaboração, a transmissão de alertas, bem como os tópicos chave para a melhoria da qualidade dos limiares utilizados e dos alertas produzidos.

A **Figura 5** mostra as relações entre monitoramento/previsão, alerta e alarme ao longo das diferentes esferas federal, estadual e municipal. Em particular, nota-se que, no caso da previsão de chuva, a incerteza é menor para as previsões de mais longo prazo (previsão de risco geohidrológico), devido ao seu caráter mais qualitativo e regional, quando comparada às previsões de curtíssimo prazo, nas quais as incertezas são maiores devido à necessidade de ser quantitativa e específica (por área de risco). Na escala local, tem-se a vantagem da avaliação direta. De modo oposto, no caso da previsão de risco de acidentes e de desastres, quanto mais próximo da área de risco esteja o observador, melhores serão as informações disponíveis para a tomada de decisão, tanto em termos de chuvas observadas como de indícios precursores e/ou da constatação de eventos, sobretudo se há mecanismos eficazes de retroalimentação destas informações pela população das áreas de risco, além dos agentes da DCM.

A **Figura 6** expõe aspectos preliminares de uma discussão ainda em andamento acerca da necessidade de homogeneização de terminologias e do estabelecimento de critérios para a classificação de eventos (acidentes e desastres) visando ao aporte a um banco de dados integrado. Isto é necessário tanto para alinhamento com a terminologia internacional como para que a informação necessária seja obtida sem retrabalho, principalmente para a Defesa Civil Municipal, que acaba por arcar com este ônus. Estes aspectos são chave para a melhoria da precisão dos limiares e da antecipação dos alertas e alarmes.

**Sistema de Alerta Antecipado (SAA<sup>1</sup>):** um sistema integrado de monitoramento, predição (qualitativa) e previsão (quantitativa) de ameaças; com processos e sistemas informatizados para avaliação e comunicação do risco dos acidentes e dos desastres e de atividades de preparação que capacitam indivíduos, comunidades, governos, setor produtivo e outros a

---

<sup>1</sup> SAAs eficazes devem incluir os quatro seguintes elementos chave interdependentes: (1) conhecimento do risco de eventos, através da sistemática coleta de dados e da avaliação do risco de acidentes e desastres; (2) detecção, monitoramento, análise e previsão de ameaças e suas possíveis consequências; (3) comunicação e divulgação tanto de avisos precisos e talhados ao uso operacional, como de informações associadas sobre a probabilidade da ameaça e de seus impactos potenciais, através de fontes oficiais, em mensagens validadas pela autoridade competente e fornecidas com a antecipação necessária, em meios apropriados; (4) preparação, em todos os níveis, para responder aos avisos recebidos.

tomarem ações no tempo certo, de modo a reduzir o risco de desastres, antecipando-se às referidas ameaças.

**Ameaça:** um processo ou fenômeno natural ou atividade humana que possa causar perda de vidas, lesões ou outros agravos à saúde, danos às propriedades, ruptura social e econômica e/ou degradação ambiental (UNISDR, 2017). Neste Manual, o termo ameaça será utilizado preferencialmente (ao invés de seu sinônimo, perigo).

**Suscetibilidade:** a qualidade ou condição de estar predisposto, de estar exposto e/ou de não ter a habilidade e/ou meios de resistir a alguma coisa (como a um dado vetor de doença, a uma doença hereditária, a uma determinada substância ou a um desastre natural).

**Vulnerabilidade:** as condições que aumentam a suscetibilidade aos impactos da ameaça, sendo determinada por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais, e que afetam um indivíduo, uma comunidade, os bens ou os diversos sistemas (UNISDR, 2017).

**Capacidade:** a combinação de todas as forças, qualidades e recursos disponíveis a um indivíduo, organização, comunidade ou sociedade, para gerenciar e reduzir os riscos de desastre e ampliar a resiliência (UNISDR, 2017). É o oposto da vulnerabilidade (UNISDR, 2017).

**Resiliência:** a habilidade de um indivíduo, sistema, comunidade ou sociedade exposta de resistir, absorver, acomodar, adaptar, transformar e recuperar-se dos efeitos de uma ameaça, de maneira pronta e eficiente, incluindo a preservação e a restauração de estruturas e de funções básicas essenciais ao gerenciamento do risco (UNISDR, 2017).

**Processos do meio físico:** sucessão de fenômenos que ocorrem em um determinado tempo, em um dado contexto de meio físico e socioeconomia, e cujas alterações, impostas tanto pelas intervenções antrópicas (desmatamento, corte ou aterro etc.) como pela dinâmica natural (eventos meteorológicos extremos), podem gerar ameaças (deslizamentos, inundações graduais, enxurradas etc.) ou alterar sua magnitude, frequência etc. (modificado de Oliveira, 1995).

**Evento:** termo genérico que designa tanto os acidentes como os desastres.

**Acidente:** termo genérico que designa tanto os acidentes de escala pontual (AEP) como os acidentes de micro escala (AME), definidos a seguir.

**Acidente de escala pontual:** um tipo de evento que afeta indivíduos de uma comunidade, superando a resiliência destes, e cuja assistência demande apenas a capacidade individual e/ou da própria comunidade.

**Acidente de micro escala:** um tipo de evento que afeta indivíduos de uma comunidade, não superando a resiliência individual destes, mas cuja assistência demande apenas a capacidade do nível municipal.

**Desastre:** termo genérico que designa tanto os desastres de pequena escala (DPE) como os de desastres de grande escala (DGE), definidos a seguir.

**Desastre de pequena escala:** um tipo de evento que afeta uma comunidade, superando sua resiliência, e cuja assistência demande a conjugação de capacidades dos níveis municipal e estadual.

**Desastre de grande escala:** um tipo de evento que afeta uma comunidade, superando sua resiliência, e cuja assistência demande a conjugação de capacidades dos níveis municipal, estadual, nacional e, eventualmente, internacional.

**Diretamente afetados:** pessoas que, em decorrência do evento registrado: (i) sofreram lesões, doenças ou outros problemas de saúde durante o evento ou em curto prazo depois deste; e/ou (ii) foram evacuados, deslocados, relocados; e/ou (iii) sofreram perdas diretas em seus meios de subsistência e/ou em seus bens econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais.

**Indiretamente afetados:** pessoas que, em decorrência do evento registrado sofreram consequências: (i) que não aquelas dos diretamente afetados; (ii) decorrentes de rupturas ou de alterações na economia, em infraestruturas críticas, em serviços básicos, no comércio ou trabalho; e (iii) sociais, na saúde ou psicológicas, ao longo do tempo.

**Ocorrência:** atendimento a demandas, situações ou eventos não classificáveis como situação de emergência ou como calamidade pública.

**Danos do acidente ou desastre:** ocorrem durante e imediatamente depois do acidente ou desastre. Os danos são usualmente medidos em unidades físicas (por exemplo, metros quadrados de casas, quilômetros de rodovias etc.), e descrevem as quantidades parciais ou totais de ativos fixos destruídos, de serviços básicos interrompidos e de danos a fontes de subsistência, na área afetada (UNISDR, 2017).

**Impactos do acidente ou desastre:** é somatório dos efeitos totais do acidente ou desastre, incluindo tanto os efeitos negativos (por exemplo, perdas econômicas) como os efeitos positivos (por exemplo, ganhos econômicos), avaliados nas componentes de impactos econômicos, humanos e ambientais, incluindo óbitos, lesões, doenças e outros efeitos negativos sobre o bem-estar físico, mental e social dos afetados (UNISDR, 2017).

**Desabrigado:** desalojado ou pessoa cuja habitação foi afetada por dano ou ameaça de dano e que necessita de abrigo provido pelo Sistema.

**Desalojado:** pessoa que foi obrigada a abandonar temporária ou definitivamente sua habitação, em função de evacuações preventivas, destruição ou avaria grave decorrentes do acidente ou desastre, e que, não necessariamente, carece de abrigo provido pelo Sistema.

**Situação de emergência:** situação anormal, provocada por acidentes ou desastres, causando danos (superáveis) à comunidade afetada, reconhecida legalmente pelo poder público.

**Estado de calamidade pública:** situação anormal, provocada por acidentes ou desastres, causando sérios danos à comunidade afetada, inclusive à incolumidade e à vida de seus integrantes, reconhecida legalmente pelo poder público.

**Monitoramento:** acompanhamento e avaliação de dados e informações obtidas de aparelhagem técnica, equipamentos e/ou de pessoas.

**Previsão:** prognóstico do momento de início e/ou da evolução de um dado processo, baseado no diagnóstico (e suas tendências futuras) das condições deflagradoras, da vulnerabilidade e da mitigação disponível (infraestruturas de proteção) para um dado momento e local.

**Previsão de clima:** informação prognóstica da evolução esperada para o comportamento da atmosfera em longo prazo (Nasa, 2017), em uma dada área, tipicamente envolvendo períodos de 30 anos ou mais.

**Previsão de tempo:** informação prognóstica da evolução esperada para o comportamento da atmosfera em curto prazo (Nasa, 2017). Distinguem-se as previsões de chuva de curtíssimo prazo (de 1 a 3 h - previsão de chuva de curtíssimo prazo, por meio de radar meteorológico), as de curto prazo (de 6 a 12 horas até 1 semana), as subsazonais (15 a 45 dias) e as sazonais (3 meses).

**Previsão de risco de desastre natural:** informação prognóstica sobre a probabilidade de se atingir níveis historicamente associados à deflagração de um dado tipo de acidente ou desastre, em face da evolução das condições meteorológica e hidrológica, em um dado momento e local (com suas características físicas e de uso do solo atuais).

**Boletim meteorológico:** informação que é elaborada por órgão público ou privado e que contém a previsão de tempo para um dado local, no período a que se refere.

**Previsão de risco geohidrológico:** informação que é elaborada por órgão público com competência específica, contendo a probabilidade de elaboração e de transmissão de alertas de risco geohidrológico (movimentos de massa, inundação gradual e/ou enxurrada), para um dado local, no período a que se refere.

**Alerta:** informação que é elaborada por órgão público competente, direcionada a uma dada DCE e/ou DCM, no momento em que a previsão de risco indicar que as condições deflagradoras de um dado evento ultrapassaram um nível crítico teórico convencional (limiar), configurando-se a probabilidade de um acidente ou desastre (e não apenas de uma chuva forte) ocorrer em um tempo futuro não muito distante (nas próximas horas). A finalidade de um alerta é subsidiar a decisão da Defesa Civil sobre a transmissão do alarme para a população.

**Alarme:** recomendação que é elaborada por órgão público competente, direcionada à população de uma dada área em risco, no momento em que a ameaça de um dado evento ultrapassa um nível teórico crítico preestabelecido (limiar), configurando-se a probabilidade de acidente ou desastre (e não de uma chuva forte) ocorrer em um tempo futuro próximo. A

finalidade de um alarme é subsidiar a decisão da população sobre a preparação e a evacuação de suas edificações (residências, locais de trabalho, escolas etc.).

**Contingência:** situação que é simultaneamente provável e indeterminada quanto ao momento exato do seu acontecimento, porém, que é relevante ou perigosa a tal ponto que se deva estar muito bem preparado em termos do que deve ser prontamente executado, e em que sequência, quando de sua constatação (como é o caso dos diferentes cenários de risco de desastres naturais).

**Plano de contingência:** é o documento que define quem são os responsáveis pela execução das várias ações (dentre instituições municipais, estaduais e/ou federais), quais as ações necessárias (ações de prevenção, preparação, mitigação, resposta e/ou de recuperação emergencial) e quando executá-las (em quantas fases e sequência de realização e de acionamento dos múltiplos atores dos diferentes níveis federativos), visando intervenções precisas, com rapidez e coordenação, diante de um potencial acidente ou desastre que possa pôr em risco os bens e/ou a vida da população de uma dada área em risco. O Plano de Contingência deve, portanto, ser específico para os diferentes cenários de risco (incluindo a eventual superposição de diferentes acidente ou desastres), pois, cada qual exigirá procedimentos diferenciados.

**Movimentos de massa:** termo genérico que designa o conjunto dos deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais, fluxos de detritos, rastejos (deslizamentos planares lentos<sup>2</sup>), e queda de blocos, dentre outros processos do meio físico que mobilizam os solos e rochas.

**Deslizamento:** é um dos processos em que os solos e rochas se deslocam devido ao seu peso próprio e pela perda de resistência devido ao acréscimo do conteúdo de água. Distinguem-se três tipos principais de processos de interesse: o **deslizamento planar** (raso e de velocidade rápida), o **deslizamento rotacional** (profundo e de velocidade rápida) e o **rastejo** (raso, lento e intermitente - podendo evoluir por etapas ao longo de vários anos). O limite entre os tipos citados pode ser ambíguo, porém, todos podem causar grandes prejuízos às edificações e às vidas humanas que atingem.

**Fluxo de detritos:** trata-se de processo causado pela gravidade e pelo fluxo concentrado de água, caracterizado por massa fluida de sedimentos e de água que contém alta concentração de sólidos (variando de 10% a 50%). Ao mesmo tempo em que transporta grande volume de sedimento, podem conter matoções e troncos, de modo que possui grande energia destrutiva e causa enormes prejuízos às edificações e à vida humana. É o mais destrutivo dentre os movimentos de massa.

**Inundação:** Submersão, pela elevação gradual do nível do curso d'água, de áreas externas aos limites normais (calha) deste curso d'água, as quais normalmente não se encontram submersas.

---

<sup>2</sup> Conforme definido no Manual de Mapeamento e Avaliação de Risco, elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

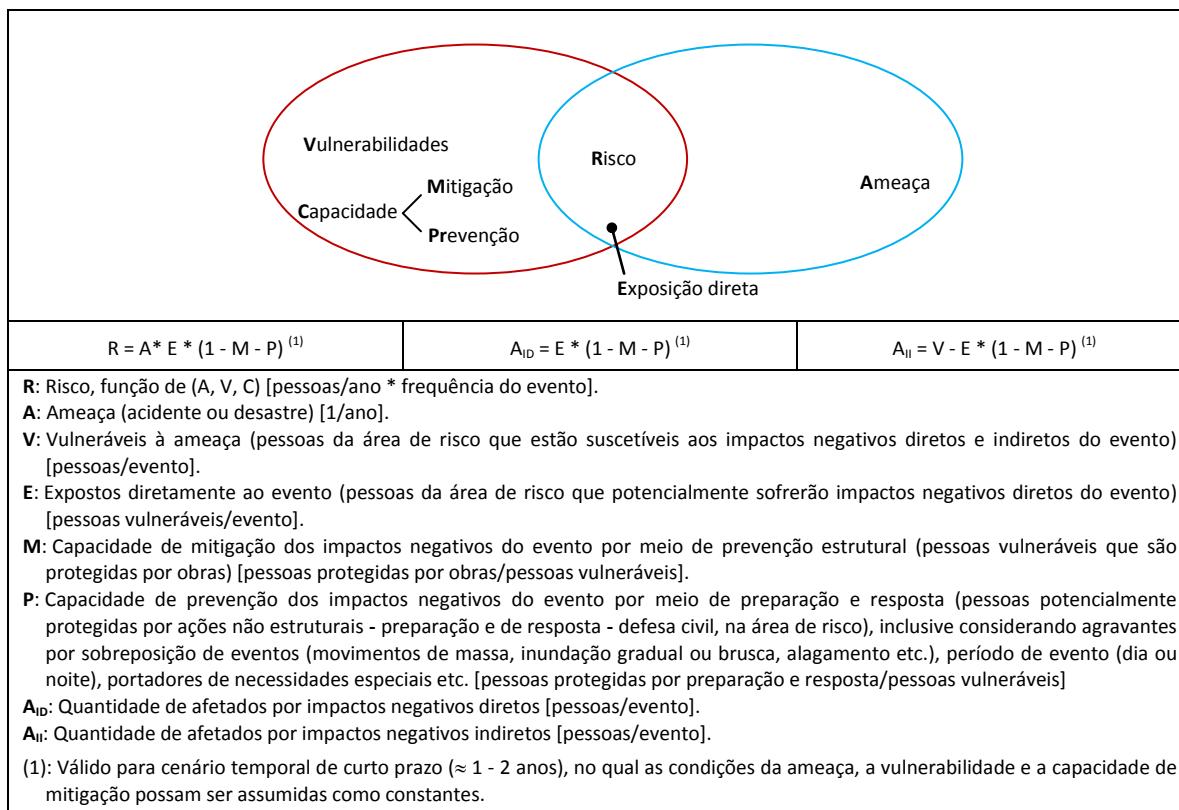
**Alagamento:** acúmulo de água, em áreas urbanas ou não, em consequência da ultrapassagem da capacidade de escoamento do sistema de drenagem local, atingindo ruas, calçadas, infraestruturas urbanas e/ou de áreas deprimidas urbanas ou rurais.

**Enxurrada:** escoamento superficial concentrado, brusco, de alta energia de transporte e com grande potencial destrutivo, o qual pode estar associado ao domínio fluvial (calha do rio) ou às condições inadequadas de drenagem pluvial urbana. Processo normalmente associado a bacias pequenas, em relevo acidentado.

**Cenário de risco:** o cenário de risco, conforme **Figura 6**, compreende quatro categorias: acidentes de escala pontual (AEP), acidentes de micro escala (AME), desastres de pequena escala (DPE), desastres de grande escala (DGE), cujo enquadramento é avaliado em função dos três seguintes fatores:

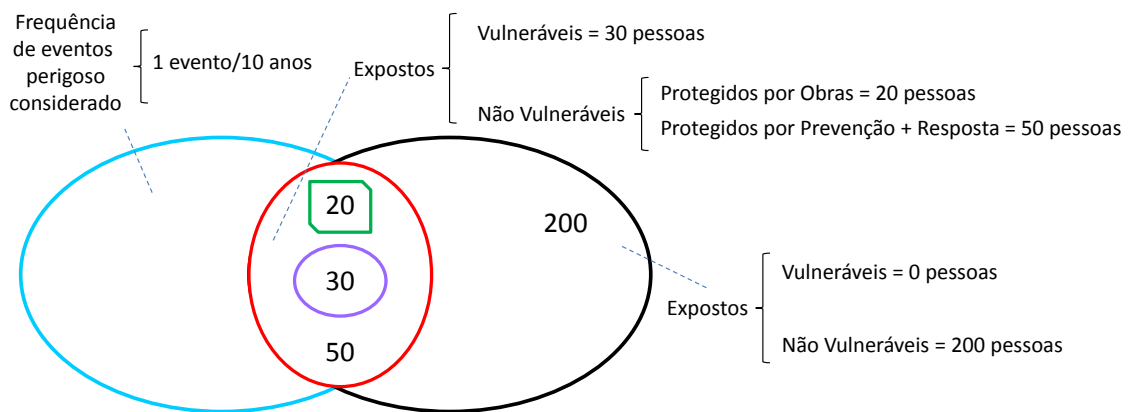
- a) Tipos de processos esperados na área afetada (se um deslizamento planar, deslizamento rotacional ou fluxo de detritos), avaliado pelas características de suscetibilidade expressas no mapa de risco, pelas condições meteorológicas vigentes e sua tendência em curtíssimo prazo (tanto em termos de picos como de acumulados de chuva), e pelo histórico de eventos no local;
- b) Distribuição geográfica de danos na área afetada (se eventos pontuais - algumas poucas áreas de risco afetadas; esparsos - várias áreas de risco afetadas; ou generalizados - grande parte das áreas de risco afetadas), avaliado pelas condições meteorológicas vigentes e sua tendência em curtíssimo prazo (em termos de tipo de fenômeno atmosférico incidente, abrangência da área afetada pela chuva, intensidade do pico, do acumulado e da chuva instantânea);
- c) Tipo de danos esperados, avaliado pela vulnerabilidade da população na área afetada (quantidade de moradores na área de risco, padrão construtivo das habitações, qualidade do sistema viário e de drenagem pluvial etc.) e da própria DCM (período de ocorrência do processo - diurno ou noturno, distância à área de risco, infraestrutura e equipe local disponível etc.).

**Estágio operacional das ações de prevenção de desastres naturais: ?**



**Figura 2:** Representação esquemática da equação de risco.





$$R = A * (E - M - P)$$

A: 1/10 anos = 0,1 evento / ano  
M: 20 pessoas  
V: 100 pessoas  
P: 50 pessoas

$$R = 0,1 * (100 - 20 - 50) = 0,1 * 30 = 3 \text{ pessoas/ano} * \text{evento perigoso}$$

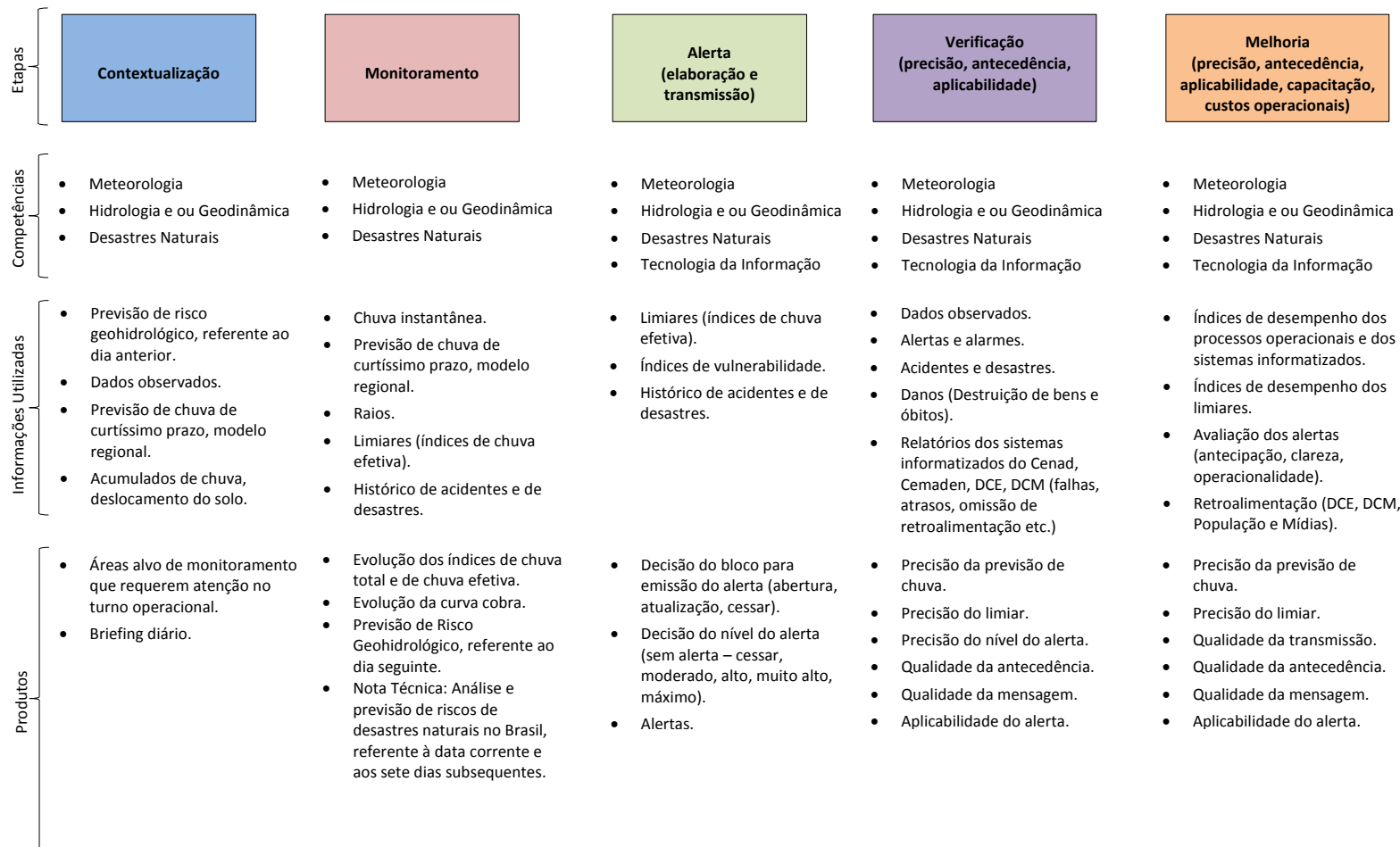
O valor do Risco (R) será sempre fixo para uma dada área de risco, enquanto persistirem as condições de frequência de eventos perigosos (A), quantidade de expostos aos eventos (E), protegidos por obras (M) e protegidos por ações de prevenção / resposta (P).

Como não é possível alterar a frequência da ameaça, para diminuir o risco deve-se necessariamente atuar sobre a prevenção e a mitigação:

- (i) Diminuindo-se o número de expostos e o número de áreas de risco;
- (ii) Aumentando-se a abrangência das obras de drenagem pluvial, contenções e estabilizações nas áreas de risco;
- (iii) Ampliando-se as ações de prevenção e de resposta, tanto de modo autônomo pelos moradores das áreas de risco (autoproteção) como de modo assistido pelas DCMs.

**Figura 3:** Ilustração de cálculo do risco para um evento hipotético (deslizamento planar, deslizamento rotacional, fluxo de detrito, rastejo etc.).

**Diagrama Esquemático de Processo Produtivo dos Alertas Cemaden**



**Figura 4:** Representação esquemática do processo produtivo dos alertas Cemaden.

Representação Esquemática das Relações Entre Monitoramento, Previsão, Alerta e Alarme

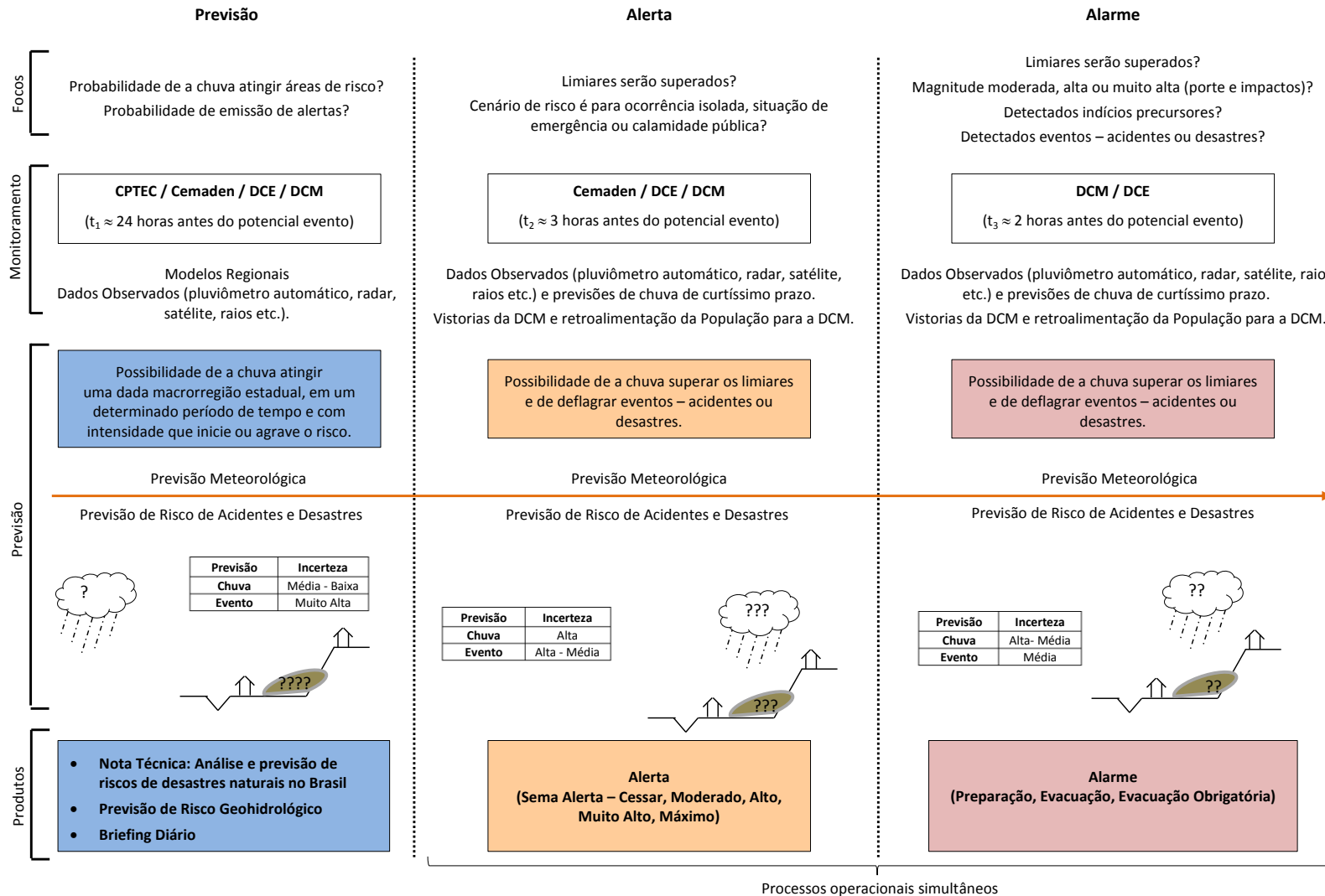
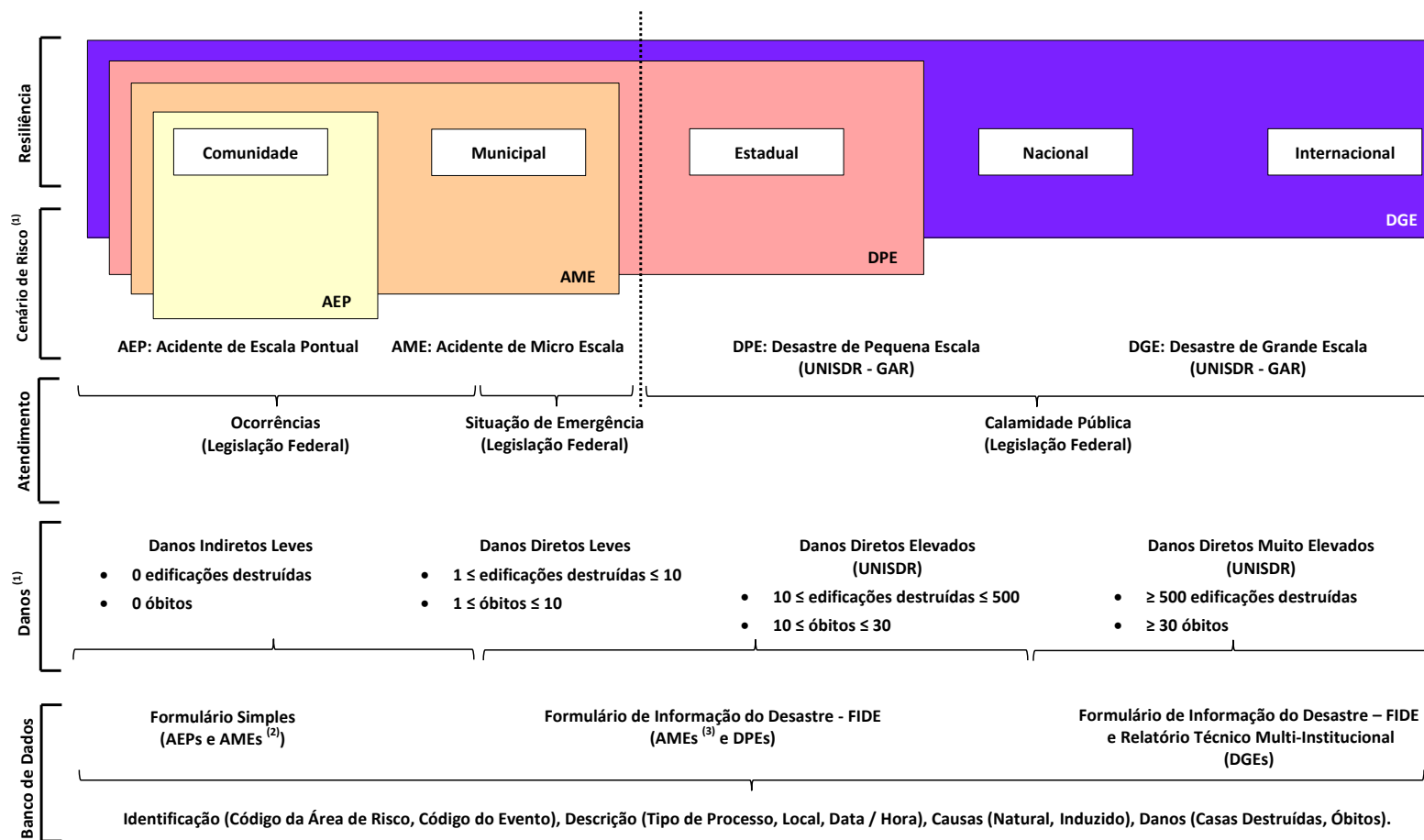


Figura 5: Representação esquemática das relações entre monitoramento, previsão, alerta e alarme.

Banco de Dados de Eventos, Acidentes e Desastres.



(1): As categorias de eventos, de tipos de atendimento e de danos apresentadas ainda se encontram em estágio proposta para discussão, pois, precisam ser validadas pelos órgãos do SINPDEC, tanto em termos de unificação de nomenclatura como de atributos nacionalmente, bem como para compatibilização com terminologia internacional.

(2): Somente para AMEs que não foram legalmente caracterizadas como Situação de Emergência.

(3): Somente para AMEs que foram legalmente caracterizadas como Situação de Emergência.

**Figura 6:** Representação esquemática das relações entre as classificações de acidentes e a forma de registros de informações em banco de dados.

## **2 PROTOCOLO PARA ELABORAÇÃO, TRANSMISSÃO E USO DE ALERTAS**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

#### **2.1.1 Contexto, objetivos e escopo**

Este capítulo descreve um procedimento integrado visando o fornecimento de alertas de modo rápido, seguro e com boa precisão. Apresenta-se um direcionamento teórico, acrescido de exemplos de referência, abrangendo desde as atividades de coleta de dados de chuvas e de eventos, previsão de eventos, elaboração, transmissão de alertas pelo Cemaden ou DCE e de instruções de uso destes alertas pelas Defesas Cívicas Estaduais e Defesas Cívicas Municipais.

Quando aumentar a probabilidade de deflagração de um evento, qualquer que seja o processo, devido à chuva intensa - conjugada ou não a outras condicionantes, além de prosseguir disponibilizando os dados da rede observacional, o Cemaden transmitirá os alertas e suas atualizações para as DCEs e DCMs, para os casos onde seja aplicável, para que estas possam realizar suas atividades de forma adequada e segura. A DCM e a DCE, a partir dos alertas e da análise dos demais dados e informações disponíveis localmente, decidirá sobre se ou não transmitir o alarme para evacuação, bem como operar os pontos de encontro e abrigos, visando preservar a vida e a integridade física da população das áreas em risco.

Tais ações devem ser feitas do modo mais coordenado possível. Para tal, é necessária a definição de um protocolo comum, o qual consiste em um conjunto de regras, padrões e especificações técnicas que regulam a elaboração, transmissão e uso dos alertas pelas diversas partes envolvidas (dos níveis federal, estadual e municipal), de modo que se possa uniformizar os procedimentos, obter os indicadores de desempenho desejado, avaliar as oportunidades de melhoria e priorizar as ações corretivas.

As orientações referem-se aos alertas que o Cemaden ou as DCEs fornecem às DCMs, dando suporte às suas atividades de transmissão de alarmes de evacuação para a população das áreas em risco. São ainda abrangidos aspectos de uso, avaliação e melhoria da precisão, antecipação e aplicabilidade dos alertas para as atividades das DCMs. Portanto, são orientações para as ações internas desenvolvidas pelos governos federal, estaduais e municipais, no que tange à prevenção do risco de desastres naturais.

As atividades de evacuação propriamente ditas, as quais são realizadas pelas DCMs e envolvem diretamente os moradores das áreas em risco, serão abordadas no Manual de Orientações para Elaboração do Plano Municipal de Contingência - PLAMCON, elaborado pelo Cenad.

Este protocolo aborda tanto os movimentos de massa monitorados pela chuva (deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos) como aqueles monitorados pelo deslocamento do solo (rastejo e queda de blocos).

### 2.1.2 Definições básicas para a elaboração e transmissão de alertas e alarmes

Neste item, os termos são apresentados por grupo, conforme sua afinidade temática. Os conceitos de alguns termos apresentados estão representados na **Figura 7** e **Quadro 1**, em particular a relação entre as linhas de referência (LPM, LPA, LPMA e LC), os alertas e os alarmes.

A **Figura 7** representa a correlação entre o índice de chuva efetiva de longo prazo e o índice de chuva de curto prazo. Para apoiar a interpretação da evolução do gráfico da curva cobra e as implicações disto em termos de probabilidade de acidentes e de desastres, são definidas linhas de apoio (denominadas de linhas de referências), tais como Linha Crítica de Eventos ou Linha de Probabilidade Máxima de Eventos (LC), Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos (LPMA), Linha de Probabilidade Alta de Eventos (LPA) e Linha de Probabilidade Moderada de Eventos (LPM). Deste modo, este gráfico também serve de indicativo da separabilidade dos eventos de grande magnitude (curva cobra adentrando a zona insegura) daqueles de menor magnitude (curva cobra ainda na zona segura). Os índices de chuva efetiva e as linhas de referência serão detalhados no capítulo 3 deste Manual.

No **Quadro 1**, é reforçada a relação entre a probabilidade de eventos, as linhas de referência, os níveis de alertas, bem como as implicações potenciais disto para os estágios operacionais das ações de prevenção e de contingência da DCM.

**Área de risco:** área mapeada, por órgão público competente, como suscetível a um dado tipo de processo do meio físico.

**Área em risco:** área de risco cujos atuais indicadores de chuva efetiva a colocam em situação de iminência de deflagração de um dado tipo de processo do meio físico, nas próximas horas.

**Linhas de referência para alertas:** denominação geral do conjunto de linhas que inclui a Linha Crítica de Eventos (LC), a Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos (LPMA), a Linha de Probabilidade Alta de Eventos (LPA) e a Linha de Probabilidade Moderada de Eventos (LPM).

**Limiar:** o mesmo que Linha Crítica para Eventos (LC).

**Linha Crítica de Eventos ou Linha de Máxima Probabilidade de Eventos (LC):** linha que indica as condições limites de chuva efetiva a partir da qual se prevê eventos de deslizamento planar, deslizamento rotacional e de fluxo de detritos; popularmente designada como limiar.

**Linha de Muito Alta Probabilidade de Eventos (LPMA):** linha de apoio derivada da Linha Crítica que indica as condições limites de chuva efetiva a partir da qual se deve dar início à evacuação dos moradores das áreas em risco.

**Linha de Alta Probabilidade de Eventos (LPA):** linha de apoio derivada da Linha Crítica que indica as condições limites de chuva efetiva a partir da qual se deve dar início às ações preparatórias para a evacuação de moradores das áreas em risco (abrangendo, por exemplo, a verificação de rotas de evacuação, a inspeção de pontos de encontro, a abertura e liberação de abrigos etc.).

**Linha de Moderada Probabilidade de Eventos (LPM):** linha de apoio derivada da Linha Crítica que indica as condições limites de chuva efetiva a partir da qual se deve dar início à eventual mobilização de equipes adicionais necessárias às ações de monitoramento e de provável evacuação de moradores de áreas em risco.

**Curva cobra:** representação gráfica da evolução temporal dos índices de chuva efetiva da série de chuvas atual. Pelo posicionamento do valor instantâneo dos índices de chuva efetiva de curto prazo e de longo prazo, em relação à LPM, LPA, LPMA e LC. Pode-se acompanhar graficamente o aumento ou a diminuição da probabilidade da série de chuvas atual deflagrar ou não um dado tipo de desastre natural.

**Índice:** número resultante da divisão entre dois valores de qualquer medida ou gradação (como chuva de 10 mm/h, densidade do material mobilizado de 1,5 t/m<sup>3</sup>, 10 % das áreas de risco atingidas etc.).

**Índice de chuva:** índice escolhido para expressar a intensidade de chuva em um dado intervalo de tempo (quantidade precipitada dividida pelo tempo de duração da chuva), de modo que seja melhorada a separabilidade entre as chuvas efetivas que causam movimentos de massa e as que não os deflagram. São exemplos de índices de chuva: chuva total acumulada de 24 horas, chuva total acumulada de 72 horas, chuva efetiva com meia vida de 1,5 horas, chuva efetiva com meia vida de 72 horas etc.

**Chuva efetiva:** ver item 3.1.4.

**Meia-vida:** ver item 3.1.4.

**Separabilidade:** ver item 3.1.4.

**Sem Alertas (Cessar):** Alerta que informa que a curva cobra da série de chuvas atual está abaixo da Linha de Probabilidade Moderada (LPM), indicando baixa probabilidade de deflagração de algum evento, à luz do histórico do local alertado, denotando, portanto, condição compatível com o Estágio Operacional de Normalidade nas ações de prevenção e contingência da Defesa Civil Municipal.

**Alerta Moderado:** Alerta que informa que a curva cobra da série de chuvas atual adentrou o campo intermediário entre a Linha de Probabilidade Moderada (LPM) (inclusive) e a Linha de Probabilidade Alta - LPA (exclusive), indicando moderada probabilidade de deflagração de algum evento, à luz do histórico de eventos no local alertado, denotando, portanto, condição

compatível com o Estágio Operacional de Observação nas ações de prevenção e contingência da Defesa Civil Municipal.

**Alerta Alto:** Alerta que informa que a curva cobra da série de chuvas atual adentrou o campo intermediário entre a Linha de Probabilidade Alta (LPA) (inclusive) e a Linha de Probabilidade Muito Alta (LPMA) (exclusive), indicando alta probabilidade de deflagração de algum evento, à luz do histórico do local alertado, denotando, portanto, condição compatível com o Estágio Operacional de Atenção nas ações de prevenção e contingência da Defesa Civil Municipal.

**Alerta Muito Alto:** Alerta que informa que a curva cobra da série de chuvas atual adentrou o campo intermediário entre a Linha de Probabilidade Muito Alta (LPMA) (inclusive) e a Linha Crítica - LC (exclusive), indicando muito alta probabilidade de deflagração de algum evento, à luz do histórico do local alertado, denotando, portanto, condição compatível com o Estágio Operacional de Alerta nas ações de prevenção e contingência da Defesa Civil Municipal.

**Alerta Máximo:** Alerta que informa que a curva cobra da série de chuvas atual atingiu ou ultrapassou a Linha Crítica (LC), indicando máxima probabilidade de deflagração de algum evento, à luz do histórico do local alertado, denotando, portanto, condição compatível com o Estágio Operacional de Alerta Máximo nas ações de prevenção e contingência da Defesa Civil Municipal.

**Alarme de Preparação para Evacuação:** Alarme que a DCM transmite à população de uma dada área em risco, solicitando que esta se prepare para, na próxima hora ou menos, efetuar a evacuação de suas edificações (residências, locais de trabalho, escolas etc.), dirigindo-se aos pontos de encontro e/ou abrigos designados.

**Alarme de Evacuação:** Alarme que a DCM transmite à população de uma dada área em risco, solicitando que esta, de imediato, efetue a evacuação voluntária de suas edificações (residências, locais de trabalho, escolas etc.), dirigindo-se aos pontos de encontro e/ou abrigos designados.

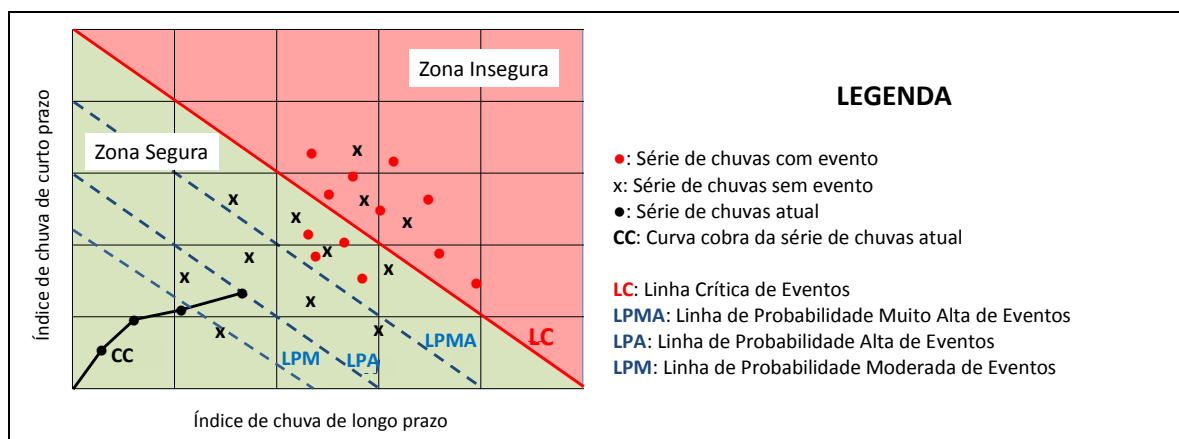
**Alarme de Evacuação Obrigatória:** Alarme que a DCM transmite à população de uma dada área em risco, solicitando que esta, de imediato, efetue a evacuação de suas edificações (residências, locais de trabalho, escolas etc.), dirigindo-se aos pontos de encontro e/ou abrigos designados, caso contrário sujeitando-se a evacuação mediante uso de força pública, a critério da Defesa Civil Municipal.

### **2.1.3 Tipos de movimentos de massa e respectivos alertas e alarmes**

Os movimentos de massa possuem grande potencial de destruição, colocando em risco vidas e bens. No Brasil, os processos mais comuns são os deslizamentos planares, os deslizamentos rotacionais, os fluxos de detritos, os rastejos e as quedas de blocos.



Devido à elevada velocidade de deslocamento dos materiais mobilizados por alguns tipos de movimentos de massa, depois de iniciado o processo, é muito difícil viabilizar a evacuação segura para a população da área em risco. Por esse motivo, a regra básica é a desocupação preventiva do local em risco, orientando-se pela estimativa do momento em que o futuro evento ocorrerá.



**Figura 7:** Representação esquemática das séries de chuvas, linhas de referência e curva cobra.

Elementos em Análise	Correlação entre Risco, Linhas de Referência, Alertas, Alarmes e Ações de Prevenção				
	Baixa Probabilidade de Eventos		← →	Máxima Probabilidade de Eventos	
	LPM	LPA	LPMA	LC <sup>(4)</sup>	
Alertas <sup>(1)</sup>	Sem Alertas (Cessar)	Alerta Moderado	Alerta Alto	Alerta Muito Alto	Alerta Máximo
Estágio Operacional das Ações de Prevenção <sup>(2)</sup>	Normalidade	Observação	Atenção	Alerta	Alerta Máximo
Alarmes <sup>(3)</sup>	-	-	Alarme de Preparação para Evacuação	Alarme de Evacuação	Alarme de Evacuação Obrigatória

(1): Transmitido pelo Cemaden ou pela DCE, para as DCMs.

(2): Da Defesa Civil Municipal.

(3): Transmitido pela DCM ou pela DCE, conforme acordado entre ambos, para os moradores das áreas em risco.

(4): LPM: Linha de Probabilidade Moderada de Eventos. LPA: Linha de Probabilidade Alta de Eventos. LPMA: Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos. LC: Linha Crítica de Eventos (ou Linha de Probabilidade Máxima de Eventos).

**Quadro 1:** Tipos de alertas e alarmes de movimentos de massa.

Mesmo para os deslizamentos planares, os deslizamentos rotacionais e os fluxos de detritos, cujos eventos são passíveis de monitoramento pela chuva efetiva, a previsão antecipada do momento da deflagração é muito difícil, considerando-se a atual realidade tecnológica do País.

No caso dos rastejos, embora seu desenvolvimento inicial seja lento, raso e intermitente (podendo se estender por décadas), o seu estágio final também é rápido (à semelhança dos

deslizamentos planares e dos deslizamentos rotacionais). São processos de previsão complexa, pois são condicionados pelo tipo de solo e da flutuação do nível da água subterrânea.

Como ainda não foi desenvolvida tecnologia para previsão de rastejos e queda de blocos somente por meio de limiares de chuva, estes deverão ter monitoramento pelo deslocamento do solo/rocha caso a caso, a partir do que serão diretamente decididos os alarmes de evacuação.

Na fase atual, o processo de quedas de blocos (ou de lascas de rochas) não será incluído como alvo dos alarmes. Da mesma forma, os demais tipos de movimentos de massa não citados neste item, incluindo-se aqueles causados por fatores que não a chuva (sismicidade, por exemplo), não serão considerados para efeito de alertas na presente versão deste Manual.

## **2.2 MÉTODOS PARA PREVISÃO DE ACIDENTES E DESASTRES**

### **2.2.1 Previsão de eventos pelo monitoramento da chuva - deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxos de detritos**

Existem vários métodos para a previsão de eventos deflagrados pela chuva, podendo-se agrupá-los em três categorias principais: (i) Métodos que combinam a mecânica de solos e a hidrologia; (ii) Métodos exclusivamente hidrológicos (métodos baseados no modelo de tanque); e (iii) Métodos estatísticos. Estes métodos podem ser respectivamente entendidos como análises teóricas, semiteóricas e empíricas.

No Brasil, a rede observacional era pouco abrangente e a série de dados acurados ainda era pouco representativa para a previsão de eventos; por isso, o alerta era elaborado principalmente com base nos indícios precursores de eventos, com poucos estudos estatísticos (excetuando-se estudos como os do Instituto de Pesquisas Tecnológicas e do Instituto Geológico, no estado de São Paulo, e da Fundação GeoRio, no estado do Rio de Janeiro). Porém, uma vez que, nos últimos anos, a rede observacional foi aperfeiçoada, órgãos como Cemaden, DCEs e DCMs podem conjuntamente desenvolver um método estatístico para previsão de eventos.

#### **2.2.1.1 Seleção do método de previsão**

Uma vez que o método estatístico de previsão de movimentos de massa não requer análises complexas, ele é adequado para prever eventos para áreas de grandes dimensões, sendo aplicável a todas as áreas de risco dos municípios monitorados, em curto prazo e com custo-benefício aceitável.

Outra vantagem é que o método estatístico não exige gastos em investigações, ensaios, e análises, nem a criação de novas redes observacionais (para deslocamento do solo/rocha na encosta e do nível d'água subterrânea, no caso).

O Brasil, até o momento, vem utilizando o método estatístico com representação unidimensional (índice de chuva total somente no eixo y) e cálculo pela chuva total em um dado período (sendo mais comumente empregados como índices os totais calculados em intervalos de 1, 12, 24, 48, 72 e 96 h), conforme ilustrado na **Figura 8**. Têm-se, ainda, metodologias com representação bidimensional, porém, com mesmo método de cálculo. Contudo, o nível de precisão da previsão de eventos é baixo, em ambos os casos.

No Japão, a pesquisa científica com os métodos estatísticos de previsão de movimentos de massa está avançada:

- a) Foram desenvolvidos métodos de previsão de eventos que empregam dois índices de chuva simultaneamente, um de curto (eixo y) e outro de longo prazo (eixo x), os quais são calculados em termos de chuva efetiva com meia-vida de 1,5 horas e de 72 horas (ou seja, descontando-se do volume total acumulado aquela parcela de chuva que é perdida em virtude da meia vida adotada<sup>3</sup>), conforme ilustrado na **Figura 9**;
- b) O valor da previsão de chuva de curtíssimo prazo (de 1 e 2 horas) é integralmente somado aos valores instantâneos das chuvas efetivas anteriormente calculadas;
- c) Empregam-se as funções de rede neural de base radial (RBFN<sup>4</sup>) para representação da distribuição de frequência de chuvas sem evento (**Figura 10**), as quais se associa o limiar para eventos (**Figura 11**) (ou seja, associam-se os desastres a uma frequência estatística de chuva observada de volume conhecido, obtendo-se maior flexibilidade e precisão no traçado e interpretação do limiar agora tridimensional).

O resultado obtido no Japão tem grande correlação com o método de análise de escoamento, que se baseia no modelo de tanque, e apresenta bom nível de precisão na previsão de movimentos de massa, com procedimento muito menos complexo e oneroso que aquele.

Para escolher e definir o método de previsão de movimentos de massa é extremamente importante considerar os diversos aspectos condicionantes, como as características dos eventos registrados, situações e condições da rede observacional, nível de precisão da tecnologia de previsão pluviométrica, quantidade de dados de chuvas com e sem eventos, bem como o nível de habilidade no monitoramento dos índices de chuva efetiva. A avaliação dos aspectos mencionados aponta para a necessidade de adoção e o aprimoramento dos procedimentos por etapas, passo a passo.

---

<sup>3</sup> O conceito de meia vida é idêntico àquele empregado para o decaimento radioativo (no qual, a cada período fixo de tempo, a metade da massa inicial do elemento radioativo naquele período de tempo é perdida). Aqui a lógica é que, a cada período de tempo fixo - denominado de meia vida, o volume de água retida no solo caia à metade.

<sup>4</sup> Funções de rede neural de base radial (RBFN): Para informações adicionais, ver Haykin (2009).

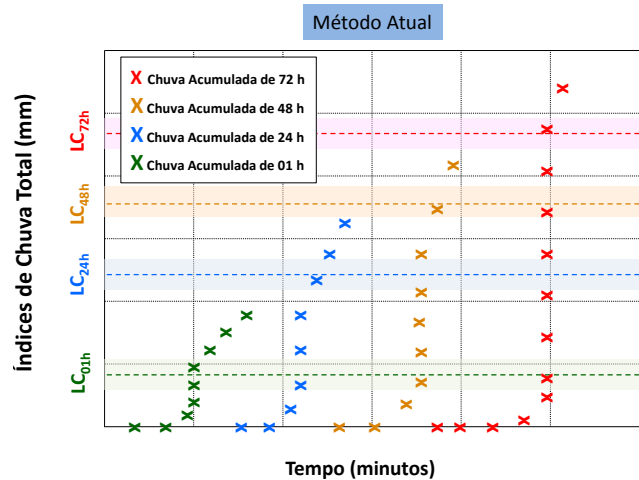


Figura 8: Ilustração de limiar unidimensional.

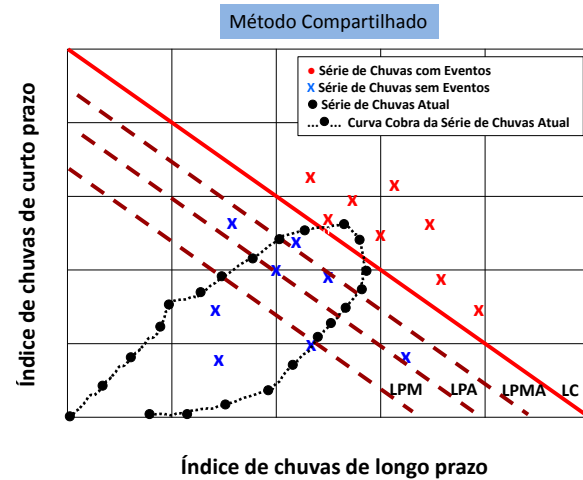


Figura 9: Ilustração de limiar bidimensional.

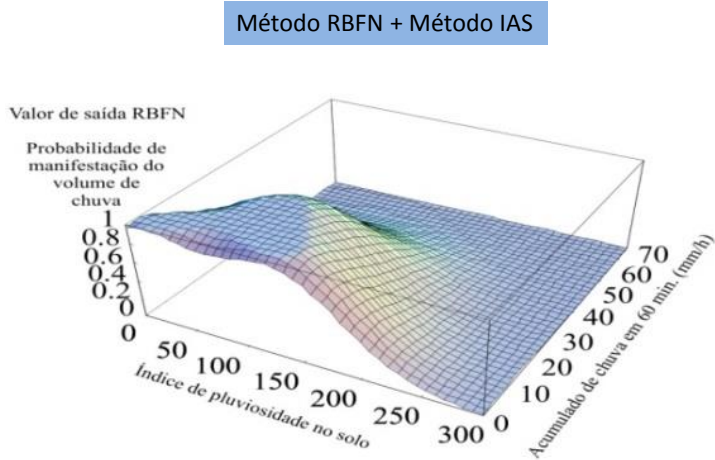


Figura 10: Ilustração de limiar tridimensional - representação em bloco.

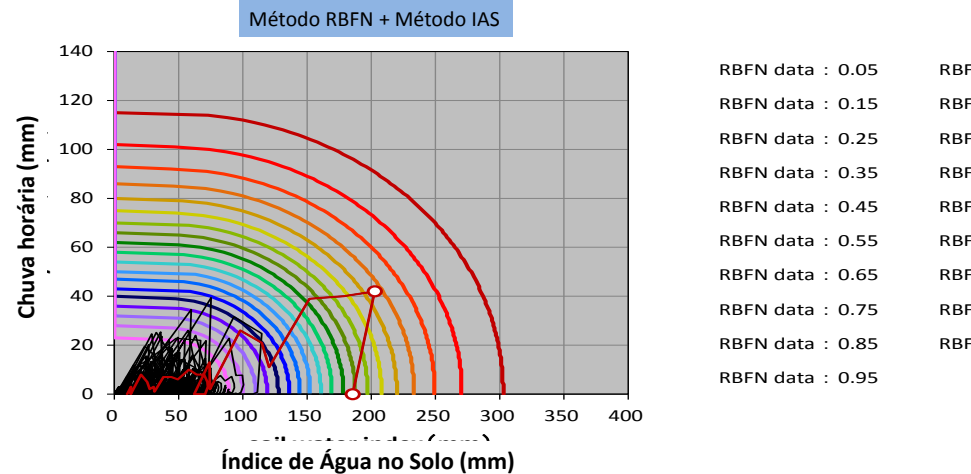
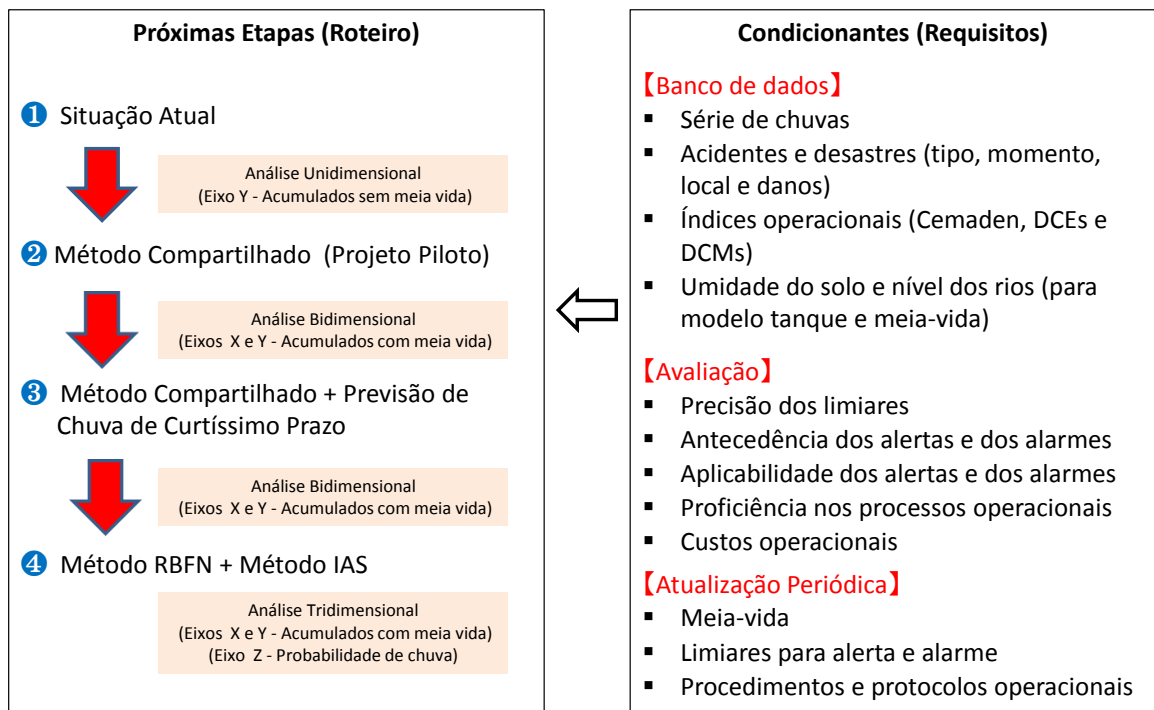


Figura 11: Ilustração de limiar tridimensional - representação em planta.

Deste modo, concomitantemente à melhoria da rede observacional e ampliação do tamanho da série de dados de chuva com e sem eventos, tendo em conta a previsão de deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e fluxo de detritos no Brasil, a proposta é (**Figura 12**), subsequentemente: (i) evoluir do método atual (estágio 1), de previsão por índice de chuva total (unidimensional ou bidimensional), para o Método Compartilhado (estágio 2), de previsão por índices de chuva efetiva (bidimensional); (ii) posteriormente incorporar a previsão de chuva de curtíssimo prazo (estágio 3) aos índices de chuva efetiva (bidimensional); (iv) atingir o método que utiliza a RBFN e o índice de umidade no solo (estágio 4) (tridimensional).

Na versão atual deste Manual, somente o estágio 2 será abordado em detalhe. Os demais serão somente comentados, eventualmente.



**Figura 12:** Etapas para desenvolvimento do método de previsão de movimentos de massas.

### 2.2.1.2 Cálculo do limiar

Os limiares a serem calculados precisam ser validados conjuntamente, pelo Cemaden, Defesa Civil Estadual e Defesa Civil Municipal, antes de seu uso para elaboração e transmissão de alertas e de alarmes.

#### 2.2.1.2.1 Definição dos blocos para cálculo dos limiares e para elaboração do alerta

Os alertas transmitidos pelo Cemaden são informações de suporte que as DCMs utilizarão para sua tomada de decisão em relação aos alarmes para a população das áreas em risco. É imprescindível uma correta definição prévia da região na qual o alerta será aplicável,

tanto para garantir a precisão da previsão dos acidentes e desastres como na tomada de decisão em relação aos alarmes.

Como regra geral, os alertas serão transmitidos e deverão ser aplicados às áreas mapeadas como Zona Amarela e como Zona Vermelha, relativamente aos processos de deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e fluxos de detritos. Os **Quadros 2 e 3** explicitam a natureza das classes previamente mapeadas e as implicações em termos de risco às populações afetadas.

<b>Classificação da Área</b> <sup>(1)</sup>	<b>Áreas Sujeitas ao Alerta</b> <sup>(2)</sup>	<b>Condição Potencial de Risco</b>
Zona Vermelha	Área fonte dos movimentos de massa.	Danos à vida e à integridade física dos moradores são certos.
Zona Amarela	Área de atingimento dos movimentos de massa.	Danos à vida e à integridade física dos moradores são prováveis.

(1): Conforme método japonês de mapeamento, a área de risco é composta pela zona amarela e pela zona vermelha.

(2): Incluem deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e fluxos de detritos.

**Quadro 2:** Áreas sujeitas aos alertas e alarmes de eventos monitorados pela chuva.

Segundo o novo método de mapeamento de risco (método japonês), as zonas amarelas são definidas conforme condições topográficas mencionadas no **Quadro 3**.

<b>Contexto e Processos</b>	<b>Condições para Definição da Zona Amarela</b> <sup>(1, 2)</sup>
Encostas suscetíveis a deslizamento planar ou a deslizamento rotacional	Áreas com declividade acima de 30 graus e amplitude <sup>(3)</sup> acima de 5 metros.
Vales suscetíveis a fluxo de detritos	Áreas com córrego com declividade superior a 2 graus.
Encostas suscetíveis a rastejos	Áreas onde tenha sido constatados indícios do processo de rastejo, através de fotos aéreas, levantamento de histórico de eventos, levantamentos de campo etc.

(1): A Zona Amarela inclui as áreas fontes enquanto a Zona Vermelha abrange as áreas de atingimento dos processos citados.

(2): A zona vermelha normalmente é circundada pela zona amarela e também estará sujeita aos alertas e alarmes.

(3): Amplitude: diferença entre a cota topográfica máxima e mínima de uma dada encosta.

**Quadro 3:** Critérios para a definição da Zona Amarela, por tipo de processos.

Ocorre, porém, que a maioria dos municípios brasileiros mais frequentemente afetados por movimentos de massa somente possuem mapas convencionais, nos quais as avaliações são expressas através de níveis de riscos, desde baixo (R1) até muito alto (R4). Neste contexto, mesmo que a área de risco ainda não tenha sido mapeada, será possível uma definição preliminar das zonas amarelas e vermelhas, mediante conversão dos setores de risco (mapeamento pelo método convencional) para Zonas Vermelhas e Zonas Amarelas (do mapeamento pelo método japonês), conforme critérios descritos no **Quadro 4**.

Cabe destacar que os setores com a avaliação de riscos R2 residual (ou seja, os setores R3 e R4 que passaram a ser classificados como R2 residual em virtude de obras de drenagem pluvial, contenção e/ou estabilização ali realizadas na área de risco) também deverão receber e atender aos alarmes da DCM.

Avaliação de Risco		Descrição dos Riscos	Zonas para Alertas de Deslizamento Planar, Deslizamento Rotacional e Fluxo de Detritos <sup>(2)</sup>
R2 Residual <sup>(1)</sup>	Médio	Caso sejam mantidas as condições existentes, mesmo ocorrendo chuvas críticas, é reduzida a possibilidade de eventos destrutivos.	Zonas amarelas <sup>(3)</sup>
R3	Alto	Caso sejam mantidas as condições existentes, quando ocorrer chuvas críticas, há grande possibilidade de eventos destrutivos.	Zonas amarelas <sup>(3)</sup>
R4	Muito Alto	Caso sejam mantidas as condições existentes, quando ocorrer chuvas críticas, há extremamente alta possibilidade de eventos destrutivos.	Zonas amarelas <sup>(3)</sup>

(1): Locais que eram classificados como R3 ou R4 e que passaram a ser classificadas como R2 em virtude da execução de obras de contenção e/ou estabilização.

(2): Existem duas zonas de risco: zona vermelha (áreas fontes) e zona amarela (áreas de atingimento). Ambas estarão sujeitas aos alertas (embora a expectativa seja de que não exista população habitando as zonas vermelhas, em face das ações de prevenção) e do aumento da conscientização dos moradores e gestores.

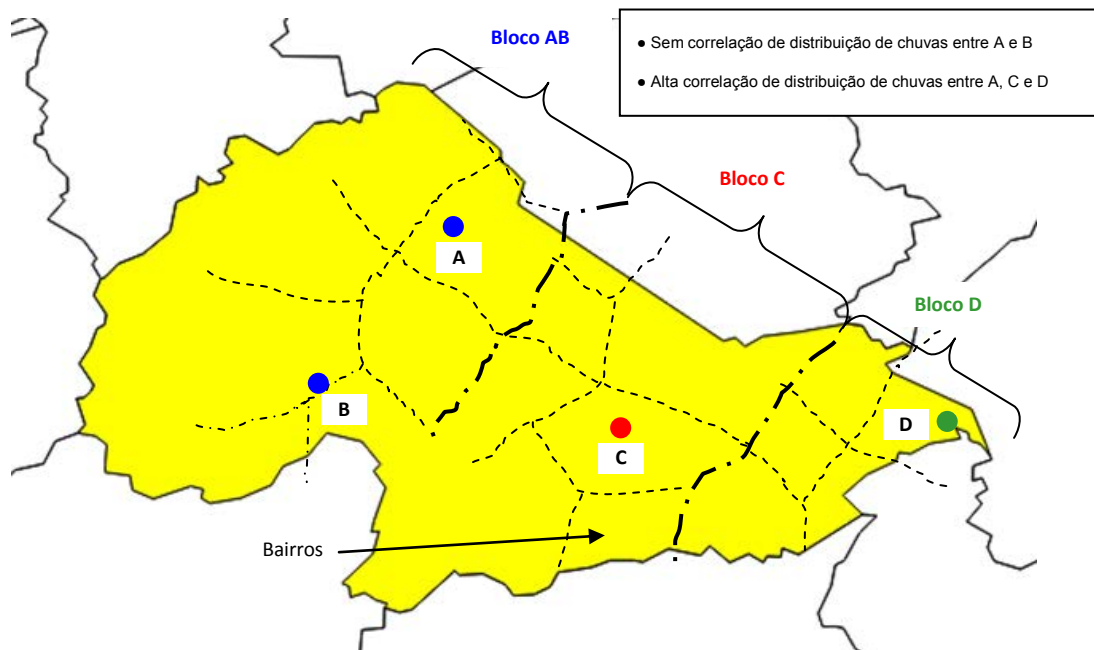
(3): A Zona amarela é aquela onde é provável que a vida e a integridade física dos moradores serão postas em risco pelos movimentos de massa. Na zona vermelha é certo que a vida e a integridade física dos moradores serão postas em risco.

**Quadro 4:** Correlação entre setores de risco e as zonas alvos de alertas.

Nos municípios com área extensa, diferentes contextos de meio físico fazem surgir diferenças significativas em relação à probabilidade de deflagração de eventos nas diferentes áreas de risco (geologia, declividade, amplitude de encostas etc.). Nesses casos, deve-se subdividir a área do município, definindo-se blocos que abrangerão áreas de risco com probabilidade similar quanto à deflagração de eventos, de acordo com as características do meio físico e das chuvas ali incidentes. As condições de vulnerabilidade também devem ser consideradas (das edificações, da população e da própria DCM em atender a uma dada área de risco) nesta subdivisão. Contudo, caso a diferença seja apenas na distribuição das chuvas e não nas condições do meio físico, é conveniente subdividir apenas o monitoramento dessas regiões, mantendo-se um único limiar para toda a área do município.

Assim, uma vez obtido o mapa das zonas amarelas e das zonas vermelhas das várias áreas de risco, a próxima etapa é definir os blocos para cálculo do limiar, ou seja, decidir quantos limiares serão necessários de serem calculados para um dado município, se um único ou se algumas áreas de risco devem ser agrupadas em diferentes blocos, demandando, conseqüentemente, diferentes limiares.

A **Figura 13** ilustra situação hipotética em que foi necessário dividir o município em três blocos (em virtude das diferentes condições de deflagração de processos condicionados pelo meio físico) e, conseqüentemente, três limiares foram calculados (unidades AB, C e D), utilizando-se dados de chuvas representativas de cada um deles. Nota-se que o bloco AB possui dois pluviômetros, porém, em princípio, não é possível reduzir este número, visto não haver correlação da chuva medida por ambos.



**Figura 13:** Exemplo de definição de blocos para cálculo de limiar, segundo critérios de meio físico e de correlação pluviométrica.

Outra situação é a atribuição de limiar para áreas de risco fora da cobertura da rede observacional (tendo em conta que 2,5 km é o raio operacional limite para a eficácia da utilização dos dados de um determinado pluviômetro automático). Nesse caso, um estudo técnico específico deve ser conduzido para atribuir um limiar convencionado, até a instalação de um equipamento adicional que atenda a área sem cobertura.

#### 2.2.1.2.2 Critérios para cálculo dos limiares

Uma vez definidos os blocos, o próximo passo é calcular qual o limiar para cada um deles, para cada cenário de risco (deslizamento planar, deslizamento rotacional ou fluxo de detritos), com base nos dados de chuva e no histórico de eventos registrados. Nesta tarefa, é essencial que se obtenha uma boa separabilidade das chuvas com e sem evento, avaliada pelo confronto do índice de acertos (IA), índice de erros (IE) e frequência anual de séries de chuvas na zona insegura (FZI), propiciada pelas alternativas de limiar avaliadas (ver item 3.5).

É desejável que o índice de acertos (IA) seja o mais alto possível e que o índice de erros (IE) e a frequência anual de séries de chuvas na zona insegura (FZI), os mais baixos possíveis. No entanto, os índices de acerto e de erro e a frequência anual de séries de chuvas na zona insegura mostram tendências inversamente proporcionais. Níveis elevados de índice de acertos podem trazer como consequência o aumento da frequência anual de séries de chuvas na zona insegura, com aumento de demanda sobre a população (traduzida por um maior número de alertas vazios ou alertas falsos), fazendo com que se diminua a confiança nos alertas e nos



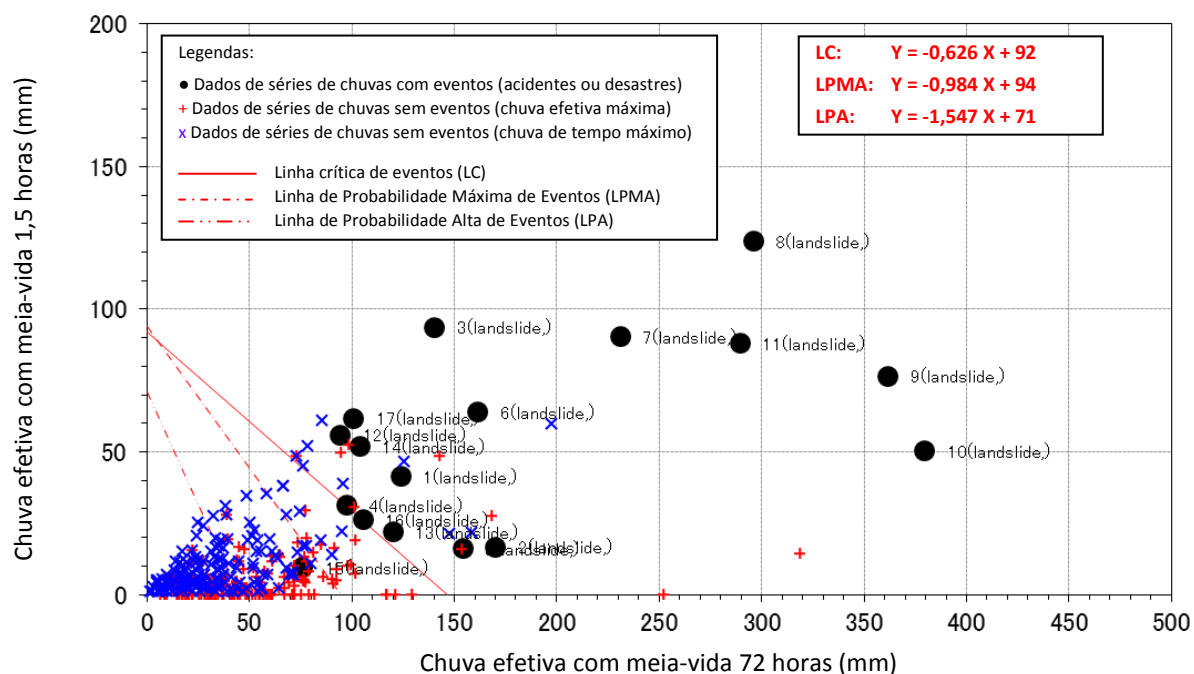
alarmes. Tais fatos somente reforçam a necessidade de que o limiar seja decidido mediante entendimentos diretos com as Defesa Civis Estaduais e Defesa Civis Municipais.

Os exemplos de separabilidade dos limiares calculados para os municípios piloto (**Tabela 1**) e correspondente quantidade de alertas que seriam transmitidos no período investigado, entre 2008 a 2011, demonstram que, com os novos limiares, o número de alertas seria menor em comparação à sistemática atual. No exemplo do município de Petrópolis (**Figura 14**), para manter em 100% o índice de acertos do limiar, haveria a necessidade de transmitir 25 alarmes de evacuação por ano. Em consequência, a taxa de alertas vazios seria de um em quatro (25%), ou seja, seis alertas vazios por ano.

**Tabela 1:** Índices de desempenho do limiar calculado para os municípios piloto.

Municípios	Período de Coleta dos Dados de Chuvas Com e Sem Eventos	Índice de acertos de Eventos <sup>(1)</sup> (Maior é melhor)	Índice de erros de Eventos <sup>(2)</sup> (Menor é melhor)	Taxa de Alertas Vazios <sup>(3)</sup> (Menor é melhor)	Frequência Anual de Séries de Chuvas na Zona Insegura <sup>(4)</sup> (Menor é melhor)
Nova Friburgo	2008 - 2013	100%	0%	0%	1
Petrópolis	2011 - 2013	100%	0%	25%	25
Blumenau	2008 - 2011	100%	0%	0%	2

- (1): Curva cobra atingiu ou superou a Linha Crítica (limiar) e algum evento (acidente ou desastre) foi registrado.  
 (2): Curva cobra manteve-se abaixo da Linha Crítica (limiar), porém, algum evento (acidente ou desastre) foi registrado.  
 (3): Curva cobra atingiu ou superou a Linha Crítica (limiar), porém, nenhum evento (acidente ou desastre) foi registrado.  
 (4): Quantidade de vezes por ano que a curva cobra atingiu ou superou a Linha Crítica (limiar), no período de tempo considerado.



**Figura 14:** Exemplo de gráfico para cálculo do limiar de movimento de massa (Alto da Independência, Petrópolis - RJ, dados no período 2008 - 2011).

Na **Figura 14**, nota-se ainda que não foi possível a representação da Linha de Probabilidade Moderada (LPM), pois está cairia fora do campo do gráfico. Outro aspecto a notar é que há dois grupos distintos de eventos. Ambos os aspectos levantam a necessidade de investigação adicional dos eventos nestes dois grupos (tipo de processo, residências destruídas, quantidade de óbitos) e de eventual revisão do limiar. O fato de a LPMA cruzar a LC também aponta para a necessidade de rever o conjunto das linhas de referências.

#### **2.2.1.2.3 Dados necessários**

O Cemaden, as DCEs e as DCMs deverão coletar os dados de chuva (em suas redes observacionais), mesmo em tempos de normalidade, os quais, devem ser integrados, consistidos e disponibilizados em uma plataforma comum a todos os usuários do SAA.

As informações sobre chuvas com eventos (tipo de processo, local, data, hora exata), bem como as informações complementares a elas relacionadas (casas destruídas, óbitos etc.), deverão ser coletadas pelas DCMs, com apoio da população das áreas de risco. É também conveniente que os indícios de eventos (degraus de abatimento no solo, rachaduras no solo e/ou em edificações etc.) também sejam coletados. Estas tarefas devem ser iniciadas o mais cedo possível, a partir do momento de intensificação da chuva, utilizando-se os canais de comunicação local com a população, além das eventuais vistorias da própria DCM.

É essencial definir previamente os responsáveis pelo levantamento, coleta e registro destas informações, bem como padronizar os formulários on-line para tal. Ambos os conjuntos - dados de chuvas com eventos e de chuvas sem eventos - são indispensáveis para o cálculo dos limiares a serem utilizados na previsão dos eventos, os quais servirão tanto aos alertas como aos alarmes.

Nos casos de alerta vazio, há a necessidade de se efetuar inspeções detalhadas nos locais alertados, para se certificar que realmente não houve qualquer evento (ou indícios destes - degraus de abatimento, trincas etc.).

O Cemaden, as DCEs e as DCMs deverão utilizar os dados de chuva obtidos de todas as redes observacionais para calcular os dados das séries de chuvas com e sem eventos e arquivá-los em banco de dados integrado (ver item 2.5.5).

Cabe lembrar que somente com os dados de chuvas sem eventos é possível se determinar o limiar inferior para previsão de eventos (embora com precisão menor que quando também há disponibilidade dos dados de chuvas com evento).

De modo sistemático, preferencialmente depois da temporada das chuvas, podem ainda ser efetuadas vistorias e/ou tomadas de fotografias aéreas das áreas de risco, para verificação adicional de eventos ou para a confirmação da ausência destes. Estes dados devem ser

comparados com as séries de chuvas do período, servindo de subsídio à avaliação da precisão do limiar.

#### **2.2.1.2.3.1 Monitoramento pluviométrico<sup>5</sup>**

O deslizamento planar, o deslizamento rotacional e o fluxo de detritos são causados pela chuva e, portanto, a coleta de dados de chuvas é um dos fatores mais importantes para a previsão dos movimentos de massa. O Cemaden, as DCEs e as DCMs instalaram e monitoram o volume de chuva em plataformas de coletas de dados (PCDs)<sup>6</sup> de suas respectivas redes observacionais. Tais dados também são obtidos, pelos citados, junto a outros órgãos, como CPTEC, Epagri-Ciram, Inea, AlertaRio, AlertaBlu, Simepar, entre outros.

No momento atual, os dados de chuva provêm principalmente da medição instantânea em pluviômetros automáticos. Em um futuro próximo, também será possível a utilização de dados da previsão de chuva de curtíssimo prazo proveniente dos radares meteorológicos. A rede de pluviômetros automáticos, contudo, deverá ser mantida, tanto como redundância<sup>7</sup> como para calibração dos radares meteorológicos.

Os dados coletados, tanto dados observados (PCDs, radares, satélites meteorológicos etc.) como as previsões de diferentes fontes (modelos, previsões de chuva de curtíssimo prazo) devem ser integrados, consistidos e disponibilizados para acesso on-line pelas DCEs, DCMs e população.

Em futuro próximo, é ainda desejável que toda a rede observacional de pluviômetros automáticos que atende às áreas de risco seja avaliada quanto à sua adequação em termos de cobertura das áreas de risco e de redundância, sobretudo para aquelas áreas de risco de maior vulnerabilidade e maior frequência de eventos. Haverá, portanto, a necessidade de formalização de parcerias específicas.

#### **2.2.1.2.3.2 Dados de eventos - acidentes e desastres**

A precisão do limiar dependerá fortemente da exatidão com que se conhece o horário exato dos eventos, informação cuja coleta depende fundamentalmente da Defesa Civil Municipal. Outros dados também são importantes para o cálculo e revisão do limiar, tais como o local do acidente ou desastre (coordenadas geográfica), a quantidade de edificações destruídas e a de óbitos, o volume de material movimentado, dentre outros.

---

<sup>5</sup> O monitoramento pluviométrico, no caso do Brasil, se restringe ao monitoramento das chuvas, visto que a incidência de outras formas de precipitação pluviométrica (neve, granizo, neblina, geada, garoa, por exemplo) não é significativa.

<sup>6</sup> Plataformas de coletas de dados (PCDs) são equipamentos que efetuam a coleta, o armazenamento e a transmissão automática de dados de um determinado equipamento de medição (pluviômetro automático, fluviômetro, extensômetro etc.).

<sup>7</sup> Embora normalmente associado com excesso dispensável, quando aplicado na acepção de redundância de dados e informações, o significado é o de duplicação para garantia de segurança, tanto na transmissão como no arquivamento destes.

"Data redundancy" means keeping the same computer data in more than one place as a safety measure, and a backup system in an airplane may provide redundancy, again for the sake of safety.

Por outro lado, quando se coleta uma grande quantidade de dados de eventos, pode haver dados vagos e/ou ambíguos. Quando tais casos forem detectados, observações correspondentes devem ser anexadas e arquivadas junto aos respectivos registros destes eventos.

Depois de acontecido o evento, é natural que a população e a Defesa Civil Municipal logo iniciem os trabalhos de socorro e de recuperação, o que pode dificultar a coleta dos dados descritivos necessários. Assim, os levantamentos e as inspeções in loco devem ser realizadas com rapidez, imediatamente depois dos eventos, enquanto o cenário real ainda esteja intacto ou pouco alterado. Para tanto, o Cemaden, as DCMs e as DCEs deverão possuir profissional específico para a realização destas investigações, preferencialmente, de modo simultâneo às atividades de resposta, sobretudo para eventos maiores e/ou em áreas onde o desempenho do limiar não seja o desejado. No mínimo, uma boa documentação fotográfica sempre deve ser obtida e arquivada.

Exemplos de conteúdo dos relatórios de eventos relevantes estão mostrados nos **Anexos 1 e 2**. Outros levantamentos e relatórios elaborados pelas DCMs também devem ser utilizados como fonte de informação, conforme descrito a seguir.

#### **2.2.1.2.3.2.1 Relatórios de atividades de prevenção de desastres**

O registro das várias atividades da Defesa Civil Municipal constitui uma ferramenta útil para o aperfeiçoamento da prevenção de desastres, sobretudo daquelas relacionadas à evacuação nas situações de alerta. A eficácia de vários aspectos pode ser avaliada, tais como: a precisão do limiar, a antecedência e a aplicabilidade operacional do alerta elaborado pelo Cemaden ou pelas DCEs; a transmissão do alarme de evacuação para as populações; as atividades desde a evacuação; o momento da liberação de acesso ou do retorno dos moradores à área em risco.

A avaliação crítica da dinâmica de cada uma destas atividades pode ressaltar tópicos para aperfeiçoamento deste protocolo, na direção de maior rapidez e segurança. É necessária atenção para itens como: qual o tempo gasto em cada atividade? Quais ações tiveram atraso em relação ao previsto? Quais problemas foram constatados? Quais procedimentos necessitaram ser alterados e/ou foram incluídos? Quais atividades produziram o objetivo geral pretendido para si (ou seja, foram eficazes)? Tais aspectos devem ser avaliados e registrados não somente

em relação aos alertas, alarmes e operações de evacuação em situações reais, mas também em relação aos treinamentos e simulados realizados.

De modo geral, recomenda-se que todos os atores (Cemaden, Cenad, DCEs e DCMs) efetuem a avaliação de todas as atividades (monitoramento, previsão, elaboração e transmissão de alertas e de alarmes, evacuação e liberação da área de risco para retorno dos moradores, retrolimentação<sup>8</sup> etc.). Anualmente, deve-se efetuar uma consolidação e avaliação conjunta, preferencialmente com avaliação preliminar em dois momentos sucessivos, por questões logísticas: (i) DCEs e DCMs; e (ii) Cemaden, Cenad e DCEs. O foco é a definição de tópicos e de metas para melhoria contínua, as quais serão objeto do trabalho de gestão integrada regionalizada abordada no item 2.7.6 deste Manual.

#### **2.2.1.3.3.2 Monitoramento de indícios precursores de eventos**

Antes do evento propriamente dito (deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais ou de fluxos de detritos), na maior parte dos casos, pode-se reconhecer indícios destes processos, observados nas encostas ou nos vales afetados.

Quando há residências nas encostas, podem surgir alguns tipos específicos de trincas nas edificações e/ou no solo, as quais são indicadoras de deslizamento planar ou de deslizamentos rotacionais (ver item 4.3.2 deste Manual) e que, dessa forma, podem ser percebidas como indícios precursores da iminência destes eventos, sendo sinalizadoras do momento de proceder a autoevacuação. Outros indícios incluem a queda de materiais (lama ou de pequenos blocos de rocha), ruído de raízes de árvores estalando na encosta, o repentino aparecimento de surgência d'água ou o turvamento repentino da água do córrego. Uma relação mais detalhada destes indícios precursores de eventos é apresentada no **Anexo 3**.

Na coleta destas informações, além de proatividade, é necessário que a DCM construa um ambiente favorável à colaboração dos moradores das áreas de risco, mantendo canais de comunicação diversificados e ágeis em seu dia-a-dia. O Disque Defesa Civil ou um sistema colaborativo de coleta de dados<sup>9</sup>, sua versão mais moderna, são opções a serem adotadas.

### **2.2.2 Previsão de eventos pelo monitoramento do deslocamento do solo/rocha - rastejos e queda de blocos**

#### **2.2.2.1 Seleção do método de previsão - rastejo**

Comparado aos deslizamentos planares, aos deslizamentos rotacionais e aos fluxos de detritos, em média, a velocidade de deslocamento da massa instável é extremamente baixa no

---

<sup>8</sup> Retroalimentação: tradução do termo *feedback*, da língua inglesa, cujo sentido original expressa o conjunto de opiniões, pareceres, críticas, comentários, reações ou informações úteis que é dado a alguém ou a alguma entidade para comunicar o que pode ser feito para melhorar um dado desempenho, produto etc.

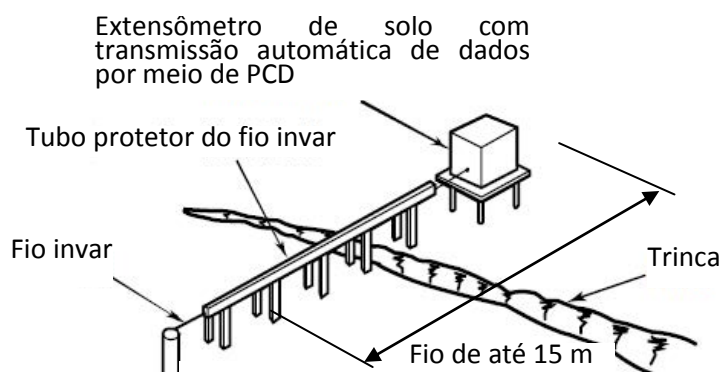
<sup>9</sup> Sistema colaborativo de coleta de dados: tradução do termo *crowdsourcing*, da língua inglesa, cujo sentido original expressa a prática de se obter serviços, ideias ou informações, por meio de contribuições de um grande grupo de pessoas, especialmente da comunidade on-line e das redes sociais.

caso da fase inicial de um rastejo, da ordem de 1 mm/dia a alguns mm/dia. Se a causa do rastejo não for eliminada (perda de resistência do solo pela rápida elevação do nível d'água subterrânea), a velocidade de deslocamento aumentará aos poucos. Quando atingir alguns mm/hora (estágio que pode demorar vários anos), a aceleração poderá ganhar impulso repentino, culminando com o início do deslocamento. Daí por diante, a velocidade de deslocamento da massa instabilizada será semelhante àquela de um deslizamento planar ou de um deslizamento rotacional.

Constata-se, portanto, que o rastejo não atingirá instantaneamente as edificações. Assim, pode-se executar contramedidas para eliminar suas causas e/ou proceder à evacuação de forma segura da população em risco, orientando-se pelo monitoramento dos seus estágios iniciais de deslocamento (que podem perdurar por meses ou anos).

No caso da detecção dos primeiros indícios precursores do rastejo na encosta, será mais adequado: (i) monitorar a evolução de indícios precursores de eventos no solo<sup>10</sup>, ao longo do topo da encosta; (ii) prever o início do deslizamento, por meio da análise da evolução da velocidade e da aceleração de deslocamento da massa instabilizada; e (iii) transmitir o alarme e proceder à evacuação da população das áreas em risco.

Para o monitoramento da velocidade de deslocamento do solo/rocha e/ou da velocidade de abertura das trincas no topo da encosta, poderá ser utilizado um extensômetro de solo<sup>11</sup> (horizontal), um método simples, de baixo custo e seguro. Será necessário utilizar o extensômetro do tipo automático (ou seja, acoplado a uma PCD), que permitirá medições mesmo que o local ofereça riscos devido à probabilidade de eventos. É desejável configurar o equipamento para medições em intervalo curto como, por exemplo, a cada 10 minutos. A **Figura 15** ilustra um esquema de monitoramento com o uso de extensômetro automático com fio invar<sup>12</sup>.



**Figura 15:** Ilustração esquemática do uso de extensômetro de solo para monitoramento de

<sup>10</sup> O esforço decorrente da movimentação gravitacional da encosta (tensionamento) provoca o estiramento (alongamento) do solo e o surgimento das trincas e dos degraus.

<sup>11</sup> Extensômetro: equipamento capaz de medir pequenas deformações em materiais, como um fio metálico, as quais podem ser associadas à movimentação do solo da encosta de uma dada área de risco.

<sup>12</sup> Invar: marca registrada de um tipo de fio de liga de níquel e ferro, o qual apresenta baixo coeficiente de dilatação térmica.

Outras tecnologias, como sensores de inclinação<sup>13</sup> e inclinômetros<sup>14</sup>, também são muito úteis para o monitoramento do deslocamento de solo/rocha em rastejos, para uso conjugado ou isoladamente. Prismas de reflexão<sup>15</sup> monitorados por estações totais robotizadas (ETRs), embora aplicáveis, devido à complexidade e custo elevado, são de uso mais restrito, usualmente restringindo-se à pesquisa e não para monitoramento operacional convencional. Podem ser utilizados, contudo, quando a ação humana durante as atividades de resposta a acidentes ou desastres estiver em risco.

#### **2.2.2.2 Cálculo do limiar - rastejo**

Os limiares calculados precisam ser validados conjuntamente pelo Cemaden, Defesa Civil Estadual e Defesa Civil Municipal, antes de seu uso para transmissão de alarmes.

##### **2.2.2.2.1 Definição dos blocos para cálculo dos limiares e para elaboração do alarme**

As características do rastejo - tais como baixa velocidade de deslocamento na fase inicial, aceleração brusca na fase final do deslocamento etc., são diferentes para cada caso. Por esse motivo, a definição destes limiares deverá ser efetuada individualmente, área de risco por área de risco, não sendo possível agrupá-las em bloco para efeito de monitoramento, elaboração e transmissão de alarmes.

Eventualmente, até que estudos específicos sejam realizados para cada área de risco, um limiar genérico (convencionado entre Cemaden, DCE e DCM) poderá ser utilizado para diferentes localidades, porém, cada qual demandará monitoramento e procedimentos de alarme individualizados.

##### **2.2.2.2.2 Critérios para cálculo dos limiares**

No caso do rastejo, ao invés de transmitir alertas e alarmes pelo Método Compartilhado (limiar baseado na chuva efetiva), é necessário utilizar a velocidade de deslocamento do solo/rocha da encosta como parâmetro indicativo do início do evento.

A **Tabela 2** contém um resumo de valores de limiar de deslocamento de solo para avisos de evacuação para o processo de rastejo atualmente em uso no Japão. Naquele País, o limiar para aviso de evacuação difere dependendo das “características do deslocamento” e da “área de atingimento” do rastejo, portanto, não sendo determinado de modo uniforme.

---

<sup>13</sup> Sensores de inclinação: tradução de *tilt sensors*, da língua inglesa. Os sensores de inclinação são essencialmente interruptores de mercúrio ou interruptores de rolamento, compostos por um tubo de vidro contendo esferas de rolamento ou gotas de mercúrio e dois contatos, um em cada extremidade; quando o tubo se inclina, as esferas ou as gotas se deslocam para a extremidade, fechando um circuito, indicando que houve inclinação.

<sup>14</sup> Inclinômetros: são equipamentos micro-elétrico-mecânicos para medir ângulos de inclinação, de elevação e de depressão de um objeto, o qual utiliza como referência a direção do campo gravitacional terrestre.

<sup>15</sup> Prismas de reflexão: sistema refletor cujo arranjo permite que o feixe de luz nele incidente retorne na mesma direção de entrada, de modo que o equipamento possa ser utilizado na medição eletrônica da distância e, como decorrência, na identificação de movimentação do elemento monitorado previamente posicionado na encosta da área de risco.

**Tabela 2:** Exemplos de limiares utilizado no Japão para alerta de rastejo, a partir do monitoramento de deslocamento do solo com o emprego de extensômetros horizontais em superfície.

Localidades	Tipos de Limiares para Avisos de Rastejo <sup>(1)</sup>				Outros Limiares para Avisos de Evacuação	Observação
	Atenção	Alerta	Evacuação	Entrada Proibida na Zona Vermelha e na Zona Amarela		
1	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 mm/hora;</li> <li>20 mm/dia.</li> </ul>	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acumulados de chuva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caso o deslocamento supere o limiar, realizar vistoria.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 mm/dia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 mm/dia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 mm/hora perdurando por 2 horas consecutivas;</li> <li>4 mm/hora por 1 hora consecutiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 mm/hora perdurando por 2 horas consecutivas;</li> <li>Decisão por parecer de especialista.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deslocamento medido em sensores de inclinação do solo (limiar);</li> <li>Deslocamento medido em extensômetro horizontal (limiar).</li> </ul>	-
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 mm/dia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 mm/dia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 mm/hora perdurando por 2 horas consecutivas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 mm/hora perdurando por 2 horas consecutivas;</li> <li>Decisão por parecer de especialista.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deslocamento medido em sensores de inclinação do solo (limiar);</li> <li>Deslocamento medido em extensômetro horizontal (limiar).</li> </ul>	-
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 mm/dia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 mm/dia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 mm/hora perdurando por 2 horas consecutivas;</li> <li>4 mm/hora por 1 hora consecutiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 mm/hora perdurando por 2 horas consecutivas;</li> <li>Decisão por parecer de especialista.</li> </ul>	-	-
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 mm/dia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 mm/dia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 mm/hora perdurando por 2 horas consecutivas;</li> <li>4 mm/hora por 1 hora consecutiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 mm/hora perdurando por 2 horas consecutivas;</li> <li>Decisão por parecer de especialista.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deslocamento medido em extensômetro horizontal (limiar).</li> </ul>	-
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 mm/dia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 mm/dia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 mm/hora perdurando por 2 horas consecutivas.</li> <li>4 mm/hora por 1 hora consecutiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 mm/hora perdurando por 2 horas consecutivas;</li> <li>Decisão por parecer de especialista.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deslocamento medido em sensores de inclinação do solo (limiar);</li> <li>Deslocamento medido em extensômetro horizontal (limiar).</li> </ul>	-
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 mm/dia perdurando por 7 dias consecutivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>12 a 17 mm/dia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 mm/hora perdurando por 2 horas consecutivas;</li> <li>4 mm/hora por 1 hora consecutiva.</li> </ul>	-	-	-
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 mm/dia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 mm/dia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 mm/hora perdurando por 2 horas consecutivas;</li> <li>4 mm/hora por 1 hora consecutiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 mm/hora perdurando por 2 horas consecutivas;</li> <li>Decisão por parecer de especialista.</li> </ul>	-	-
9	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 a 4 mm/hora.</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acumulados de chuva.</li> </ul>	-
10	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 mm/hora.</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acumulados de chuva.</li> </ul>	-
11	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 mm/hora;</li> <li>4 mm/hora.</li> </ul>	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avaliar possibilidade de execução de aterro reforçado na base da encosta, quando de deslocamento superior a 2 mm/hora.</li> <li>Avaliar possibilidade de execução de drenagem e retirada de solo na parte superior da encosta, quando de deslocamento superior a 4 mm/hora.</li> <li>Proceder à evacuação para deslocamento superior a 4 mm/hora.</li> </ul>
12	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 mm/hora.</li> </ul>	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para deslocamento superior ao limiar, realizar vistoria.</li> <li>Realizar bloqueio de trânsito e evacuação somente depois da discussão do caso.</li> </ul>
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 mm/dia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 mm/hora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 mm/hora.</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acumulados de chuva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para deslocamento superior a 4 mm/hora, emitir aviso.</li> </ul>
14	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 mm/hora;</li> <li>20 mm/dia.</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acumulados de chuva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para deslocamento superior ao limiar, realizar vistorias, verificar medidores e, se necessário, proceder à evacuação.</li> </ul>
15	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 mm/dia.</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acumulados de chuva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limiar para uso durante a execução das obras - paralisar os serviços quando o deslocamento for superior a 1 mm/dia.</li> </ul>

(1): No caso de mais de um critério de deslocamento do solo, aplicar o primeiro valor que for atingido, assim que confirmada sua adequação.

Fonte: MLIT (2016).



Nota-se que muitos limiares foram fixados quando o deslocamento (afastamento ou aproximação) atinge valores de aproximadamente 1 mm/dia no extensômetro horizontal (aviso de “atenção”); de modo similar, têm-se valores de 10 mm/dia (aviso de “alerta”), de alguns mm/hora a 10 mm/hora (aviso de “evacuação” e de “entrada proibida”).

A decisão de transmissão do aviso de evacuação não deve balizar-se somente na velocidade de deslocamento; também é importante verificar o deslizamento total acumulado. Além disso, há eventos que aumentam a sua velocidade de deslocamento de forma súbita. É conveniente, portanto, estipular os limiares com cautela, norteando-se pelos eventos similares já ocorridos nos arredores da área analisada (mesmo contexto geológico e pedológico).

A desmobilização do aviso de evacuação também deve ser decidida com cautela, verificando-se, por exemplo, se não houve variação nos parâmetros monitorados e/ou se as contramedidas emergenciais (obras de estabilização, contenção, drenagem superficial e profunda etc.) são suficientes para garantir um nível de segurança adequado.

Embora os limiares de deslocamento de solo/rocha variem com as características da encosta e com o raio de influência (área de atingimento) da massa instabilizada, dentre outros fatores, sendo preferível o dimensionamento caso a caso, à luz da prática corrente no Japão, sugere-se que os limiares constantes da **Tabela 3** sejam também adotados no Brasil, para aqueles locais que ainda não tiveram seus valores definidos por estudos específicos.

**Tabela 3:** Limiares provisórios para monitoramento de rastejo no Brasil.

Nível do Alarme da DCM para a População	Velocidades de Deslocamento do solo/rocha <sup>(1)</sup>	Nível Operacional das Ações de Prevenção
Preparação para Evacuação	1 mm/dia	Atenção
Evacuação	10 mm/dia	Alerta
Evacuação Obrigatória	De alguns mm/hora a 10 mm/hora	Alerta Máximo

(1): Medida por extensômetro horizontal automático, no topo da massa instabilizada.

Fonte: MLIT (2015).

### 2.2.2.2.3 Dados necessários

A possibilidade de rastejo não é avaliada somente com base na observação da chuva, mas pelo monitoramento do deslocamento do solo/rocha e da rápida flutuação do nível da água subterrânea na encosta em questão.

Em vista da dificuldade de previsão antecipada deste tipo de processo, de seu caráter contingente (provável e indeterminado quanto ao momento da aceleração final do evento) e da transição brusca da situação segura para uma insegura, o tempo para as ações preparatórias e

preventivas, por parte da DCM e da população, é extremamente exíguo, não sendo indicada a elaboração de alertas, mas sim a transmissão de alarmes, diretamente.

Deste modo, a avaliação dos dados do monitoramento on-line deve ser feita localmente, pela DCM, e de modo individualizado para cada área de risco de rastejo, a qual embasará a tomada de decisão sobre a transmissão dos alarmes à população.

Este procedimento e rota de transmissão visam reduzir, ao mínimo, o tempo gasto com a coleta e tratamento de dados, bem como na tomada de decisão e na execução das ações preparatórias e de evacuação das áreas em risco.

Procedimento similar deve ser adotado em relação ao processo de queda de blocos.

#### **2.2.2.2.3.1 Monitoramento pluviométrico**

O monitoramento pluviométrico para o processo de rastejo e queda de bloco não se distingue daquele executado para os deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e fluxos de detritos (ver item 2.2.1.2.3.1).

#### **2.2.2.2.3.2 Monitoramento do deslocamento de solo/rocha na encosta**

A coleta de dados de deslocamento de solo para o processo de rastejo e de queda de blocos será efetuada a partir de plataformas de coletas de dados (PCD) acopladas a extensômetros horizontais, sensores de inclinação e inclinômetros, sensores de umidade do solo, piezômetros<sup>16</sup> para a medição do nível d'água subterrânea etc.

Em locais específicos, que foram definidos para pesquisa, serão **ainda coletados dados de deslocamento provenientes de ETR e prismas de reflexão**. (Não seria: **ainda coletados dados de deslocamento na ETR provenientes de prismas de reflexão**).

#### **2.2.2.2.3.3 Dados de eventos - acidentes e desastres**

A coleta de dados de eventos - acidentes e desastres para o processo de rastejo e queda de bloco não se distingue daquele executado para os deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e fluxos de detritos (ver item 2.2.1.2.3.2). Contudo, ênfase especial deve ser dada aos indícios precursoros, visto que estes podem se estender por décadas.

Uma relação mais detalhada de indícios precursoros é apresentada no **Anexo 3**.

### **2.3 ELABORAÇÃO DE ALERTAS E ALARMES**

---

<sup>16</sup> Os piezômetros se diferenciam dos tradicionais medidores de profundidade do nível d'água por possuir um menor intervalo de medição (área de filtros), propiciando dados mais precisos acerca da carga hidráulica em uma dada profundidade do maciço de solo ou rocha, enquanto os medidores de profundidade, por possuir maior área de filtros, sempre fornecem dados médios (menos precisos, portanto).

Elaborar significa preparar gradualmente e com trabalho, dispor e ordenar as partes. Transmitir (ou emitir) significa mandar de um lugar para outro, ou de uma pessoa para outra; expedir, enviar. Os termos elaborar e transmitir serão empregados preferencialmente ao longo deste Manual.

### **2.3.1 Alertas para eventos monitorados pela chuva - deslizamentos planar, deslizamento rotacional e fluxos de detritos**

#### **2.3.1.1 Níveis de alertas**

Como os acidentes e desastres põem em risco a vida humana, depois de atingidos ou ultrapassados os limiares, a regra básica é retirar as pessoas das áreas em risco (zona amarela<sup>17</sup>) o mais rapidamente possível, encaminhando-as para pontos de encontro e/ou abrigos adequados e seguros.

Entendendo-se que as ações de evacuação na verdade abrangem um grande conjunto de atividades, é necessário que o Cemaden e as DCEs transmitam o mais antecipadamente possível seus alertas para a DCM, de modo que haja tempo hábil para a tomada de decisão por parte destas e, se for o caso, para que os alarmes de evacuação sejam transmitidos igualmente o mais breve possível para a população.

Assim, para se obter rapidez e sinergia na transmissão de alertas (pelo Cemaden ou DCMs) e de alarmes (pela DCM), há a necessidade de perfeita sintonia entre estes atores, bem como que sejam previamente estabelecidos critérios para a elaboração, transmissão e uso destes alertas (**Quadro 5**). Este quadro mostra a correlação entre os níveis de alerta e de alarme; estágios operacionais das ações de prevenção e de contingência, em particular de evacuação da população. O aspecto essencial é que, para cada nível de alerta ou alarme correspondente estágio operacional, os agentes das três esferas públicas executem ações coordenadas, orientando-se por critérios comuns e compreendidos por todos.

---

<sup>17</sup> Cabe ressaltar que não é esperado pessoas habitarem as áreas classificadas como zonas vermelhas, enquanto perdurar esta classificação para aquela porção da área de risco.

Previsão e Alertas			Preparação de Evacuação contra Movimentos de Massa																
Alertas à DCM (Cemaden, DCE, Órgão Municipal)			Nível Operacional <sup>(2)</sup>			Boletim Meteorológico (DCE)		Alarme à População (DCM e a DCE)		Evacuação da População das Zonas Vermelhas e Zonas Amarelas (DCM e a DCE)		Principais Ações de Preparação da Evacuação <sup>(1)</sup>							
												Ações Internas <sup>(6)</sup>		DCM			DCE	Cemaden	Cenad
Nome	Significado	Gatilhos <sup>(7)</sup>	Nome	Gatilhos	Danos Potenciais <sup>(3, 4, 5)</sup>	Nome	Gatilhos	Nome	Gatilhos	Nome	Gatilhos	Atividades	Responsável	Atividades	Responsável	Alvo da Ação			
Sem Alertas (Cessar)	Alerta de Probabilidade Baixa de Evento.	• Curva Cobra abaixo da LPM.	<b>Normalidade</b>	• Vigência do Sem Alertas (Cessar)	• Nenhum indício precursor ou evento. • Casas destruídas = 0.	- x -	- x -	- x -	- x -	- x -	- x -	• Capacitação interna da equipe técnica de DCM. • Efetuar o monitoramento meteorológico. • Registrar eventos no FIDE/S2ID. • Avaliar manutenção do nível operacional <sup>(2, 3, 4)</sup> .	Plantão	• Efetuar testes dos equipamentos de alarme. • Avaliar rede de monitoramento. • Realizar vistorias rotineiras de campo. • Treinar os NUPDECs e a população das áreas de perigo. • Registrar chuva em campo.	Diretor de Operações <sup>(9)</sup>	• Equipe de verificação e testes. • População.	• Manter atualizada a previsão de risco. • Manter operacional a rede geohidrometeorológica.	• Manter atualizada a previsão de risco; • Manter operacional a rede geohidrometeorológica; • Manter operacional os sistemas informatizados de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso solicitado e aplicável.
Moderado	Alerta de Probabilidade Moderada de Evento, em 3 h.	• Curva Cobra atingindo ou acima da LPM, porém, abaixo da LPA.	<b>Observação</b>	• Vigência do Alerta Moderado. • Registro de indício precursor ou evento conforme danos potenciais.	• Deslizamento planar. • Casas destruídas = 1.	Boletim Meteorológico de Observação.	• Previsão ≥ x mm/24 h, (movimentos de massa).	- x -	- x -	- x -	- x -	• Intensificar o monitoramento meteorológico. • Avaliar a necessidade de mobilização interna da equipe de DCM. • Avaliar a necessidade de vistoria técnica de campo. • Registrar eventos no FIDE/S2ID. • Avaliar manutenção do nível operacional <sup>(2, 3, 4)</sup> .	Plantão ou Diretor de Operações <sup>(9)</sup>	• No caso de previsão ≥ x mm/24 h, divulgar boletim meteorológico para a população das Zonas Vermelha e Amarela com recomendações gerais à população (atentar para os sinais de movimentação do terreno etc.). • Registrar chuva em campo.	Diretor de Operações <sup>(9)</sup>	População.	• Transmitir boletim meteorológico para a DCM, caso aplicável. • Manter atualizada a previsão de risco. • Aguardar nova posição da DCM.	• Manter atualizada a previsão de risco. • Manter operacional a rede geohidrometeorológica. • Manter operacional os sistemas informatizados de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso solicitado e aplicável.
Alto	Alerta de Probabilidade Alta de Evento, em 2 h.	• Curva Cobra atingindo ou acima da LPA, porém, abaixo da LPMA.	<b>Atenção</b>	• Vigência do Alerta Alto. • Registro de indício precursor ou evento conforme danos potenciais.	• Deslizamento planar. • 2 ≤ casas destruídas ≤ 4.	Boletim Meteorológico de Atenção.	• Previsão ≥ x mm/24 h, (movimentos de massa).	Alarme de Preparação para Evacuação	• Vigência do Alerta Alto. • Registro de indício precursor ou evento conforme danos potenciais esperados para este nível operacional.	Recomendada	• Vigência do Alerta Alto. • Registro de indício precursor ou evento.	• Intensificar o monitoramento meteorológico. • Mobilizar a equipe técnica interna da DCM. • Realizar vistorias técnicas de campo. • Registrar eventos no FIDE/S2ID. • Avaliar manutenção do nível operacional <sup>(2, 3, 4)</sup> .	Plantão ou Diretor de Operações <sup>(9)</sup>	• Acionar o Plano de Contingência. • Transmitir <b>ALARME DE PREPARAÇÃO PARA EVACUAÇÃO</b> para a população das Zonas Vermelha e Amarela (sirenes, mensagens de texto, mídias sociais, etc.). • Mobilização externa da equipe técnica da DCM. • Preparar os pontos de apoio e abrigos. • Comunicação com os NUPDECs e outros órgãos do município. • Registrar chuva em campo.	Diretor de Operações <sup>(9)</sup>	Representantes municipais do GRAC.	• Transmitir boletim meteorológico para a DCM, caso aplicável. • Manter atualizada a previsão de risco. • Acionar o GRAC <sup>(9)</sup> , caso solicitado.	• Manter atualizada a previsão de risco. • Manter operacional a rede geohidrometeorológica. • Manter operacional os sistemas informatizados de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso solicitado e aplicável.
Muito Alto	Alerta de Probabilidade Muito Alta de Evento, em 1 h.	• Curva Cobra atingindo ou acima da LPMA, porém, abaixo da LC.	<b>Alerta</b>	• Vigência do Alerta Muito Alto. • Registro de indício precursor ou evento conforme danos potenciais.	• Deslizamento planar e/ou rotacional; fluxo de detritos. • 5 ≤ casas destruídas ≤ 9 <sup>(10)</sup> .	Boletim Meteorológico de Aviso.	• Previsão ≥ x mm/24 h, (movimentos de massa).	Alarme de Evacuação	• Vigência do Alerta Muito Alto. • Registro de indício precursor ou evento conforme danos potenciais esperados para este nível operacional.	Imediata	• Vigência do Alerta Muito Alto. • Registro de indício precursor ou evento.	• Intensificar o monitoramento meteorológico. • Mobilizar a equipe técnica externa da DCM. • Avaliar a necessidade de vistoria (monitoramento, remoção e/ou interdição). • Registrar eventos no FIDE/S2ID. • Avaliar manutenção do nível operacional <sup>(2, 3, 4)</sup> .	Plantão ou Diretor de Operações <sup>(9)</sup>	• Transmitir <b>ALARME PARA EVACUAÇÃO</b> para a população das Zonas Vermelha e Amarela (sirenes, mensagens de texto, mídias sociais, etc.). • Mobilização externa da equipe técnica da DCM. • Abrir os pontos de apoio e abrigos. • Registrar chuva em campo.	Diretor de Operações <sup>(9)</sup> ou Prefeito.	Moradores das áreas em risco (Zonas Amarelas e Vermelhas).	• Transmitir boletim meteorológico para a DCM, caso aplicável. • Manter atualizada a previsão de risco. • Auxiliar na tomada de decisão da evacuação. • Acionar o GRAC <sup>(9)</sup> , caso solicitado. • Enviar insumos, conforme necessidade do município.	• Manter atualizada a previsão de risco. • Manter operacional a rede geohidrometeorológica. • Manter operacional os sistemas informatizados de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso solicitado e aplicável.
Máximo	Alerta de Probabilidade Máxima de Evento, a qualquer instante.	• Curva Cobra atingindo ou acima da LC.	<b>Alerta Máximo</b>	• Vigência do Alerta Máximo. • Registro de indício precursor ou evento conforme danos potenciais.	• Deslizamento planar e/ou rotacional; fluxo de detritos. • Casas destruídas ≥ 10 <sup>(10)</sup> .	- x -	- x -	Alarme de Evacuação Obrigatória	• Vigência do Alerta Máximo. • Registro de indício precursor ou evento conforme danos potenciais esperados para este nível operacional.	Obrigatória	• Vigência do Alerta Máximo. • Registro de indício precursor ou evento.	• Intensificar o monitoramento meteorológico. • Ativar o gabinete de crise, no caso de evento de grande porte. • Realizar vistorias técnicas de campo. • Avaliar a necessidade de remoção e/ou interdição (Obrigatória). • Avaliar a necessidade de apoio dos governos estadual e/ou federal. • Registrar eventos no FIDE/S2ID. • Avaliar manutenção do nível operacional <sup>(2, 3, 4)</sup> .	Plantão ou Diretor de Operações <sup>(9)</sup>	• Transmitir <b>ALARME DE EVACUAÇÃO OBRIGATÓRIA</b> para a população das Zonas Vermelha e Amarela (sirenes, mensagens de texto, mídias sociais, etc.). • Prover socorro e atendimento à população afetada. • Registrar chuva em campo.	Diretor de Operações <sup>(9)</sup>	População atingida.	• Transmitir boletim meteorológico para a DCM, caso aplicável. • Manter atualizada a previsão de risco. • Acionar o GRAC <sup>(9)</sup> , caso solicitado. • Enviar insumos, conforme necessidade do município.	• Manter atualizada a previsão de risco. • Manter operacional a rede geohidrometeorológica. • Manter operacional os sistemas informatizados de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso solicitado e aplicável.

(1): Para demais ações, tanto de mobilização como de desmobilização, consultar os respectivos Planos de Contingência e livro base de Gestão de Desastres e Ações de Recuperação. (2): O nível operacional poderá ser alterado em face do alerta ou do registro de evento/indício precursor de evento (uma vez confirmados por vistoria), o que ocorrer primeiro. (3): Os critérios de “danos potenciais” se referem exclusivamente aos aspectos relativos ao registro de indício precursor ou evento no nível operacional especificado. (4): No caso de detecção de algum evento, o nível operacional será elevado para aquele com o dano potencial de maior gravidade detectada. (5): Em áreas urbanas ou rurais pouco adensadas, pode-se considerar a área de atingimento em apoio à estimativa do número de casas potencialmente atingidas. (6): Ações cujas repercussões alcançam predominantemente a DCM (internas) ou outros órgãos ou população (externas). (7): LPM: Linha de Probabilidade Moderada de Eventos; LPA: Linha de Probabilidade Alta de Eventos; LPMA: Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos; LC: Linha Crítica de Eventos ou Linha de Probabilidade Máxima de Eventos. (8): Ou autoridade equivalente. (9): GRAC: Grupo de Ações Coordenadas de Resposta a Desastres. (10): Os cenários descritos não têm implicação direta com a decretação de Situação de Emergência ou de Calamidade Pública, as quais possuem regras específicas.

**Quadro 5: Critérios unificados para correlação de procedimentos de alerta, alarme e evacuação contra movimentos de massa.**

### 2.3.1.2 Tempo de antecedência para transmissão do alerta (tempo total para evacuação)

Embora não impeça os movimentos de massa, como regra básica, a evacuação deverá ser imediata, com desocupação temporária da área em risco enquanto persistir a ameaça. Portanto, para que esta operação seja executada de forma eficaz, é necessário que a transmissão do alerta ocorra com antecedência suficiente em relação ao horário estimado para o acidente ou desastre, garantindo-se tempo hábil para as providências citadas.

Considera-se que a necessidade de tempo total para evacuação será diferente para cada área de risco, em função da dimensão da área de risco, condição topográfica e viária, iluminação, vulnerabilidade da população em risco, estrutura da administração municipal, nível de proficiência e de adesão da população aos treinamentos para evacuação etc.

Caso seja fixado um tempo total para evacuação demasiadamente longo, a transmissão do alerta ou alarme será antecipada e acabará sendo feita na fase inicial da chuva e a precisão da previsão do evento diminuirá. Consequentemente, a confiabilidade no procedimento de evacuação também reduzirá-se, pois, haverá muitos alertas vazios (evacuações sem eventos subsequentes). Portanto, para se fixar o tempo de antecedência para transmissão do Alerta Muito Alto, deverá-se considerar não somente o tempo total para a evacuação em si, mas também o decréscimo de precisão na previsão do evento, ou seja, a influência do tempo total para evacuação no índice de acertos do limiar.

O tempo total para execução da evacuação deverá ser definido em discussão com a DCM, levando-se em conta a vulnerabilidade da população em risco, o Plano de Evacuação, os resultados de treinamentos de evacuação etc.

Como na situação atual brasileira, os dados sobre os treinamentos para evacuação ainda são limitados, a definição do tempo total para evacuação foi aqui discutida com base na simulação de previsão dos desastres.

Tendo em conta os movimentos de massa ocorridos entre 2008 a 2013, nos municípios de Blumenau, Nova Friburgo e Petrópolis, a **Tabela 4** indica o índice de acertos (IA), o índice de erros (IE) e a frequência anual de séries de chuvas na zona insegura (FZI) nos casos de uso de tempo total para evacuação de 1 hora e de 1,5 horas. Conforme os resultados obtidos, o índice de erros varia de acordo com a região, mas é ligeiramente maior quando se utiliza 1,5 h, sendo recomendado, então, que se use tempo total para evacuação de 1 h, ou seja, o alarme de evacuação deve soar de modo que a população da área de risco tenha o mínimo de 1 hora para sair de suas respectivas edificações (residências, locais de trabalho, escolas etc.) e deslocar-se com segurança para os pontos de encontro designados.

**Tabela 4:** Tempo total para evacuação e precisão de previsão de evento (deslizamentos e fluxos de detritos).

Município	Período de Dados	Tempo Total para Evacuação igual a 1 h			Tempo Total para Evacuação igual a 1,5 h		
		Índice de Acertos da LC	Índice de erros da LPMA	Frequência Anual de Séries de Chuvas na Zona Insegura	Índice de Acertos da LC	Índice de erros da LPMA	Frequência Anual de Séries de Chuvas na Zona Insegura
Nova Friburgo	2008-2013	100%	50%	0,25	100%	50%	0,25
Petrópolis	2011-2013	100%	88%	4,25	100%	90%	4,75
Blumenau	2008-2011	100%	71%	0,50	100%	86%	1,00

### 2.3.1.3 Critérios para elevação e para rebaixamento do nível dos alertas e para correlação destes com os estágios operacionais das ações de prevenção

Há casos em que os deslizamentos planares ocorrem um pouco depois do término da chuva; por isso, a decisão de rebaixamento do estágio operacional das ações de prevenção deverá ser executada com igual cautela que a elevação.

Assim, enquanto a decisão de subida ou descida do nível do alerta deve ser tomada, pelo Cemaden ou pela DCE, exclusivamente com base no comportamento da curva cobra, para a decisão sobre a subida ou descida do estágio operacional das ações de prevenção, a lógica será diferente. Em especial, quando a descida do Nível Operacional implicar a desmobilização da evacuação, a decisão deve ser tomada, pela DCM, exclusivamente com base em vistorias de campo nas áreas em risco. O **Quadro 6** mostra o uso dos gatilhos para a subida ou descida dos alertas e dos alarmes, bem como para a mobilização ou desmobilização da evacuação. O **Quadro 7**, por sua vez, detalha o uso dos gatilhos para a tomada de decisão em relação ao estágio operacional das ações de prevenção e contingência.

Gatilhos	Critérios para Tomada de Decisão sobre o Nível dos Alertas e Alarmes e sobre a Evacuação					
	<sup>(a)</sup> Subida ou Mobilização <sup>(b)</sup>			<sup>(a)</sup> Descida ou Desmobilização <sup>(b)</sup>		
	Alerta	Alarme	Evacuação	Alerta	Alarme	Evacuação
Chuva Total <sup>(c)</sup>	0	1	1	0	1	1
Boletim de Risco <sup>(d)</sup>	0	0	0	0	1	1
Curva Cobra x Limiares <sup>(e)</sup>	3	3	3	3	2	2
Sistema Colaborativo de Coleta de Dados	0	1	0	0	0	0
Vistoria da Área de Risco <sup>(f)</sup>	0	2	2	0	3	3

3: Critério principal. 2: Critério secundário. 1: Critério alternativo. 0: Critério que não deverá ser utilizado como gatilho.

**Observação:** Na ausência das condições que satisfaçam o gatilho do critério principal (3), o gatilho do critério secundário (2) poderá ser utilizado para a tomada de decisão. Da mesma forma, na ausência das condições que satisfaçam os gatilhos principal e secundário, o gatilho do critério alternativo (1), poderá ser utilizado para a tomada de decisão.

(a): Referente à subida ou descida do nível do alerta ou alarme.

(b): Referente à mobilização ou desmobilização da evacuação.

(c): Abrange a soma da chuva observada (pluviômetros automáticos) e da previsão de chuva futura (previsões de chuva de curtíssimo prazo ou modelo meteorológico regional), sem considerar meia vida.

(d): Abrange a Nota Técnica de Desastres Naturais (para os próximos 7 dias), Previsão de Risco Geohidrológico (para o dia seguinte) e Reunião Diária de Alinhamento de Informações<sup>18</sup> (para o dia corrente), todos emitidos pelo Cemaden.

(e): A análise do comportamento da curva cobra em relação aos limiares (chuva efetiva com meia vida) é feita tanto para a decisão sobre os alertas (Cemaden ou DCE) como para a decisão sobre os alarmes (DCM ou DCE).

(f): Referente às vistorias de inspeção preventiva ou às vistorias de liberação das áreas de risco, respectivamente, na subida ou descida do nível do alerta ou alarme.

**Quadro 6: Critérios para tomada de decisão sobre o nível dos alertas e dos alarmes e sobre a evacuação.**

Gatilhos	Importância Relativa para a Tomada de Decisão sobre o Estágio Operacional das Ações de Proteção contra Movimentos de Massa	
	Subida	Descida
Alerta <sup>(a)</sup>	3	1
Alarme <sup>(a)</sup>	3	2
Evacuação <sup>(b)</sup>	0	0
Ações de Resposta <sup>(c)</sup>	2	0
Sistema Colaborativo de Coleta de Dados	1	0
Vistorias da Área de Risco <sup>(d)</sup>	1	3

3: Critério principal. 2: Critério secundário. 1: Critério alternativo. 0: Critério que não deverá ser utilizado como gatilho.

<sup>18</sup> Reunião Diária de Alinhamento de Informações: tradução do termo *briefing*, da língua inglesa.

**Observação:** Na ausência das condições que satisfaçam o gatilho do critério principal (3), o gatilho do critério secundário (2) poderá ser utilizado para a tomada de decisão. Da mesma forma, na ausência das condições que satisfaçam os gatilhos principal e secundário, o gatilho do critério alternativo (1), poderá ser utilizado para a tomada de decisão.

(a): Referente à subida ou descida do nível operacional das ações de proteção e defesa civil.

(b): Referente à mobilização ou desmobilização da evacuação, respectivamente, na subida ou descida do nível operacional das ações de proteção e defesa civil.

(c): Referente ao início ou conclusão das ações de resposta, respectivamente, na subida ou descida do nível operacional das ações de proteção e defesa civil.

(d): Referente às vistorias de inspeção preventiva ou às vistorias de liberação das áreas de risco, respectivamente, na subida ou descida do nível operacional das ações de proteção e defesa civil.

#### **Quadro 7: Critérios para tomada de decisão sobre o estágio operacional das ações de prevenção.**

A condição necessária e suficiente (gatilho) para a alteração do nível do alerta é que a curva cobra atinja ou transponha uma dada linha de referência convencionada (LPM, LPA, LPMA ou LC). Esta mudança é constatada pelo monitoramento do gráfico da curva cobra e pela aplicação dos seguintes critérios:

- a) Quando o ponto mais recente da curva cobra atingir ou cruzar uma linha de referência (ou seja, a LC, a LPMA, a LPA ou a LPM<sup>19</sup>, conforme o caso), deverá ser elaborado e transmitido um alerta correspondente, atualizando este novo posicionamento.

Assim, partindo-se de uma situação de vigência de baixos índices de chuva efetiva de 1,5 e de 72 horas, compatíveis com a probabilidade baixa de evento (acidente ou desastre), têm-se três situações distintas quanto ao alerta:

- i. Abertura: situação em que a curva cobra migra do campo de probabilidade baixa para um campo de maior probabilidade de evento de acidente ou desastre.

Usualmente a abertura corresponderá ao alerta moderado (a curva cobra transpondo somente a LPM, ou seja, migrando do campo de probabilidade baixa para o campo de probabilidade moderada de algum evento). Porém, pode ocorrer que a abertura coincida com a transmissão do alerta alto (curva cobra transpondo, de uma só vez, a LPM e a LPA, ou seja, migrando do campo de probabilidade baixa para o campo de probabilidade alta de algum evento) ou mesmo do alerta muito alto (curva cobra transpondo, de uma só vez, a LPM, a LPA e a LPMA, ou seja, migrando do campo de probabilidade baixa para o campo de probabilidade muito alta de algum evento).

As duas últimas situações constituem exceções indesejadas, que podem decorrer de inconsistência técnica (falha na especificação das linhas de referência) e/ou de limitações próprias do modelo conceitual<sup>20</sup>, ou da tecnologia adotada (situações anômalas vinculadas a chuvas localizadas e excepcionalmente intensas e rápidas);

- ii. Atualizações: correspondem às transmissões entre a abertura do alerta e

<sup>19</sup> LPM: Linha de Probabilidade Moderada de Eventos; LPA: Linha de Probabilidade Alta de Eventos; LPMA: Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos; LC: Linha Crítica de Eventos.

<sup>20</sup> No Método Compartilhado, as previsões de eventos tendem a ser mais precisas para chuvas do tipo frente (prolongadas) que para as do tipo tempestade (rápidas e intensas).



anteriores ao seu cessar (sem alertas).

As atualizações podem implicar tanto a elevação do nível do alerta como o seu rebaixamento, tantas vezes quanto necessárias;

- iii. Cessar (sem alertas): corresponde ao retorno da curva cobra para o campo da probabilidade baixa de evento, usualmente, a partir do alerta de probabilidade moderada.

Pela natureza dos índices de chuva efetiva, sobretudo do índice de chuva efetiva com meia vida de 72 h, é esperado que o rebaixamento do alerta seja gradual, ou seja, com o nível do alerta decrescendo somente um nível por vez, até transpor descendentemente a LPM.

#### **2.3.1.4 Conteúdo dos alertas**

Na elaboração e na transmissão dos alertas, é necessário que algumas condições sejam garantidas: rapidez na elaboração e padronização das mensagens; clareza, redundância e concisão nas informações; redundância de tecnologias empregadas para a transmissão da mensagem; e comprovação da transmissão e recebimento (preferencialmente de modo automatizado).

Em curto prazo, dois formatos devem ser empregados de modo simultâneo e independente: o primeiro é o “Alerta Resumido” e o segundo, o “Alerta Detalhado”.

O conteúdo recomendado ao “Alerta Detalhado” encontra-se descrito no **Quadro 8**, sendo que este deve ocupar somente uma folha de formato A4, com o uso da frente e verso, perfazendo 2 páginas em fonte mínima de tamanho 11. Cada um dos campos de informação deverá ser numerado sequencialmente e nenhum campo adicional deverá ser acrescentado.

No caso do “Alerta Detalhado”, mensagem deverá incluir os itens de números 1 a 15 do **Quadro 8**, sendo prioritários os de números 1 a 11. Os itens para composição do “Alerta Resumido” são os listados com os números de 1 a 6 no **Quadro 8**. A fim de se evitar problemas com códigos de conversão de caracteres, deverá ser utilizado um texto sem acentuação e arquivo em formato PDF, compatível com os meios multimídias disponíveis.

Contudo, em médio prazo, a prioridade será a utilização somente de painel de controles (painel do município), onde todos os atores da previsão e alertas - Cemaden, DCEs e DCMs, possam operar conjunta e simultaneamente, com acesso *on-line* ao conjunto de informações citadas.

A **Figura 16** mostra o modelo de alerta utilizado na etapa experimental do Projeto Gides, onde se buscou a praticidade na informação essencial, porém, de modo conjugado com *links* de acesso a informações adicionais. O **Anexo 4** mostra um modelo de alerta detalhado.

	Nº	Itens	Detalhes	Observações
Página 1 (Frente)	1	Tipo de alerta	Alerta de deslizamento planar ou rotacional. Alerta de fluxo de detritos.	Identificar a quais cenários o alerta se refere.
	2	Número do alerta	Ano + código do município + bloco + número sequencial do alerta + atualização.	Código identificador do alerta.
	3	Data e hora da transmissão	Dia/mês/ano hh:mm.	Data e hora da transmissão do alerta (em formato BRT <sup>21</sup> ).
	4	Área de aplicação do alerta	Nome do estado, município e bloco.	Indicar o local para o qual o alerta se aplica.
	5	Órgão responsável	Cemaden ou DCE.	Indicar o nome e os contatos do órgão responsável pela transmissão do alerta.
	6	Nível do alerta	Sem Alertas - Cessar, Moderado, Alto, Muito Alto ou Máximo.	Indicar o nível de alerta (probabilidade de evento ocorrer, no intervalo de tempo a que se refere <sup>22</sup> ).
	7	Ação esperada da DCM	Proceder conforme os critérios unificados e com o Plano de Contingência do Município. Monitorar painel do Município, no site do Cemaden.	Conforme textos padronizados.
	8	Estação crítica ou radar meteorológico	Código e nome do pluviômetro automático que superou a LC, LPMA, LPA ou LPM, conforme seja o caso.	Conforme código padronizado da PCD que motivou o alerta.
	9	Significado da superação do limiar	Tempo para entrada na zona insegura, mantidas as tendências pluviométricas: LPM (3 h), LPA (2 h), LPMA (1 h) e LC (já está na zona insegura).	Conforme textos padronizados.
	10	Resumo das condições meteorológicas	Descrição das condições e tendências meteorológicas na área de aplicação do alerta.	Descrição das condições meteorológicas atuais e condições futuras.
	11	Endereço na rede mundial de computadores das informações meteorológicas	Endereço na rede mundial de computadores para obtenção de informações meteorológicas.	Indicação do endereço do Cemaden, CPTEC, Epagri-Ciram na rede mundial de computadores, conforme seja o caso.
Página 2 (Verso)	12	Imagem do radar meteorológico	Imagem de radar meteorológico que cobre a área de risco alertada, caso aplicável.	Descrição da hora da imagem. Delimitação das áreas em riscos na imagem.
	13	Gráfico da chuva horária	Gráfico da chuva horária da estação crítica.	Anexar o endereço na rede mundial de computadores de texto explicativo da chuva horária.
	14	Gráfico da Curva Cobra.	Gráfico da curva cobra da estação crítica.	Anexar o endereço, na rede mundial de computadores, de texto explicativo da curva cobra.
	15	Situação da transmissão de alertas no município.	Endereço na rede mundial de computadores para obtenção da lista do nível dos alertas vigentes no Estado.	Anexar o endereço do Cemaden ou da Defesa Civil do Estado na rede mundial de computadores, conforme seja o caso.

**Quadro 8:** Diretrizes para conteúdo do alerta.

<sup>21</sup> BRT: Zona de tempo usada pelo Brasil, que consiste em -03h00 em relação ao horário GMT.

<sup>22</sup> No caso do Alerta Moderado, mantidas as tendências de chuva do momento da elaboração deste alerta, a previsão é de que a curva cobra transponha a linha crítica em três horas, configurando probabilidade máxima para a deflagração de eventos. De modo similar, para o Alerta Alto, o tempo para transposição da linha crítica seria de 2 horas; para o Alerta Muito Alto, de 1 hora; e transposição já ocorrida para o caso do Alerta Máximo.



ALERTA DE RISCO DE DESASTRES NATURAIS (USO EXCLUSIVO NO PROJETO GIDES – NÃO UTILIZAR EM USO OPERACIONAL)

1. Identificação do Alerta	Código do Alerta		Município / UF		
	RJ-3303906-20161208122130-01-108-E		PETRÓPOLIS/RJ		
2. Histórico do Alerta	Atualização	Referência	Data / Hora	Processos Alertados	Níveis do Alerta
	1	Abertura	12/11/2016 04:00	Deslizamentos	Muito Alto
3. Status das PCDs	Identificação das PCDs		Grau de Risco para Eventos	Áreas de Defesa Civil Associadas às PCDs	
	330390611A - Itaipava		Muito Alto (=)		
4. Painel do Município	<a href="http://150.163.255.234/salvar/graficos/grafico_CEMADEN_Gides.php?idpcd=3312">http://150.163.255.234/salvar/graficos/grafico_CEMADEN_Gides.php?idpcd=3312</a>				
5. Recomendações para uso do alerta	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Acessar o Painel do Município (no site do Cemaden ou no link acima) e manter-se em monitoramento contínuo, até o encerramento deste alerta.</li> <li>2. Em caso de dúvidas sobre este alerta, e/ou quando houver a necessidade de comunicar informações relevantes durante a vigência deste alerta, contatar a Defesa Civil Estadual e/ou o Cemaden.</li> <li>3. Proceder conforme o Plano de Contingência do Município, para as demais ações</li> </ol>				
6. Avaliação do Alerta	Avaliação do alerta Cemaden, depois do recebimento do aviso de encerramento do alerta: email <xxx@cemaden.gov.br>				

Figura 16: Modelo de alerta detalhado.

### 2.3.2 Alarmes para eventos monitorados pela chuva - deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos

A elaboração de alarmes para este tipo de processo estará a cargo das DCMs, conforme seus procedimentos operacionais específicos, observados os aspectos contidos no **Quadro 5**.

### 2.3.3 Alertas para eventos monitorados pelo deslocamento do solo/rocha - rastejo e queda de blocos

Não está prevista a elaboração de alertas para estes tipos de processo.

### 2.3.4 Alarmes para eventos monitorados pelo deslocamento do solo/rocha - rastejo e queda de blocos

#### 2.3.4.1 Níveis de alarmes

No caso do rastejo, para aqueles locais que não tiverem seus limiares definidos por estudos específicos, deverá ser utilizada a velocidade de deslocamento do solo/rocha da encosta como limiar indicativo do início da deflagração do processo (**Tabela 3**). Notar que os níveis de alarmes serão os mesmos constantes do **Quadro 5**.

Contudo, a decisão sobre a transmissão do alarme não deverá ser tomada somente com base na velocidade de deslocamento do solo/rocha no topo da encosta instabilizada (região da trinca no solo), mas também considerando fatores como o deslocamento total acumulado e a taxa de aceleração momentânea da velocidade de deslocamento, dentre outros (ver **Tabela 2**). Procedimento similar deve ser observado quando do rebaixamento ou cancelamento do alarme.

#### **2.3.4.2 Tempo de antecedência para transmissão do alarme (tempo total para evacuação)**

A noção de tempo de antecedência não é aplicável, no caso de eventos monitorados pelo deslocamento do solo, devido às incertezas inerentes, ao menos no atual estágio de conhecimento do processo no País.

Contudo, como a transmissão do alarme é decidida a partir da medição da velocidade de deslocamento do solo, a possibilidade de erro tende a ser menor. É muito importante que o momento da transmissão do alarme de evacuação seja decidido com a constatação da aceleração da velocidade de deslocamento do solo/rocha na encosta, conjugada com a observação da situação local (sobretudo de indícios precursores de eventos).

#### **2.3.4.3 Critérios para elevação e para rebaixamento do nível dos alarmes e para correlação destes com os estágios operacionais das ações de prevenção**

O cessar do alarme de rastejo não deve ser decidido somente pela comparação direta do limiar de velocidade de deslocamento do solo; esta é uma questão que requer uma análise e julgamento mais acurado, em termos de segurança.

Neste sentido, a liberação deverá ser feita com muita cautela e somente depois de estudada a condição de estabilização do rastejo e certificada a segurança da Zona Amarela e Zona Vermelha, em decorrência de:

- a) Rebaixamento do nível da água subterrânea, causadora do processo;
- b) Garantia de segurança relativa, proporcionada pelas medidas emergenciais tomadas (contenção, estabilização, drenagem superficial e profunda etc.);
- c) Inexistência de risco de outros tipos de movimentos de massa na região afetada.

#### **2.3.4.4 Formatos dos alarmes**

Tendo em conta as características de transição brusca da situação segura para uma insegura, os alarmes devem ser constituídos por mensagens sonoras e/ou luminosas, com registro digital apenas para efeito de contabilização e comprovação administrativa.

## 2.4 TRANSMISSÃO DE ALERTAS E ALARMES

### 2.4.1 Alertas para eventos monitorados pela chuva - deslizamentos planar, deslizamento rotacional e fluxos de detritos

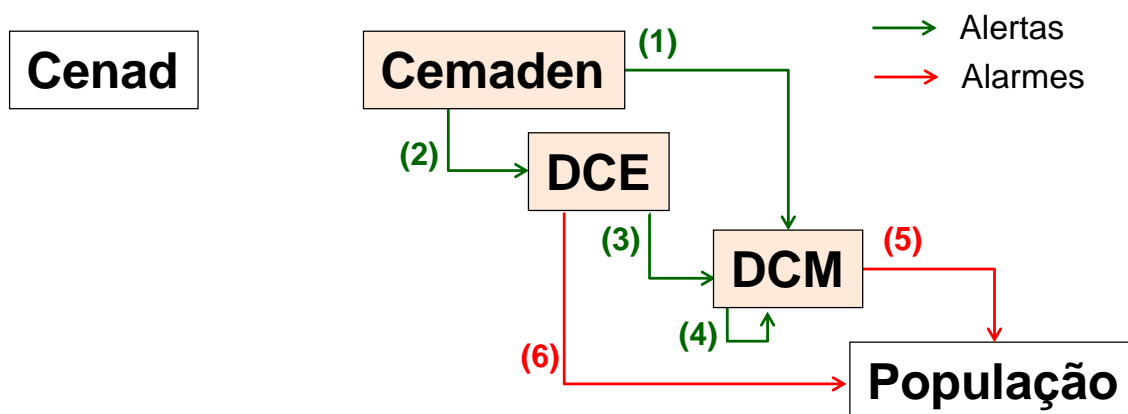
Considerando-se a necessidade de transmissão do alarme de forma rápida e eficiente, pela DCM à população, esta tarefa poderá ser executada por unidades administrativas descentralizadas (regionais da Defesa Civil Municipal). Assim, para que o alerta transmitido pelo Cemaden ou DCE não gere discrepância com a transmissão do alarme pela unidade regional da DCM, haverá a necessidade de perfeita coordenação entre estes quatro entes.

Para tal, mesmo quando o município seja subdividido em blocos e/ou que existam regionais da DCM, o alerta do Cemaden deverá ser transmitido somente para a matriz da DCM, a qual procederá à divulgação junto às suas regionais, conforme seja o caso.

#### 2.4.1.1 Rotas de transmissão (fluxos)

O Cemaden ou a DCE farão a elaboração célere dos alertas e os transmitirá diretamente para as DCMs, simultaneamente dando ciência a todos os demais órgãos afins das esferas federal, estadual e municipal. As rotas de transmissão (fluxos) indicadas na **Figura 17** deverão ser consideradas como sendo as básicas.

O alerta de movimentos de massa deverá ser exclusivo, ou seja, não deverá abordar outros desastres naturais que não os movimentos de massa, tal como inundação, por exemplo.



#### Observações:

- 1) No caso de processos monitorados pelo deslocamento do solo/rocha (rastejos e quedas de blocos), aplicam-se somente as opções (5) ou (6).
- 2) Qualquer que seja o emissor (Cemaden, DCE ou DCE), de alerta ou alarme, os demais órgãos citados (Cenad, Cemaden, DCE ou DCE) deverão ser concomitantemente comunicados acerca das mensagens transmitidas.

**Figura 17:** Fluxograma das opções de rota de transmissão dos alertas e alarmes.

A definição da rota a adotar deverá ser decidida estado a estado. Independentemente da delegação para elaborar e transmitir o alerta, o Cemaden permanecerá responsável pela avaliação do desempenho e da promoção da melhoria contínua dos alertas e alarmes.

#### **2.4.1.2 Meios de transmissão (tecnologias)**

Serão utilizados três meios de comunicação, a saber: por mensagem eletrônica<sup>23</sup>, por mensagem de texto<sup>24</sup> e por disponibilização via painel de controles (painel do município) no endereço do Cemaden na rede mundial de computadores.

No caso das mensagens eletrônicas, para que a informação do alerta não seja perdida entre a miscelânea de comunicados, é fundamental que seja utilizado um endereço eletrônico exclusivo e de provedor confiável, de modo a se manter com exatidão toda a série de registros das citadas informações.

Os “alertas detalhados” devem ser transmitidos aos órgãos competentes via mensagem eletrônica e disponibilizados no endereço do Cemaden na rede mundial de computadores. Simultaneamente, os “alertas resumidos” serão transmitidos diretamente aos encarregados dos órgãos competentes, via mensagens de texto e painel de controle.

Os alertas detalhados e os alertas resumidos devem ser transmitidos através de uma mesma rota de transmissão (fluxo), conforme **Figura 17**, e com a utilização dos meios descritos (mensagens eletrônicas e mensagens de texto).

A utilização de três formatos (mensagens eletrônicas, mensagens de texto e painel de controle) propiciará redundância, precavendo-se contra eventuais falhas nos meios de comunicação, bem como situações de ausência do encarregado junto dos aparelhos receptores.

Em adição aos alertas, boletins meteorológicos devem ser transmitidos pelo Cemaden ou pelos Estados às DCMs, por mensagem eletrônica.

Além disso, os diversos dados de chuva devem ser obtidos, por PCD pluviométrica, diretamente através dos endereços do Cemaden, DCEs, Inmet, CPTEC, Inea, Simepar e demais órgãos de monitoramento, através da rede mundial de computadores (ver item 5.1 deste Manual).

#### **2.4.1.3 Confirmação da recepção dos alertas**

A transmissão dos alertas é extremamente importante, pois têm implicação direta com a proteção de vidas e de bens. Assim sendo, as informações transmitidas devem ter seu recebimento confirmado.

---

<sup>23</sup> Mensagem eletrônica: tradução do termo *e-mail*, da língua inglesa.

<sup>24</sup> Mensagem de texto: tradução do termo *short message service* (SMS), da língua inglesa.

As DCMs devem confirmar ao Cemaden, automática e exclusivamente por mensagem eletrônica, que receberam e leram os alertas. Oportunamente, esta confirmação deverá ser feita on-line, simplificando o procedimento e com a vantagem adicional de compartilhamento, em tempo quase real, das informações entre os três níveis envolvidos.

Tanto a confirmação da leitura como a sua ausência deverão constar do painel de controle. Caso a confirmação não ocorra em até dez minutos da transmissão, o Cemaden deverá efetuar o contato telefônico com o encarregado da DCM, para confirmação do recebimento e solicitação da providência. Este fato deverá compor o indicador de desempenho específico.

#### **2.4.1.4 Manutenção das rotas de transmissão (fluxos)**

A fim de realizar as transmissões de alertas de forma contínua e segura, quando houver qualquer alteração nos dados dos responsáveis ou encarregados pelo manuseio dos alertas, o respectivo órgão deverá providenciar a imediata atualização de todos os dados necessários.

#### **2.4.2 Alarmes para eventos monitorados pelo deslocamento do solo/rocha - rastejo e queda de blocos**

##### **2.4.2.1 Rotas de transmissão (fluxos)**

Tendo em conta as características de transição brusca da situação segura para uma insegura, os alarmes devem ser dirigidos diretamente à população das áreas em risco.

##### **2.4.2.2 Meios de transmissão (tecnologias)**

Os alarmes podem ser transmitidos de modo coletivo ou, preferencialmente, de modo individualizado, diretamente a cada residência das áreas em risco.

##### **2.4.2.3 Confirmação das transmissões e recepções dos alertas**

O recebimento dos alarmes deve ser efetuado de modo individualizado, residência por residência das áreas em risco, mediante contagem das pessoas que atenderam aos alarmes ou outro método equivalente.

##### **2.4.2.4 Manutenção das rotas de transmissão (fluxos)**

A fim de realizar as transmissões dos alertas de forma contínua e segura, o cadastro de moradores deve ser atualizado periodicamente, bem como deve ser mantido atualizado o controle da quantidade de moradores por residência da área em risco.

#### **2.5 SISTEMAS INFORMATIZADOS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO**

Em face de uma situação que muda a cada momento, as informações deverão ser processadas e compartilhadas de forma rápida e eficaz (**Figura 18**). Para isso, o Cemaden, as

DCEs e as DCMs deverão construir um sistema informatizado robusto e automatizado, contendo módulos ou interfaces específicas para cada uma das tarefas previstas, desde a coleta, tratamento e disponibilização de dados pluviométricos e dados de deslocamento do solo/rocha, elaboração e transmissão de alertas e de alarmes, registro de informações de eventos nos bancos de dados designados, disponibilização de informações públicas e avaliação de desempenho operacional.

Para sanar eventuais problemas na coleta de dados e/ou na disponibilização de informações, o Cemaden, as DCEs e as DCMs deverão designar os responsáveis (e seus substitutos eventuais) por atender as demandas e fornecer informações sobre os sistemas informatizados e suas interfaces, bem como indicar quais os canais de comunicação a utilizar.

De modo geral, é fundamental que os sistemas informatizados sejam compartilhados com as DCEs e Municipais, de modo que estas também possam utilizá-lo para subsidiar sua decisão quanto à transmissão dos alarmes, bem como para construir bancos de dados necessários às avaliações e à melhoria dos limiares utilizados por todos.

Gradativamente, os produtos disponibilizados por esta interface deverão municiar as salas de situação do Cemaden, das DCEs e das DCMs, em regime de 24 h x 365 dias/ano.

### **2.5.1 Interface de banco de dados de caracterização das áreas de risco**

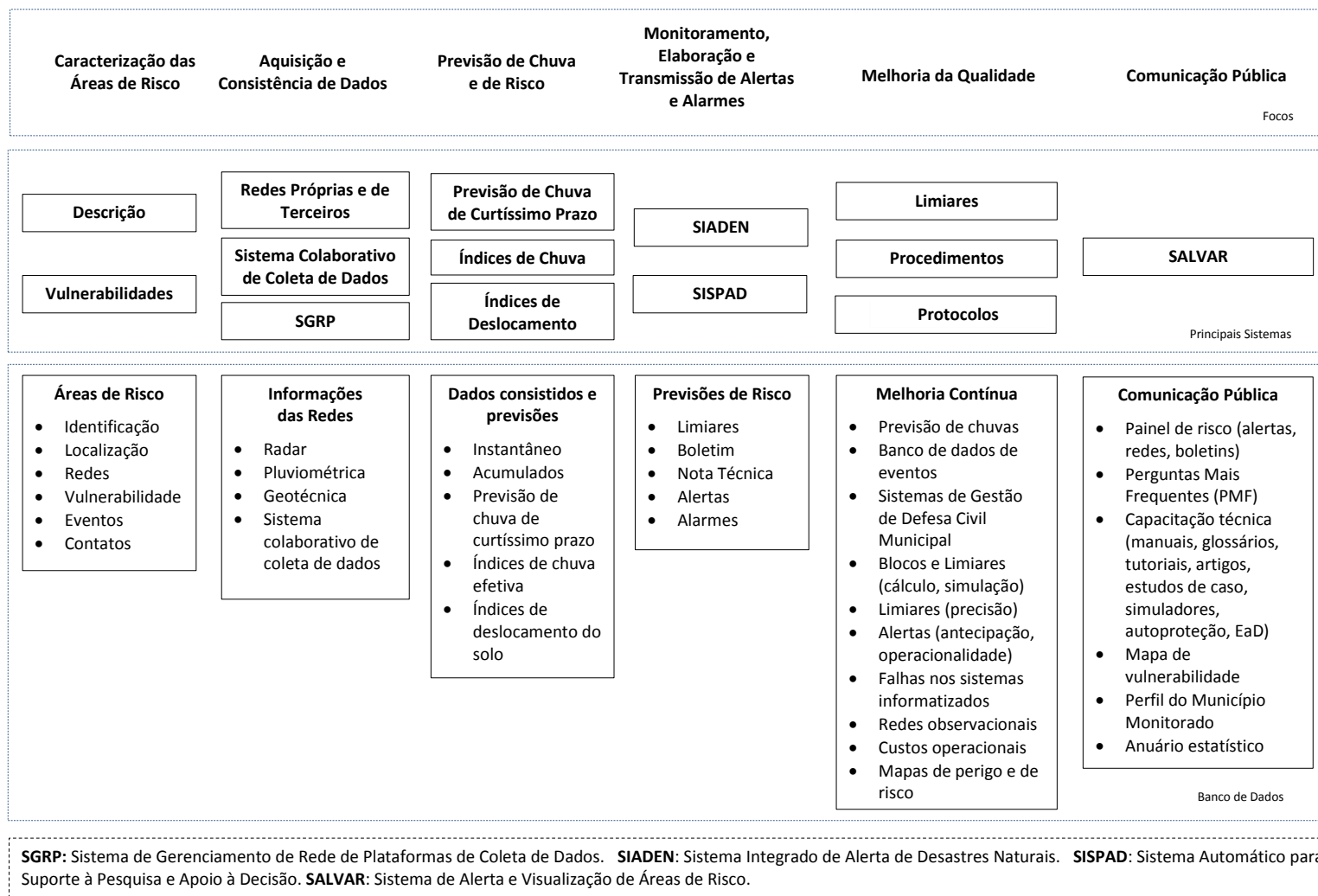
As áreas de risco deverão possuir número de identificação único, ao qual todas as informações a ela referentes no País deverão estar indexadas.

Esta interface visa fornecer dados e informações básicas sobre as áreas de risco, as quais serão utilizadas em vários momentos, para diferentes finalidades e por distintos usuários. As seguintes necessidades devem ser atendidas:

- a) Descrição da área de risco:
  - i. Identificação:
    - Código nacional único;
    - Dimensão;
    - Município, Estado;
    - Bairro;
    - Cenários de risco mais prováveis (deslizamento planar, deslizamento rotacional, fluxo de detritos, rastejo, queda de blocos etc.).
  - ii. Redes observacionais disponíveis:
    - Radar meteorológico;
    - PCDs pluviométricas e fluviométricas;
    - Sensores de deslocamento do solo.
    - Sensores de umidade de solo;
  - iii. Contatos para alertas e para alarme.



## SISTEMAS CEMADEN PARA MONITORAMENTO, PREVISÃO, ALERTAS E ALARMES



**Figura 18:** Sistemas informatizados para monitoramento, previsão, alertas e alarmes.

- b) Vulnerabilidade:
  - i. Aspectos socioeconômicos:
    - População total;
    - Perfil populacional (crianças, jovens, adultos, idosos);
    - Pessoas portadoras de necessidades especiais;
    - Escolaridade.
  - ii. Aspectos de infraestruturas de prevenção e resposta a desastres naturais:
    - Quantidade de pontos de encontro;
    - Quantidade de rotas de fuga;
    - Quantidade de Núcleos Comunitários de Proteção e Defesa Civil (Nupdecs);
    - Qualidade do sistema viário (acesso, declividade, iluminação etc.);
    - Qualidade da comunicação;
    - Quantidade de PCDs;
  - iii. Aspectos históricos de evacuação da população:
    - Tempo total estimado para evacuação;
    - Data da estimativa;
    - Método da estimativa.
  - iv. Histórico de eventos:
    - Eventos e respectivos danos.

A finalidade deste banco de dados é prover os seguintes subsídios:

- a) Tempo de antecedência para a transmissão dos alertas e alarmes;
- b) Prioridade para a instalação e manutenção de PCDs;
- c) Prioridade para ações de capacitação;
- d) Subsídio às ações de prevenção e resposta da DCM;
- e) Dados históricos de acidentes e desastres;
- f) Acidente e respectiva descrição de danos (data, residência destruídas, óbitos, estimativa de danos, se disponível).

### **2.5.2 Interface para aquisição e consistência de dados de chuva e de dados de deslocamento do solo/rocha**

O sistema informatizado utilizado pelo Cemaden, DCEs e DCMs deverá possuir um módulo para viabilizar a coleta, o tratamento e a disponibilização de dados pluviométricos consistidos, de forma contínua e em tempo quase real, a todos os usuários citados.

No caso dos dados de deslocamento do solo/rocha, a coleta e o processamento serão efetuados localmente, pela DCM. Os sistemas informatizados necessários devem ser desenvolvidos e mantidos pelo Cemaden e/ou pelas DCEs, e cedido às DCMs.

Para garantir conectividade, intercambialidade e segurança, ao máximo possível, devem ser estabelecidos protocolos comuns para a padronização dos formatos utilizados tanto para a coleta como para o compartilhamento de dados.

Os dados básicos necessários para a previsão de eventos são de três naturezas:

- a) Dados pluviométricos, para deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos;
- b) Dados de deslocamentos do solo, para rastejo e queda de blocos;
- c) Dados de umidade do solo, utilizados indiretamente para previsão de deflagração de todos os processos citados.

Esses dados serão obtidos tanto de redes observacionais próprias (Cemaden, DCE, DCM) como de terceiros (Ana, REDEMET etc.).

A rede pluviométrica, para fins operacionais, é constituída de pluviômetros automáticos e radares meteorológicos. A rede de deslocamento do solo/rocha (operacional) pode incluir extensômetros horizontais de solo, sensores de inclinação, inclinômetros, sensores de umidade do solo e Estação Total Robotizada (ETR<sup>25</sup>) e respectivos prismas de reflexão, além de piezômetros para a medição do nível d'água subterrânea.

A finalidade desta interface é uniformizar o acesso às informações disponíveis em nível federal, estadual e municipal, inclusive pela população, de modo a que todos possam desempenhar suas atividades a partir de uma mesma base de dados.

### **2.5.3 Interface para previsão de chuva e de risco em tempo quase real**

Uma vez que os dados coletados foram verificados quanto à sua consistência, é necessário processá-los de modo que estes estejam em condições de uso pelas salas de situação e por outros sistemas informatizados do Cemaden, das DCEs e das DCMs.

A necessidade, em termos de previsão de deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos, abrange os seguintes produtos intermediários:

- a) Previsão de chuva de curtíssimo prazo (de 1 a 3 horas);
- b) Cálculo dos índices de chuva efetiva de curto e de longo prazo;
- c) Cálculo dos índices de chuva total (acumulados para vários períodos de tempo).
- d) Aferição da probabilidade do evento, mediante comparação dos índices de chuva efetiva com os limiares designados;
- e) Dados descritivos das séries de chuvas: data e hora do início e do fim da série de chuvas; índice de chuva efetiva de curto prazo; índice de chuva efetiva de longo

---

<sup>25</sup> Estação total robotizada (ETR): um tipo de extensômetro laser, sem contato com a encosta.

prazo; presença ou ausência de eventos durante a série de chuvas; data e hora do evento, caso aplicável; e chuva total da série de chuvas, chuva máxima da série de chuvas (índices, data e hora).

Quanto à precisão operacional da previsão de rastejo e queda de blocos, os seguintes produtos intermediários são necessários de serem obtidos, a partir dos dados consistidos:

- a) Deslocamento total do solo;
- b) Velocidade instantânea de deslocamento do solo;
- c) Taxas instantâneas de aceleração de deslocamento do solo;
- d) Outros índices, dependentemente da instrumentação disponível (sensores de umidade do solo, sensores de inclinação, inclinômetros, piezômetros etc.).

Conforme destacado anteriormente, o sistema computacional para monitoramento dos dados de deslocamento do solo/rocha estará baseada na DCM, sendo desenvolvido e mantido pelo Cemaden e pela DCE.

#### **2.5.4 Monitoramento, elaboração e transmissão de alertas e alarmes**

Nesta interface, os produtos intermediários anteriormente calculados são automaticamente comparados aos limiares designados, tanto para o caso de deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos (limiares de chuva efetiva), como para o caso de rastejo e queda de blocos (limiares de deslocamento do solo/rocha).

Em consequência, caso aplicável, são automaticamente elaborados e transmitidos os alertas pelo Cemaden ou DCEs (deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos) e/ou os alarmes pelas DCMs (rastejo e queda de blocos; e deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos).

O monitoramento será exercido via painel de controles, onde serão mostrados, para cada PCD, no caso de deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos:

- a) Gráficos da chuva total;
- b) Gráfico da curva cobra.

No caso do rastejo e queda de blocos, serão exibidos no painel de controles:

- a) Deslocamento total do solo/rocha;
- b) Velocidade instantânea de deslocamento do solo/rocha;
- c) Taxa instantânea de aceleração do deslocamento do solo/rocha.

### **2.5.5 Interface para avaliação e melhoria da qualidade dos limiares**

Nesta interface, é avaliado o funcionamento e adequação dos componentes básicos do sistema de previsão, alerta e alarme:

- a) Setorização das áreas de risco;
- b) Redes observacionais;
- c) Sistemas informatizados de apoio à decisão;
- d) Banco de dados para registro de eventos precursoros, de acidentes e de desastres;
- e) Previsão de chuva, por modelos regionais e por previsão de chuva de curtíssimo prazo;
- f) Limiares (blocos para cálculo e precisão dos limiares; frequência anual de chuvas na zona insegura);
- g) Alertas e alarmes (antecedência e redundância na transmissão; clareza, relevância e concisão na mensagem; operacionalidade);
- h) Desempenho operacional no sistema como um todo, incluindo custos.

O limiar é elemento fundamental ao bom desempenho do SAA. Seu cálculo é feito a partir de quatro dados básicos:

- a) Dados de chuva efetiva das séries de chuvas com e sem eventos;
- b) Dados de acidentes e de desastres;
- c) Dados de indícios precursoros de acidentes e de desastres;
- d) Dados de tempo total para as ações de preparação e de evacuação da população.

A caracterização das chuvas efetivas das séries de chuvas com e sem eventos deverá ser disponibilizada pela interface descrita no item 2.5.2.a.

Os dados históricos de acidentes e desastres devem ser obtidos de banco de dados da DCM, integrando tanto informações obtidas diretamente pela DCM como aquelas validadas a partir de informe da população (Disque Defesa Civil, sistema colaborativo de coleta de dados etc.).

Os dados sobre o tempo de antecedência serão obtidos da interface descrita no item 2.3.1.2.

Os limiares calculados por intermédio desta interface, depois de validados conjuntamente (Cemaden, DCE e DCM) serão publicados e utilizados operacionalmente.

A **Figura 19** apresenta o modelo conceitual para avaliação do limiar e ilustra o cálculo dos cinco índices básicos para a avaliação da precisão dos limiares:

- a) Índice de Acertos da Previsão de Eventos (IA)<sup>26</sup>: quantifica quantas vezes houve evento quando os índices de chuva efetiva das séries de chuvas atingiram ou ultrapassaram a linha crítica, em relação ao total de eventos (somando-se as séries de chuvas com eventos cujos índices de chuva efetiva mantiveram-se tanto acima como abaixo da linha crítica). Expresso em porcentagem;
- b) Índice de Erros da Previsão de Eventos (IE)<sup>27</sup>: quantifica quantas vezes houve evento quando os índices de chuva efetiva das séries de chuvas mantiveram-se abaixo da linha crítica, em relação ao total de eventos (somando-se as séries de chuvas com eventos cujos índices de chuva efetiva mantiveram-se tanto acima como abaixo da linha crítica). Expresso em porcentagem;
- c) Índice de Acerto da Previsão de Não Eventos (SEP)<sup>28</sup>: quantifica quantas séries de chuvas sem evento mantiveram-se abaixo da linha crítica, em relação ao total de séries de chuvas sem evento (somando-se as séries de chuvas sem eventos cujos índices de chuva efetiva mantiveram-se tanto acima como abaixo da linha crítica). Expresso em porcentagem;
- d) Índice de Alertas Falsos (IAF)<sup>29</sup>: quantifica quantas séries de chuvas sem evento atingiram ou ultrapassaram a linha crítica, em relação ao total de séries de chuvas sem evento (somando-se as séries de chuvas sem eventos cujos índices de chuva efetiva mantiveram-se tanto acima como abaixo da linha crítica). Por vezes, também referido como índice de alertas vazios. Expresso em porcentagem;
- e) Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura (FZI)<sup>30</sup>: quantifica quantas séries de chuvas com ou sem evento atingiram ou ultrapassaram a linha crítica, em relação ao período de tempo no qual foram tomados tais dados das séries de chuvas. Expresso em unidades/ano.

Cabe destacar que os cinco índices citados avaliam a precisão do limiar, sendo incorreto referir-se à precisão do alerta ou do alarme, conforme citado. Alertas e alarmes somente poderão ser avaliados quanto à sua antecipação em relação ao momento previsto para que a curva cobre atinja ou ultrapasse a linha crítica.

---

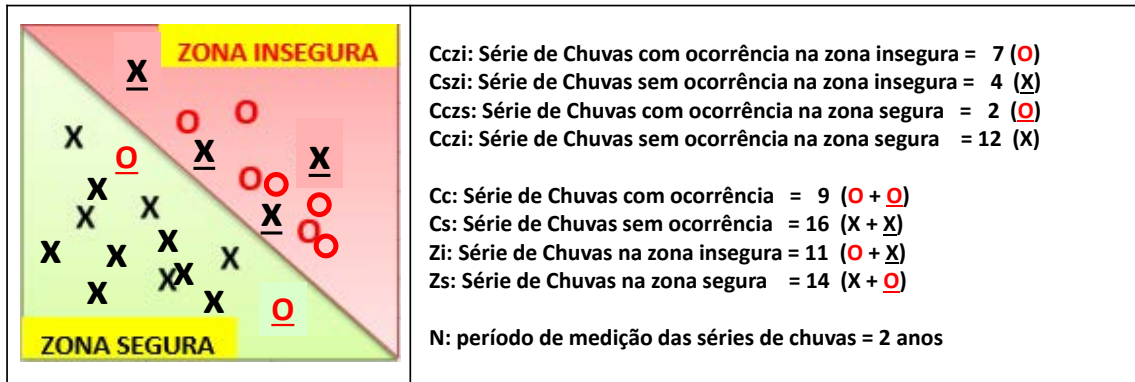
<sup>26</sup> Índice de acertos da previsão de eventos: tradução de *hit rate* ou *sensitivity*, ambos da língua inglesa.

<sup>27</sup> Índice de erros da previsão de eventos: tradução de *miss rate*, da língua inglesa. Referido como Erro Tipo II, na estatística.

<sup>28</sup> Separabilidade do limiar: tradução de *specificity* ou *selectivity*, ambos da língua inglesa.

<sup>29</sup> Índice de alertas falsos: tradução de *false alarm rate*, da língua inglesa. Referido como Erro Tipo I, na estatística.

<sup>30</sup> A frequência anual de séries de chuvas na zona insegura: expressa quantas vezes por ano o posicionamento das séries de chuvas evoluiu para contexto de probabilidade máxima de eventos.



**IA: Índice de Acertos da Previsão de Eventos (Sensibilidade. *Sensitivity*. Taxa de Positivo Verdadeiro. *True Positive Rate - TPR*).**

- $IA = Cczi / (Cczi + Cczs) = 7 / (7 + 2) = 7 / 9 = 77,78\%$ .

**IE: Índice de Erros da Previsão de Eventos (Índice de Alerta Perdido. *Miss Rate*. Índice de Falso Negativo. *False Negative Rate - FNR*).**

- $IE = Cczs / (Cczs + Cczi) = 2 / (2 + 7) = 2 / 9 = 22,22\%$ .

**SEP: Índice de Acerto da Previsão de Não Eventos (Separabilidade. *Specificity*, *Selectivity*. Taxa de Negativo Verdadeiro. *True Negative Rate - TNR*).**

- $SEP = Cszi / (Cszi + Cczi) = 12 / (12 + 4) = 3 / 4 = 75,00\%$ .

**IAF: Índice de Erro da Previsão de Não Eventos (Índice de Alarme Falso. Taxa de Falso Positivo. *False Positive Rate - FPR*).**

- $IAF = Cczi / (Cszs + Cczi) = 2 / (2 + 12) = 1 / 7 = 14,29\%$ .

**FZI: Frequência de Chuvas na Zona Insegura.**

- $FZI = (Cczi + Cszi) / N = (7 + 4) / 2 = 5,5 = 5$ .

**Figura 19:** Modelo conceitual para avaliação da precisão do limiar (linha crítica).

Dos cinco índices citados, dois se referem exclusivamente à capacidade de o limiar adequadamente identificar quando haverá um evento (Índice de Acertos de Eventos e Índice de Erros de Eventos), dois se referem exclusivamente à capacidade de o limiar adequadamente identificar quando não haverá um evento (Índice de Acerto da Previsão de Não Eventos e Índice de Alertas Falsos) e um se refere à quantidade média de vezes que o limiar será superado por ano (Frequência de chuvas na Zona Insegura).

Note-se, ainda, que o conceito de Frequência Anual pode ser estendido para se verificar a quantidade de vezes por ano que, para um dado limiar, foi transmitido alerta solicitando:

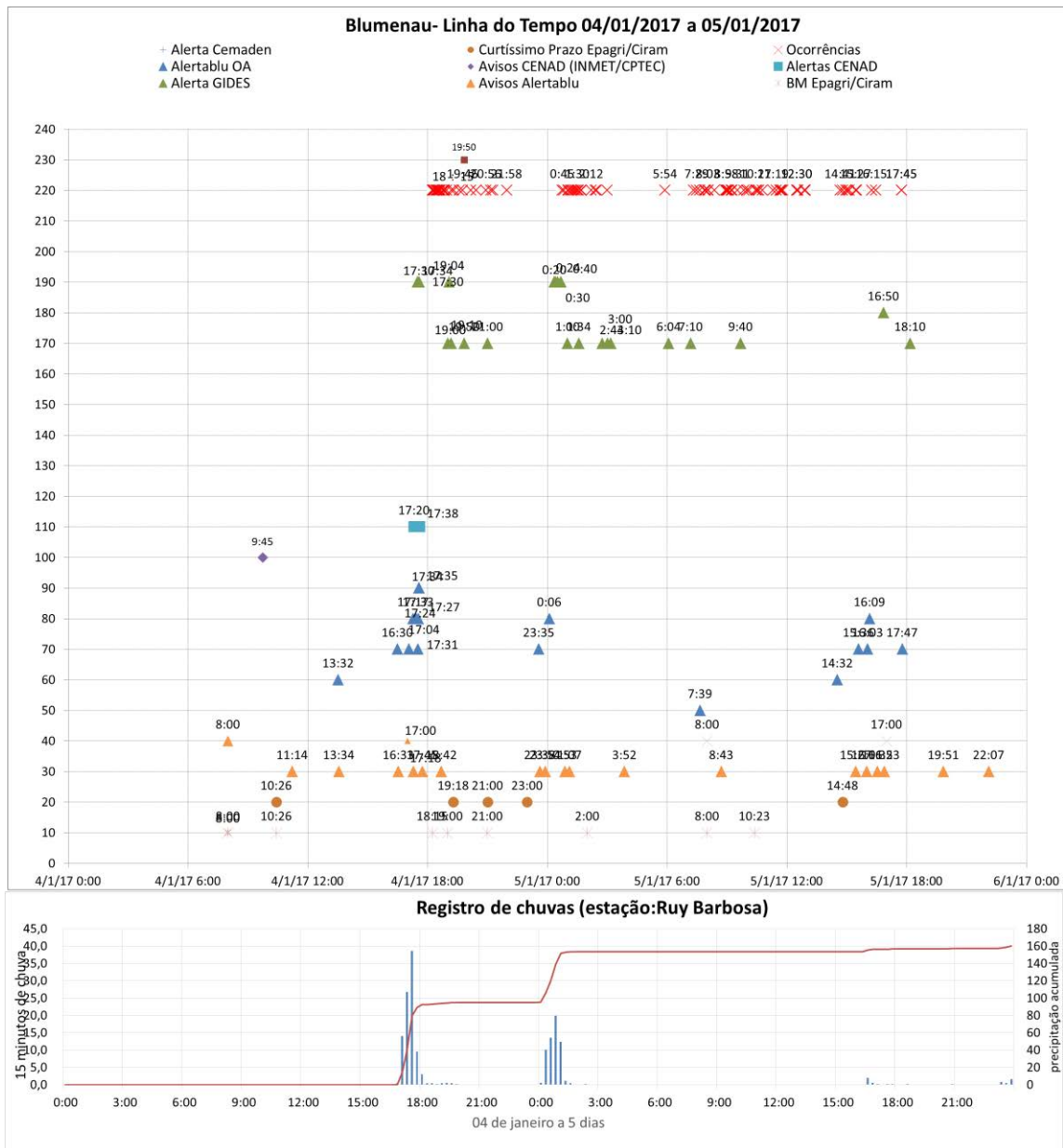
- A preparação para evacuação: quantidade de séries de chuvas que atingiram ou ultrapassaram a LPA dividida pela quantidade total de séries de chuvas com e sem eventos;
- A evacuação: quantidade de séries de chuvas que atingiram ou ultrapassaram a LPMA dividida pela quantidade total de séries de chuvas com e sem eventos;

- c) A evacuação obrigatória: quantidade de séries de chuva que atingiram ou ultrapassaram a LC dividida pela quantidade total de séries de chuvas com e sem eventos, nesse caso, obtendo-se mesmo valor da frequência anual de séries de chuvas na zona insegura, já mencionado.

A **Figura 20**, por sua vez, ilustra um gráfico da linha do tempo, construído de modo a mostrar tanto a distribuição como a correlação temporal entre avisos meteorológicos, alertas, alarmes e eventos (acidentes e desastres) para uma dada área de risco, de modo a que se possa aferir se a antecipação proporcionada, sobretudo em termos de alertas e alarmes, satisfaz às necessidades de tempo total para evacuação da população daquela localidade. A partir do gráfico da linha do tempo, as seguintes avaliações podem ser executadas:

- a) Há sintonia entre os índices de chuva efetiva de 1,5 e 72 horas e os alertas e alarmes?
- b) A transmissão dos alertas e alarmes teve a antecipação designada?
- c) A taxa de emissão de alarmes de evacuação é adequada?
- d) A duração dos alertas e dos alarmes é adequada?
- e) Há sintonia entre o nível dos alertas e o estágio operacional das ações de prevenção?





**Figura 20:** Exemplo de linha do tempo para avaliação da antecedência dos alertas (Blumenau, período de 04 a 06/01/2017).

### 2.5.6 Interface de disponibilização de informações públicas

A interface de disponibilização de informações deverá ser composta por uma área de visualização restrita às instituições públicas (Cenad, Cemaden, DCEs e DCMs), mediante senha de acesso, e outra de visualização geral, acessível aos moradores das áreas de risco e à população em geral. Os tópicos abrangem:

- Painel de risco (estado das redes observacionais, boletins, alertas);
- Perguntas mais Frequentes (PMFs);
- Glossário;

- d) Capacitação técnica (conteúdos para Ensino a Distância (EaD), simulador, autoproteção, coleta de dados de acidentes e desastres);
- e) Mapa de vulnerabilidade;
- f) Perfil do município monitorado;
- g) Anuário estatístico.

Os materiais para capacitação incluem produtos, informações técnicas e estudos de caso, sendo destinados para as Defesas Civas, população das áreas de risco e professores da rede pública e população em geral.

Do ponto de vista dos usuários internos, os produtos principais são constituídos pelo: (i) painel de risco; (ii) produtos EaD (conteúdos técnicos específicos, simuladores, manuais); (iii) estudos de caso.

Informações aos moradores das áreas de risco devem enfatizar: (i) a percepção do risco; (ii) formas de autoproteção; (iii) importância do informe de indícios precursores e eventos; (iv) perguntas mais frequentes.

Informações à população geral incluem: identificação e características das ameaças (deslizamento planar, deslizamento rotacional, fluxo de detritos, rastejos, queda de blocos etc.); terminologias de previsão, alerta e alarme; componentes e funções no SAA; estatísticas, entre outras.

## **2.6 TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO**

### **2.6.1 Uso dos Alertas**

Destinados aos técnicos das salas de situação das Defesas Civas Estaduais e das Defesas Civas Municipais. Os seguintes tópicos devem ser abordados:

- a) A lógica dos critérios unificados de procedimentos de alerta, alarme e evacuação contra eventos - acidentes e desastres, do uso destes nas atividades cotidianas;
- b) O uso da interface computacional (painel de controle - painel do município);
- c) Importância da coleta de dados para avaliação do limiar.

### **2.6.2 Banco de Dados de Eventos**

Destinados aos técnicos das Defesas Civas Estaduais e das Defesas Civas Municipais. Os seguintes tópicos devem ser abordados:

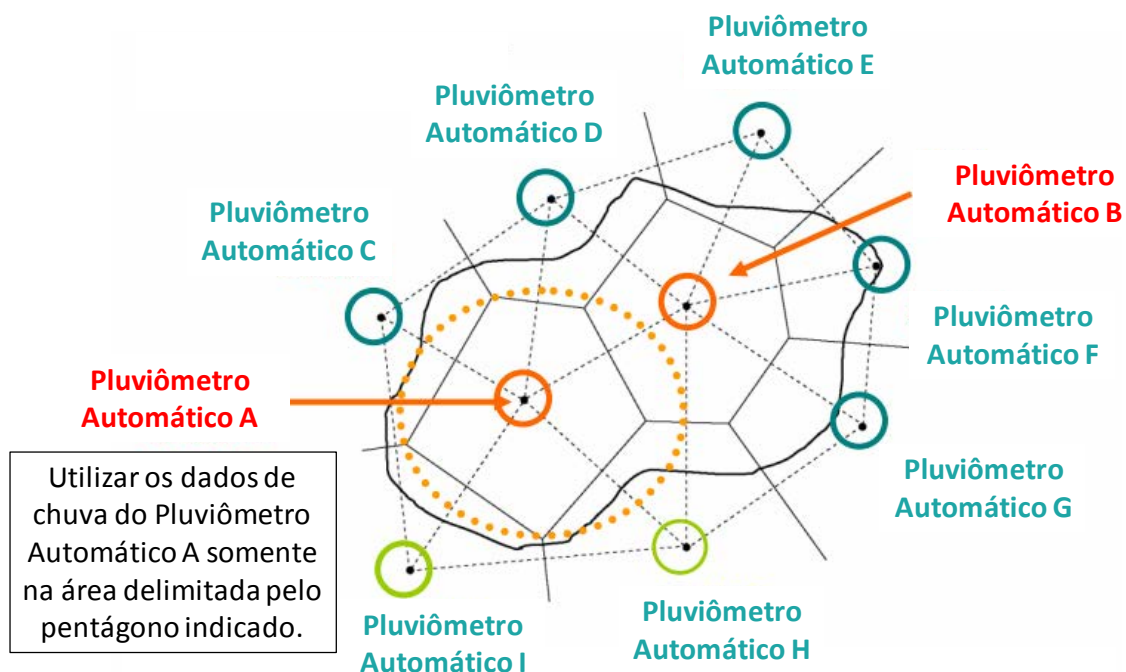
- a) Aspectos teóricos dos dados necessários à melhoria da precisão dos limiares e à antecipação dos alertas e alarmes;
- b) Uso do formulário de campo para coleta de dados de eventos;

- c) O uso da interface computacional para alimentação do banco de dados de acidentes e desastres (ou do Sistema de Gestão de Defesa Civil Municipal);
- d) Orientação para a documentação fotográfica de acidentes e de desastres, bem como dos indícios precursores destes;
- e) Importância e responsabilidades pela coleta de dados de eventos.

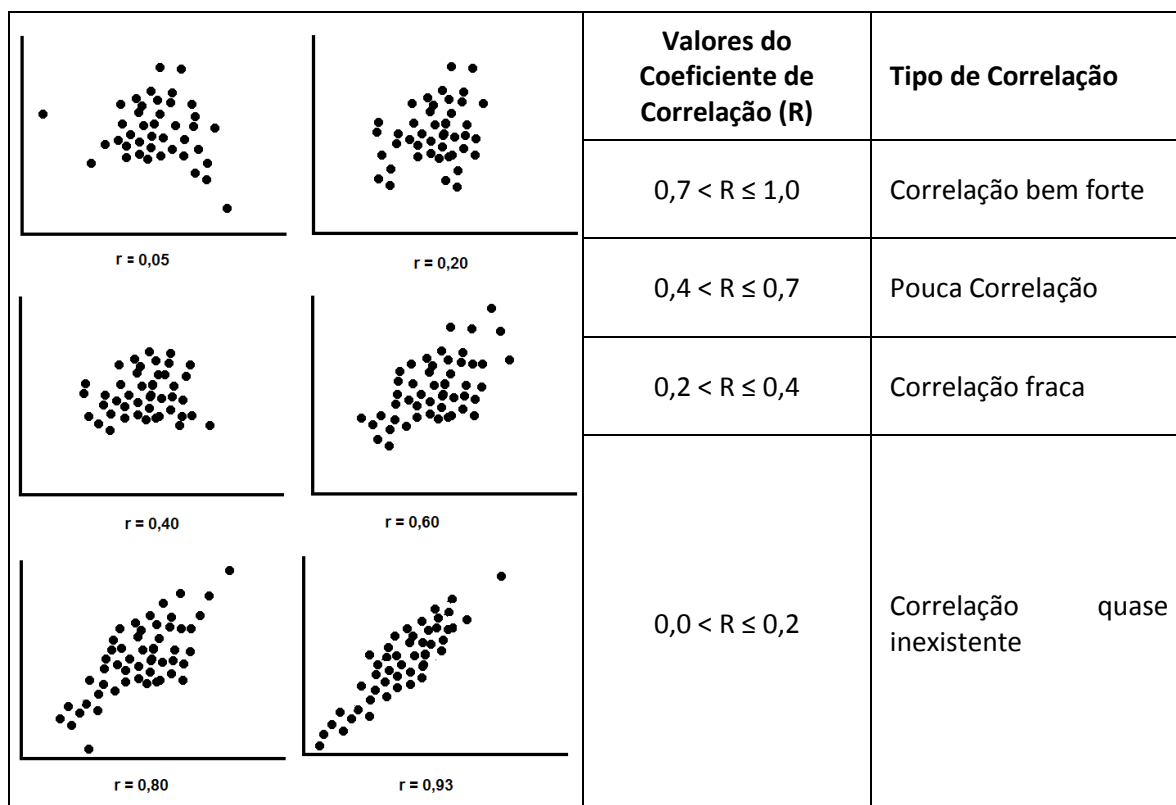
### 2.6.3 Avaliação da rede observacional

Destinados aos técnicos das Defesas Civas Estaduais e das Defesas Civas Municipais. Os seguintes tópicos devem ser abordados:

- a) Elaboração dos Polígonos de Thiessen (**Figura 21**);
- b) Análise da correlação de chuvas entre os pluviômetros automáticos (**Figura 22**);
- c) Avaliação da adequação da distribuição dos pluviômetros automáticos, com base na análise integrada dos Polígonos de Thiessen, da correlação de chuva entre pluviômetros automáticos, da distribuição de pluviômetros automáticos nas áreas de risco, da influência do relevo etc.;
- d) Avaliação da área de cobertura do pluviômetro automático e definição do espaçamento entre eles.



**Figura 21:** Ilustração da definição da área de cobertura de pluviômetro automático - Método Thiessen.



**Figura 22:** Gráfico de Intensidade e Distribuição do Coeficiente de Correlação entre PCDs.

Outros aspectos que devem ser avaliados são referentes às taxas de falhas em componentes e nos equipamentos em si, como PCDs e pluviômetros automáticos. Tais dados serão úteis para balizar as tarefas de manutenção da rede observacional, bem como para a gestão de fornecedores de equipamentos e serviços. Calibrações e manutenções preventivas ou corretivas também devem ser monitoradas, registradas e avaliadas.

#### 2.6.4 Cálculo de Limiares

Destinados aos técnicos das Defesas Cíveis Estaduais e das Defesas Cíveis Municipais. Os seguintes tópicos devem ser abordados no caso dos eventos monitoráveis pela chuva:

- a) Aspectos teóricos do Método Compartilhado;
- b) Delimitação de blocos para cálculo do limiar;
- c) O uso da interface computacional para cálculo do limiar:
  - i) Obtenção das séries de chuva com e sem eventos;

- ii) Simulação de desempenho das diferentes opções de limiares;
- iii) Avaliação de desempenho das diferentes opções de limiares;
- d) Validação conjunta do novo limiar (Cemaden, Defesa Civil Estadual e da Defesa Civil Municipal).

### **2.6.5 Avaliação e melhoria dos limiares**

Destinados aos técnicos das Defesas Civas Estaduais e das Defesas Civas Municipais. Os seguintes tópicos devem ser abordados:

- a) Aspectos teóricos do Índice de Acertos da Previsão de Eventos, Índice de Erros da Previsão de Eventos, Índice de Acerto da Previsão de Não Eventos, Índice de Alertas Falsos e Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura propiciada pelos limiares;
- b) O uso da interface computacional para obtenção das séries de chuvas com e sem eventos e para a simulação de desempenho de diferentes limiares;
- c) Uso dos Índices de desempenho para a avaliação, comparação e melhoria do desempenho de limiares.

### **2.6.6 Percepção de Risco**

Destinados aos técnicos das Defesas Civas Estaduais e das Defesas Civas Municipais. Os seguintes tópicos devem ser abordados:

- a) As características distintivas dos diferentes processos (deslizamentos planar, deslizamento rotacional, fluxo de detritos, queda de blocos);
- b) A distinção dos diferentes processos, em campo;
- c) A distinção de indícios precursores de eventos, em campo, tanto no solo como em edificações, vegetação etc.;
- d) Diretrizes para orientações aos moradores das áreas de risco.

## **2.7 MELHORIAS DO PROTOCOLO**

### **2.7.1 Conteúdo e periodicidade das revisões**

A elaboração de um protocolo para orientar, de forma ampla e sistemática, as atividades de previsão e alertas e as ações de prevenção a movimentos de massa é experiência pioneira no Brasil. Neste sentido, haverá a necessidade de revisões periódicas nos conteúdos e procedimentos ora propostos. Esta tarefa deverá ser conduzida tendo em conta exemplos reais de boas práticas, bem como o histórico operacional recente neste setor brasileiro.

O cálculo do limiar para elaboração do alerta depende da densidade e da precisão dos dados de chuvas com e sem eventos. Portanto, é importante a coleta destes dados, por meio de levantamentos contínuos.

No que concerne às transmissões dos alertas, os pontos problemáticos, relativos ao tempo total para evacuação das populações, somente virão à tona depois dos treinamentos, simulados e/ou de casos reais.

Vários aspectos constam do **Quadro 9**, incluindo recomendações quanto à coleta de dados e para o uso destes nas revisões periódicas. Além dos itens básicos citados, abordagens adicionais podem ser avaliadas, por exemplo, aperfeiçoamento do entendimento dos processos monitorados (deslizamento planar, deslizamentos rotacional, planar fluxo de detritos, rastejos, queda de blocos etc.), caracterização de regiões suscetíveis - tanto em termos físicos, de vulnerabilidades de sua população e de problemas operacionais na evacuação de populações das áreas em risco.

Considerados os aspectos e periodicidades citadas, recomenda-se que, em médio prazo, uma revisão geral do Protocolo seja integralmente realizada no mínimo a cada três anos, sem prejuízo de revisões parciais em prazo menor. Os prazos e os itens a avaliar poderão ser alterados oportunamente. Por outro lado, aspectos críticos podem ser revisados em prazo menor ou a qualquer tempo, todas as vezes que seja identificada alguma importante oportunidade de melhoria.

Tais decisões deverão ser objeto do trabalho da gestão integrada regionalizada abordada no item 2.7.6 deste Manual.

### **2.7.2 Revisão dos limiares**

A revisão dos limiares deve ser conduzida em relação aos seguintes aspectos:

a) Quanto ao estabelecimento do método para o cálculo do limiar:

Devem ser efetuadas simulações com os dados das chuvas com e sem evento, procedendo-se a avaliação de desempenho (Índice de Acertos da Previsão de Eventos, Índice de Erros da Previsão de Eventos, Índice de Acerto da Previsão de Não Eventos, Índice de Alertas Falsos e Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura) propiciada pelo limiar. Comparando-se os diferentes métodos de cálculo, seleciona-se aquele que simultaneamente propicia o maior índice de acertos e a menor frequência anual de séries de chuvas na zona insegura.

Em um exame mais acurado, pode-se refinar a dimensão da região para alerta, avaliando se o comportamento da chuva e se as características do meio físico são homogêneas ao longo das diferentes áreas de risco do município. Somente se

heterogeneidades significativas forem detectadas é que se procede à subdivisão em blocos, para efeito do cálculo do limiar.

Além de utilizar dados precisos e atualizados, questionar a necessidade de subdivisão em blocos, bem como avaliar a taxa de acerto propiciada pela linha crítica (limiar), deve-se considerar o comportamento da população nos casos da transmissão de alertas vazios;

Tópico a Serem Avaliados		Levantamento de Necessidades		Revisão	
		Abrangência	Periodicidade Recomendada	Abrangência	Periodicidade Recomendada
Mapa de Risco	Adequação da delimitação das áreas de risco alto e muito alto	Por área de risco	Anual	Por município	Trienal
Coleta de Dados	Adequação das redes observacionais	Por área de risco	Anual	Por município	Anual
	Adequação da coleta de dados de eventos (acidentes e desastres)	Por área de risco	Anual	Por município	Anual
Limiar	Adequação do limiar (precisão, aplicabilidade, economicidade)	Por área de risco	Anual	Por município	Anual
Alertas e alarmes	Adequação da antecedência, aplicabilidade	Por área de risco	Anual	Por município	Anual
	Adequação da região abrangida pelo alerta / alarme	Por área de risco	Anual	Por município	Anual
Procedimentos Operacionais	Habilidade da equipe operacional	Por órgão	Anual	Por órgão	Anual
	Adequação das rotas (fluxos) para transmissão dos alertas	Por estado	Anual	Por estado	Trienal
	Adequação dos meios (mídias) para transmissão dos alertas	Por estado	Anual	Por estado	Trienal
Melhoria	Necessidade de aprimoramento dos métodos de cálculo de limiar	Por estado	Anual	Por estado	Trienal
	Necessidade de monitoramento de novos processos	Por estado	Anual	Por estado	Trienal
Protocolo	Adequação do entendimento do conteúdo do Protocolo, por grupos usuários (Cenad, Cemaden, DCEs, DCMs, população etc.)	Por estado	Anual	Por estado	Trienal
	Revisão geral do Protocolo	Por estado	Anual	Nacional	Trienal

**Quadro 9:** Diretrizes sobre aspectos abordados e periodicidade na revisão do Manual.



b) Adequação da rede de observação pluviométrica:

As PCDs pluviométricas utilizadas devem estar adequadamente distribuídas em relação às áreas de risco, de modo que possuam a representatividade necessária. Assim, há a necessidade de avaliar a distribuição da PCD pluviométrica representativa em relação a: (i) acidentes geográficos; (ii) perímetro das áreas de risco; (iii) locais com maior incidência de chuva. Idealmente, a distância da PCD representativa não deve ser superior a 2,5 km, em todos os casos citados.

### **2.7.3 Revisão do tempo de antecedência para transmissão dos alertas**

Existem duas necessidades de difícil harmonização quanto à definição do tempo de antecedência para transmissão do alarme de evacuação, a saber: (i) necessidade de rápida transmissão do alarme, dando mais tempo para evacuação efetiva e segura da população das áreas em risco; e (ii) necessidade de evitar o alarme falso e o número excessivo de alarmes, pois quanto mais cedo for emitido o alerta, maior sua imprecisão.

O desafio, portanto, é a busca de um ponto de equilíbrio entre estas duas necessidades conflitantes, em cada uma das áreas de risco monitoradas, mediante aumento da experiência na previsão dos eventos, bem como pela agilidade operacional no alerta e na evacuação.

Antes de se pactuar um maior tempo de antecedência (tempo total para evacuação), é necessário exaurir as etapas de aperfeiçoamento da execução das atividades descritas (a saber, coleta de dados, previsão do evento, elaboração e transmissão dos alertas e alarmes, bem como a evacuação da população das áreas em risco). Isto é necessário, pois, a ampliação do tempo de antecedência tem sérios efeitos indesejáveis, em termos de piora da precisão da previsão (tanto da chuva como da probabilidade de eventos) e de aumento da frequência de transmissão de alertas e de alarmes.

### **2.7.4 Revisão dos blocos para cálculo dos limiares**

Em curto prazo, foi definido que a área do município deve ser investigada quanto à presença de heterogeneidades do meio físico, meteorológicas e de vulnerabilidade (das edificações, da população e da DCM), avaliando-se a necessidade de subdivisão do município em blocos para efeito de cálculo de limiares dos processos monitorados por chuva (deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos). No médio prazo, a abordagem deverá ser por área de risco, para melhoria da precisão.

Dadas às condições brasileiras, é conveniente estudar a correlação dos dados das PCDs pluviométricas e, a partir desta análise, decidir-se pela adequação da rede e/ou pelo redimensionamento dos blocos. Em qualquer caso, o bloco deverá possuir suficientes dados de chuvas com e sem eventos, para que seja possível o cálculo do limiar que forneça a precisão necessária.

Se o limiar se alterar de modo significativo a cada novo bloco ou se for constatada melhoria na avaliação do seu desempenho (índice de acertos, índice de erros, separabilidade, índice de alarmes falsos e frequência anual de séries de chuvas na zona insegura), a subdivisão em blocos deverá ser efetuada.

O conceito de blocos para cálculo de limiares não é aplicável aos processos monitorados por deslocamento do solo/rocha (rastejos e queda de blocos), uma vez que o monitoramento e a transmissão de alarme serão necessariamente realizados de modo individualizado, ou seja, para cada área de risco, não sendo possível agrupá-los.

### **2.7.5 Aperfeiçoamento do método de previsão de evento**

A situação atual é a emissão do alerta com base em acumulados de chuva total observada. Na etapa experimental do Projeto, foi utilizado o método Compartilhado para os três municípios piloto, empregando índices de chuva efetiva de longo e de curto prazo para orientar a elaboração dos alertas.

O Método Compartilhado foi adotado para o cálculo de limiar pelo fato de ser um método estatístico que possui alta correlação com o método hidrológico (Modelo Tanque), por ser de mais fácil operacionalização relativa, de menor custo, e por ser o mais adequado ao contexto de dados e de tecnologias atualmente disponíveis no País.

Os estudos efetuados demonstraram que a utilização deste método associado à transmissão de alertas com antecedência de 1 e 2 horas em relação à entrada da curva cobra na zona insegura propicia boa separabilidade das chuvas com e sem evento, bem como propicia condições adequadas para ações de prevenção da DCM, a saber a transmissão de alarmes e evacuação das populações das áreas em risco.

Contudo, é necessário que o Cemaden, as DCEs e as DCMs se preparem para o futuro, até porque as etapas de melhoria demandarão anos para sua implementação. Com a consolidação da rede observacional (incluindo-se a futura adequação locacional e integração das redes de PCDs pluviométricas dos Estados e Municípios monitorados), ampliação da coleta de dados de chuvas com e sem evento, bem como pela disponibilidade de tecnologias de previsão de chuva de curtíssimo prazo, será possível a utilização de novos métodos para o cálculo dos limiares.

No presente momento, os avanços são limitados pela inexistência de ferramentas eficazes de previsão de chuva de curtíssimo prazo e para o cálculo do índice de umidade do solo, bem como pela baixa confiabilidade dos dados de séries de chuvas sem eventos e pela curta série de dados de chuva.

A **Figura 12**, apresentada no item 2.2.1.1, mostra as etapas pretendidas para o desenvolvimento do método de cálculo de limiar. Pretende-se, em curto prazo, implementar o

uso do método Compartilhado em conjunto com as previsões de chuva de curtíssimo prazo e, em médio prazo, atingir a elaboração de alertas antecipados com apoio de análises por funções de rede neural de base radial (RBFN) e Índice de Água no Solo (IAS)<sup>31</sup>.

Outra possibilidade é investigar o estabelecimento de limiar pela utilização do Método RBFN com o Método Compartilhado, ao invés do IAS.

### **2.7.6 Articulação e Responsabilidades nos alertas de riscos**

Para que os moradores das áreas de risco possam executar de forma rápida e apropriada as ações de prevenção e resposta, órgãos como Cemaden, Cenad, DCE e DCM devem disponibilizar informações, além dos alertas e alarmes. Assim, as entidades citadas, tendo em conta as suas respectivas competências, deverão discutir, consensuar e manter atualizados os procedimentos e intensificar as ações individuais e conjuntas em prol da melhoria contínua do SAA (**Quadros 10**).

A abordagem sugerida é a gestão integrada regionalizada (**Figura 23**), a partir de um Comitê Gestor que definirá prioridades de projetos e coordenará a implementação e avaliação dos resultados. O **Quadro 11** apresenta uma minuta básica para subsídio ao planejamento da gestão integrada regionalizada.

---

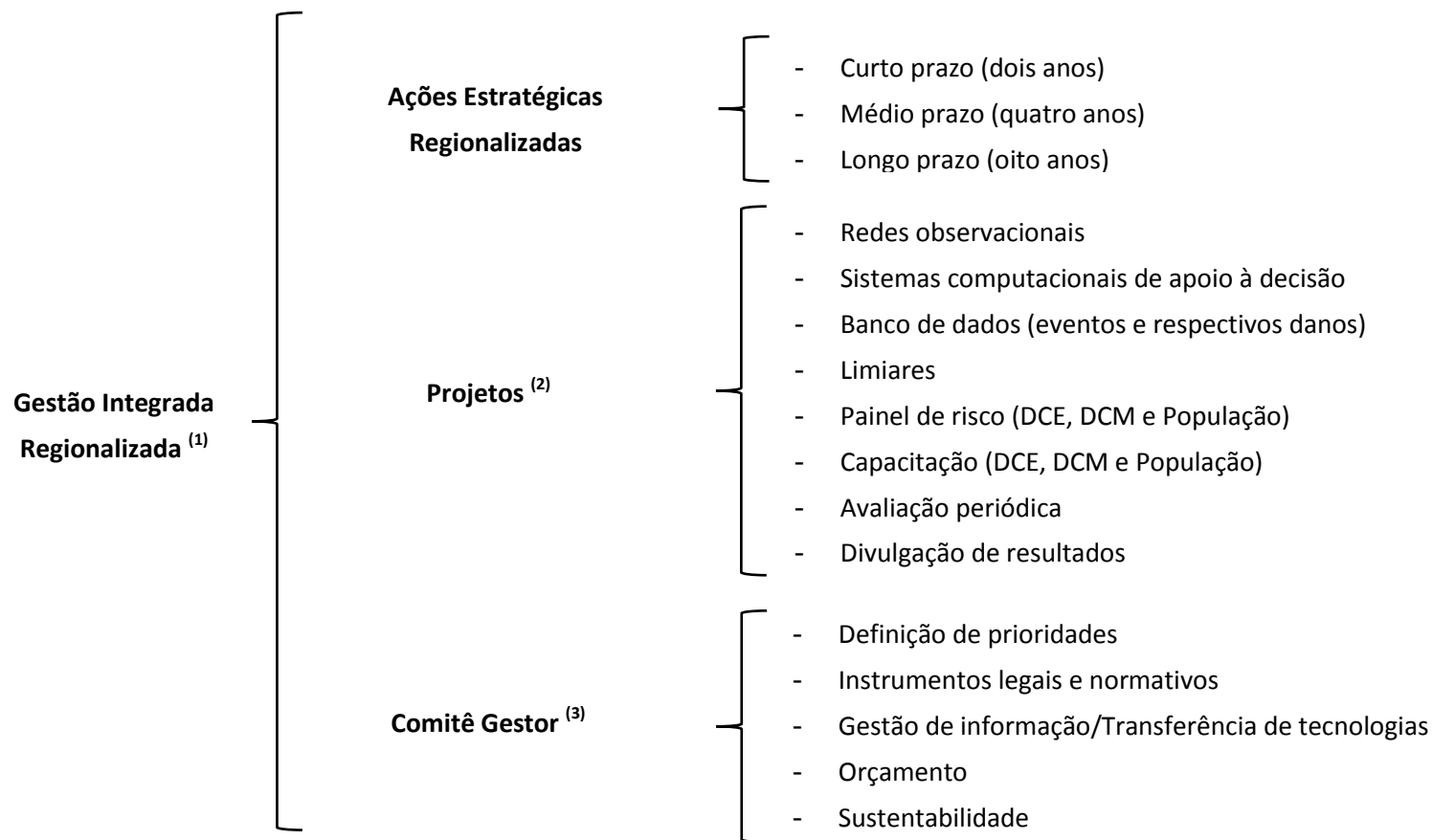
<sup>31</sup>Índice de Água no Solo: tradução do termo soil water index, da língua inglesa.

Principais Atividades para o Sistema de Alerta Antecipado - SAA		Responsabilidades			
		Federal	Estadual	Municipal	População
Planejamento Estratégico	Revisão anual do Plano Estratégico de Prevenção e Defesa Civil				
	Revisão anual dos Planos de Contingência				
	Revisão bianual do Plano Municipal de Redução de Risco				
Mapeamento e Avaliação de Risco	Mapa topográfico de áreas de risco				
	Mapa de ameaças				
	Mapa de riscos				
	Mapa de rotas de fuga				
Planejamento Urbano	Plano de expansão urbana <sup>(1)</sup>				
	Estabilização, regularização e remoção de áreas de risco				
	Fiscalização do uso do solo em áreas de risco				
Previsão e Alerta	Definição dos processos a serem monitorados				
	Definição de blocos para alerta e alarme				
	Redes observacionais: instalação e manutenção <sup>(2, 3, 4)</sup>				
	Definição do tempo de antecedência para alerta e alarme				
	Cálculo de limiares				
Sistemas Informatizados de Apoio à Decisão	Definição do fluxo de alertas e alarmes				
	Disponibilização de dados e informações <sup>(2, 3, 4)</sup>				
	Elaboração e transmissão de alertas				
	Banco de dados de acidentes e desastres - desenvolvimento				
	Banco de dados de acidentes e desastres - inserção de dados				
Resposta	Informações ao público				
	Estruturas para evacuação - pontos de encontro e abrigos				
	Proteção da vida				
	Restauração de serviços essenciais				
	Garantia de segurança operacional				
	Logística humanitária				
Obras de Prevenção e Reabilitação	Obras emergenciais				
	Análise de viabilidade de projetos e obras (custo-benefício)				
	Projetos de obras de contenção e de estabilização				
	Obras de prevenção				
Capacitação	Obras de reabilitação				
	Capacitação técnica				
	Mobilização social				
	Transferência de tecnologias				
	Gestão de informações				
	Simulados				
Legislação	Informações ao público: percepção do risco e autoproteção				
	Competências				
	Políticas, planos e metas				
	Áreas de risco monitoradas e prioritárias				
	Limiares para alerta e alarme				
Avaliação e Melhoria Contínua	Orçamentos				
	Precisão das previsões meteorológicas				
	Precisão dos limiares para alertas e alarmes				
	Antecedência dos alertas e alarmes				
	Aplicabilidade dos alertas e alarmes				
	Custos do SAA e dos equipamentos de alarme				
	Governança <sup>(5)</sup>				
Sustentabilidade					

(1): Incluindo aspectos de zoneamento de ameaças e de riscos; carta geotécnica de aptidão à urbanização; lei de uso, ocupação e parcelamento do solo; e código de obras. (2): Redes pluviométricas: para deslizamentos planares e fluxo de detritos. (3): Redes de monitoramento do deslocamento de solo/rocha: para deslizamentos rotacionais e quedas de blocos. (4): Redes sociais: Índices e chuva. (5) Governança: é o conjunto de processos, costumes, políticas, leis, regulamentos e instituições que regulam a maneira como uma empresa é dirigida, administrada ou controlada. As principais características da boa governança incluem: igualdade de participação, estado de direito (estrutura legal justa), transparência, responsabilidade, orientação por consenso (obtenção de concordância ampla), igualdade e inclusividade, eficácia (produção dos resultados necessários) e eficiência (melhor uso possível dos recursos à disposição), prestação de contas.

Níveis de Responsabilidade			
Principal	Secundária	Complementar	Não-Applicável

**Quadro 10:** Matriz de responsabilidade no sistema de alerta antecipado.



(1): Preferencialmente por região ou por Estado.

(2): Ilustração de projetos a serem priorizados.

(3): Representantes do Cemaden, Defesas Cíveis Estaduais, Defesas Cíveis Estaduais, Universidades e de entidades de representação das populações de áreas de risco.

**Figura 23:** Estratégias para melhoria das atividades de monitoramento, previsão, alerta e alarme de desastres naturais.

Itens	Cemaden	Governos Estaduais (DCEs - DCEs)	Governos Municipais (DCMs - DCMs)	Apoio Federal
Agenda Estratégica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar, definir cronograma e manter atualizado o plano de ações estratégicas para melhoria contínua da previsão de tempo, do monitoramento, da previsão de risco, dos alertas e dos alarmes <sup>(1)</sup>, de modo integrado, coordenado e com recorte regional, em conjunto com as DCEs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir diretrizes e indicadores para avaliação da previsão de clima e tempo, do monitoramento, da previsão de risco, dos alertas e dos alarmes, em seu território, com gradativa abordagem por bacia hidrográfica, em conjunto com o Cemaden e DCMs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar gargalos e estratégias para previsão de clima e tempo, monitoramento, previsão de risco, alerta e alarme, em seu território.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cenad: Apoiar a adequação do presente planejamento às diretrizes gerais das ações prevenção e de contingência, em consonância com o Manual de Orientações para Elaboração do Plano Municipal de Contingência - PLAMCON, do Cenad.</li> </ul>
Redes de Observação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolver, operar e manter sistema informatizado integrador para consistir e disponibilizar dados de interesse à previsão de risco <sup>(2)</sup>.</li> <li>Promover a integração, o registro e a otimização do uso dos dados da rede observacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar estudos sobre localização e integração da rede observacional.</li> <li>Apoiar a coleta dos dados de evento pelas DCMs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apoiar a instalação e manutenção de pluviômetros automáticos e demais equipamentos da rede observacional, em seu território.</li> <li>Registrar as informações de eventos e de desastres no S2ID.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cenad: Desenvolver e operar sistema informatizado de cadastro de informações de eventos e de desastres no S2ID.</li> <li>CPRM: Apoiar a coleta dos dados de evento pelas DCMs.</li> </ul>
Sistemas informatizados de Apoio à Decisão	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolver, operar de modo compartilhado e manter os sistemas informatizados de elaboração e transmissão de alertas, bem como sua disponibilização ao público geral <sup>(2)</sup>.</li> <li>Transmitir alertas <sup>(3)</sup> conforme protocolos operacionais aplicáveis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Orientar as DCMs sobre o uso dos sistemas informatizados de apoio à decisão.</li> <li>Transmitir alertas conforme protocolos operacionais aplicáveis.</li> <li>Transmitir alerta <sup>(4)</sup> conforme protocolos operacionais aplicáveis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transmitir alarmes conforme protocolos operacionais aplicáveis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cenad: Desenvolver, disponibilizar e manter sistemas informatizados de apoio à gestão operacional das DCMs <sup>(2)</sup>.</li> </ul>
Limiares	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar e revisar periodicamente o manual sobre cálculo, operação e melhoria dos limiares para alertas e alarmes, incluindo o uso de sistemas informatizados on-line.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apoiar a regionalização dos limiares em seu território, com gradativa abordagem por bacia hidrográfica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apoiar a regionalização dos limiares em seu território, com gradativa abordagem por bacia hidrográfica, incluindo condicionantes do meio físico (tipologia, magnitude dos processos) e de socioeconomia (credibilidade desejada, impactos toleráveis, custos), e pesquisas afins, em seu território.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cenad: Apoiar a compatibilização da regionalização dos limiares com os requisitos das ações de contingência.</li> </ul>
Capacitação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecer diretrizes e apoiar a capacitação dos atores e partes interessadas (DCEs, DCMs, população em risco, sociedade civil, escolares e público geral) acerca das estratégias e ações de redução de risco de desastres, em conjunto com as DCEs <sup>(1,5)</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Promover a capacitação dos atores e partes interessadas (DCEs, DCMs, população em risco, sociedade civil, escolares e público geral), acerca das estratégias e ações de redução de risco de desastres, em conjunto com as DCEs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitar DCM, população em risco, escolares e partes interessadas acerca das estratégias e ações de redução de risco de desastres, em conjunto com as DCEs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CPRM: apoiar as DCEs e DCMs na caracterização dos tipos de processos.</li> <li>Cenad, Enap e EBC: apoiar a disponibilização de conteúdos e a capacitação à distância.</li> </ul>
Avaliação Periódica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir os indicadores de desempenho, avaliar os avanços e hierarquizar as oportunidades de melhoria das estratégias de redução do risco dos desastres naturais <sup>(6)</sup>, em conjunto com as DCEs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coordenar a avaliação dos indicadores de desempenho e das estratégias de redução de risco de desastres (monitoramento, previsão de tempo, previsão de risco, alerta, alarme, ações de capacitação e de prevenção, novas tecnologias, sistemas informatizados, processos, equipes, recursos financeiros), com gradativa abordagem por bacia hidrográfica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apoiar a avaliação dos indicadores de desempenho e das estratégias de redução de risco de desastres (previsão de clima e tempo, monitoramento, previsão de risco, alerta, alarme e ações de capacitação e de prevenção, novas tecnologias, sistemas informatizados, processos, equipes, recursos financeiros), em seu território.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cenad e CPRM: Apoiar o processo de avaliação e de melhoria contínua, explicitando as implicações para suas respectivas áreas de atuação, ações de contingência e mapeamento e avaliação de risco.</li> </ul>
Divulgação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produzir e divulgar dados estatísticos acerca de monitoramento, sistemas informatizados, previsão de risco, impactos, alerta e alarme, ações de capacitação e de prevenção executadas, e impactos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obter os dados e índices relativos à prevenção, previsão de clima e tempo, monitoramento, previsão de risco, alerta, alarme, ações de capacitação e de prevenção do risco de desastres naturais e impactos, em seu território, com gradativa abordagem por bacia hidrográfica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apurar os dados e índices relativos à prevenção, previsão de clima e tempo, monitoramento, previsão de risco, alertas, alarmes, ações de capacitação e de prevenção do risco de desastres naturais e impactos, em seu território.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cenad e CPRM: Apoiar a atividade.</li> <li>Cenad: divulgar anualmente os sete índices globais do Marco de Sendai para Redução de Risco de Desastres <sup>(7)</sup>.</li> </ul>
Gestão Regionalizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Articular, integrar e apoiar a atuação do Comitê Gestor Regional na execução das estratégias de redução de risco de desastres <sup>(8)</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coordenar as atividades do Comitê Gestor Regional de execução das estratégias de redução de risco de desastres <sup>(8)</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apoiar as atividades do Comitê Gestor Regional de execução das estratégias de redução de risco de desastres <sup>(8)</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cenad, CPRM e MCID: Apoiar as atividades do Comitê Gestor Regional de execução das estratégias de redução de risco de desastres <sup>(8)</sup>.</li> </ul>

(1) Objetivando: (i) ampliar o entendimento das etapas, dos processos, das funções e dos atores envolvidos no monitoramento, previsão de clima e tempo, previsão de risco, alerta e alarme de desastres naturais; (ii) obter governança para redução do risco dos desastres naturais, por meio do alinhamento de protocolos; procedimentos operacionais; ação coordenada de atores, população e partes interessadas; e de práticas operacionais, desde a escala local até a escala nacional; (iii) executar ações estruturais e não estruturais articuladas e sinérgicas, com vistas à redução de perdas e danos associados; (iv) manter-se preparado para a ação antecipada, desde o nível local até o nacional; e (v) promover a melhoria contínua de sistemas informatizados, estruturas, protocolos operacionais, capacitação e ações de redução do risco dos desastres naturais, com vistas ao atingimento das metas do Marco de Sendai para Redução de Risco de Desastres.

(2) Os referidos sistemas informatizados constituem ferramentas de gestão de processos operacionais, de automatização supervisionada e de apoio à tomada de decisão, a serem compartilhados com as DCEs e DCMs, alinhando-os aos protocolos operacionais específicos.

(3) Caso solicitado pela DCE.

(4) Caso solicitado pela DCM.

(5) Abrangendo: (i) definição de requisitos para capacitação técnica continuada das equipes da DCE e das DCMs; (ii) definição de requisitos para informação e capacitação da população das áreas de risco, dos escolares e da população em geral.

(6) Incluindo: (i) avaliar a qualidade dos sistemas informatizados de previsão de tempo; (ii) avaliar a qualidade das atividades de monitoramento, previsão de risco, alertas e alarmes, quanto à precisão e à antecipação; (iii) avaliar a evolução no atingimento das metas do Marco de Sendai para Redução de Risco de Desastres; bem como, (iv) hierarquizar as oportunidades para melhoria; (v) realizar estimativa preliminar de recursos necessários.

(7) (i) número de óbitos por desastres/100.000 habitantes; (ii) número de pessoas afetadas por desastres/100.000 habitantes; (iii) perdas econômicas diretas por desastres/PIB; (iv) quantidade de danos a infraestruturas críticas (instalação educacionais e de saúde, entre outras)/ano e de interrupção de serviços básicos/ano; (v) número de planos de redução de risco de desastres (em nível nacional, estadual e municipal). (vi) quantidade de cooperações internacionais com países em desenvolvimento para execução do Marco de Sendai. (vii) Quantidade de Sistemas de Alerta de Ameaças Múltiplas e de Sistemas de Informação e de Avaliação de Risco de Desastres.

(8): Incluindo aspectos de monitoramento, previsão de clima e tempo, previsão de risco, alerta, alarme, ações de capacitação e de prevenção, novas tecnologias, sistemas informatizados, processos, equipes, participação da população em risco, recursos financeiros.

**Quadro 11: Detalhamento de atividades para melhoria do monitoramento, previsão, alertas e alarmes.**

### 3 PROCEDIMENTOS PARA CÁLCULO DE LIMIAR DE EVENTOS MONITORADOS PELA CHUVA

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo trata de procedimentos para cálculo do limiar e das linhas de apoio<sup>32</sup> para previsão de eventos de movimentos de massa, aqui entendidos como deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e fluxo de detritos, conforme originalmente definido pela classificação japonesa (**Quadro 12**).

O limiar é a representação gráfica da fronteira teórica que separa a zona segura (onde os índices de chuva efetiva apontam para menor probabilidade de evento) e a zona insegura (onde os índices de chuva efetiva apontam para maior probabilidade de evento).

A Linha de Probabilidade Moderada de Eventos (LPM), a Linha de Probabilidade Alta de Eventos (LPA) e a Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos (LMPA) são linhas de apoio que marcam o quão próximo se está da zona insegura. Para efeitos práticos, esta proximidade é avaliada em termos do tempo de antecipação para se adentrar a zona insegura, no qual se assume que uma determinada condição de chuva máxima histórica (geralmente 1, 2 ou 3 horas) possa ocorrer, tendo em conta a série de dados de chuva da região em análise<sup>33</sup>.

Os tempos de antecedência associado às linhas de apoio (LPM, LPA ou LMPA) são definidos de modo que, neste tempo, possam ser satisfatoriamente executadas todas as ações necessárias àquele nível de alerta, bem como no correspondente estágio operacional das ações de prevenção e contingência (ou seja, mobilização, preparação e evacuação, por exemplo).

Deste modo, se a curva cobra da série de chuvas atual atingir alguma das linhas de apoio especificadas (LPM, LPA ou LMPA), há a possibilidade de que ela adentre a zona insegura, bastando para tal que ocorra uma chuva de volume similar àquelas das chuvas máximas históricas de 1, 2 ou três horas, conforme seja o caso.

Em resumo, o limiar (ou linha crítica - LC) é a expressão da capacidade de se distinguir entre uma situação segura e uma situação insegura em relação a um dado tipo de evento e para uma dada área de risco. Da mesma forma, as linhas de apoio são estimadores do tempo restante para que a curva cobra da série de chuvas atual adentre a zona insegura em termos de probabilidade de deflagração de algum evento.

---

<sup>32</sup> Dá-se o nome de linhas de referência ao conjunto formado pelo limiar (Linha Crítica para Eventos - LC ou Linha de Probabilidade Máxima de Eventos) e pelas linhas de apoio (Linha de Probabilidade Moderada de Eventos - LPM, Linha de Probabilidade Alta de Eventos - LPA e Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos - LMPA).

<sup>33</sup> A estimativa do tempo restante até a curva cobra adentrar a zona insegura também pode ser efetuada diretamente, sem o uso dos índices de máxima chuva histórica acumulada de 1, 2 e 3 horas, caso se disponha da previsão de chuva de curtíssimo prazo e/ou de modelos meteorológicos regionais com a precisão adequada.

TIPOS DE PROCESSOS <sup>(1)</sup>			PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS <sup>(4)</sup>								
Classificação Japonesa <sup>(1)</sup>	Correspondência no Brasil <sup>(2)</sup>	Tipo de Monitoramento Aplicável	Duração Total do Evento <sup>(3)</sup>	Velocidade da Massa Mobilizada	Espessura da Massa Mobilizada	Principal Agente Deflagrador	Obras Usuais	Distância Atingida pela Massa Mobilizada	Frequência dos Eventos	Vítimas por Desastre	Número Total de Vítimas
<i>Gake Kuzure</i> (Slope failure)	Deslizamento Planar e Deslizamento Rotacional	Chuva	Muito Curto (segundos)	Alta (m/s)	Pequena (Raso)	Chuva	Proteção e drenagem superficial, estabilização	Pequena (dezenas de metros)	Muito Alta (milhares/ano)	Poucas	Muito Alto
<i>Ji Suberi</i> (Landslide)	Rastejo (Deslizamento Planar Lento)	Deslocamento do solo/rocha	Longo (dias a anos)	Baixa (cm/dia) a Média (m/h)	Grande (Profundo)	Água subterrânea e geologia	Drenagem subterrânea, tirantes	Grande (centenas de metros)	Baixa (menos de uma dezena/ano)	Raras	Pequeno
<i>Dosseki-Ryu</i> (Debris flow)	Fluxo de Detritos (detritos ou lama)	Chuva	Curto (horas)	Média (m/h) a Alta (m/s)	De pequena a grande	Chuva (início) e massa incorporada (progressão)	Barragens de contenção e canais de direcionamento	Muito grande (alguns quilômetros)	Muito Baixa (menos de uma dezena/década)	Muitas	Alto

(1): Esta classificação é a prevista pela legislação japonesa, sendo utilizada para as intervenções do Estado (inclusive decisões de execução ou financiamento de intervenções ou obras), não sendo, portanto, exclusivamente definida por bases técnicas.

(2): Conforme definido no Manual de Mapeamento e Avaliação de Risco, elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

(3): Desde a sua primeira manifestação ou indício precursor.

(4): Os dimensionamentos são apenas indicativos.

**Quadro 12:** Classificação dos movimentos de massa, conforme método japonês e sua correspondência no Brasil.



No Japão, os métodos de cálculo de limiares para o alerta de movimentos de massa foram desenvolvidos ao longo de vários anos. Analisar o histórico e entender a lógica dessa evolução, conforme destacado a seguir, é uma etapa importante para o desenvolvimento de um método adequado para o Brasil:

- (1) "Método de Estabelecimento do Volume de Chuva de Referência para o Risco de Evento de Fluxo de Detritos pelo Volume Total e pela Intensidade da Chuva"

Pela observação dos vários eventos no final dos anos 1970, no Japão, foi constatado que fluxos de detritos ocorriam tanto quando do aumento da intensidade da chuva (mesmo que a chuva acumulada fosse pequena) como quando somente a chuva acumulada era elevada (mesmo que a intensidade da chuva fosse baixa). Em 1984, o Ministério da Construção do Japão desenvolveu a "Diretriz de Estabelecimento do Volume da Chuva para a Elaboração e Transmissão de Alerta e de Instrução para a Evacuação de Movimentos de Massa (proposta)", ou simplesmente "Método da Diretriz", combinando dois índices, a intensidade de chuva e a chuva efetiva (incorporando a influência da chuva acumulada antecedente).

- (2) "Método de Estabelecimento do Volume de Chuva de Referência para o Risco de Evento de Fluxo de Detritos pelo Volume de Chuva"

O índice de acertos do "Método da Diretriz" não era muito alto. Yano (1990) propôs outra abordagem para melhorar a precisão daquela previsão, utilizando a chuva efetiva multiplicada por um coeficiente de redução variável conforme o tempo decorrido desde a chuva antecedente.

- (3) "Método de Estabelecimento do Volume de Chuva de Referência para o Risco de Evento de Deslizamento Planar e de Fluxo de Detritos pelo Volume de Chuva Efetiva"

Respondendo à necessidade de um procedimento para o cálculo de limiares para deslizamento planar, em 1993, uma comissão geral de estudos instituída pelo Ministério da Construção (atual Ministério do Território e Transporte) propôs o chamado Método Compartilhado, o qual adota o conceito proposto por Yano e utiliza como índices a chuva efetiva com meia vida de 1,5 h (representando o fluxo de água na superfície do solo) e a chuva efetiva com meia vida de 72 horas (representando o fluxo de água no subsolo).

Este método tem semelhanças com o Método do Modelo Tanque proposto por Suzuki *et al.* (1979). Porém, comparado com o Modelo Tanque, o Método

Compartilhado é de mais simples operacionalização, por não necessitar de análises hidrológicas, e possui precisão similar àquela.

### **3.1.1 Objetivos do Manual de Limiares**

Anualmente, o Brasil registra um grande número de movimentos de massa, em decorrência da elevada quantidade de chuva.

Contramedidas estruturais são necessárias para conter e mitigar tais eventos, por meio de obras de drenagem pluvial, de contenção e de estabilização nas várias encostas em risco. Contudo, um adequado SAA é também essencial para salvar vidas e a chave para obtê-lo é contar com limiares que propiciem boa precisão e linhas de apoio à devida antecipação aos alertas e alarmes.

Este capítulo detalha os métodos e os parâmetros necessários ao cálculo dos limiares e das linhas de apoio no que tange aos deslizamentos planares, aos deslizamentos rotacionais e aos fluxos de detritos<sup>34</sup>.

### **3.1.2 Conteúdo**

O item 3.1 apresenta os objetivos e o escopo do Manual de Limiares, bem como as principais definições básicas aplicáveis. O item 3.2 contém um breve resumo da evolução dos estudos de limiares, bem como compara métodos atualmente utilizados no Japão e no Brasil. Explana-se ainda sobre as características gerais e sobre a aplicabilidade do Método Compartilhado no Brasil. O item 3.3 detalha os procedimentos para o cálculo do limiar (Linha Crítica de Eventos - LC) e das linhas de apoio (Linha de Probabilidade Moderada de Eventos - LPM, Linha de Probabilidade Alta de Eventos - LPA e Linha de Probabilidade Muito Alta de Eventos - LPMA), a serem utilizadas para a elaboração dos alertas e dos alarmes. Por fim, no item 3.4 são elencados os aspectos a serem considerados para o aperfeiçoamento das técnicas de cálculo dos limiares e das linhas de apoio.

### **3.1.3 Abrangência**

Os métodos descritos neste capítulo foram validados com base em dados de eventos de deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e de fluxo de detritos e poderão ser aplicados a todos estes processos. Por outro lado, não poderão ser aplicados aos casos de rastejos, os quais são caracterizados pela baixa velocidade de deslocamento do solo/rocha e pelas estruturas geológicas específicas que condicionam sua evolução.

Cabe lembrar que os processos citados podem ser deflagrados tanto em decorrência de terremotos, erosão contínua pelo vento e/ou pela água, como em decorrência de chuva

---

<sup>34</sup> O cálculo dos limiares e das linhas de apoio para eventos monitorados pelo deslocamento de solo/rocha (rastejos e queda de blocos ou de lascas de rocha) não serão abordados na presente versão deste Manual.

torrencial. Contudo, neste Capítulo 3 somente os desastres de gênese pluviométrica serão analisados.

### 3.1.4 Definições básicas

Neste item, os termos são apresentados por grupo, conforme sua afinidade temática. Os conceitos de alguns termos apresentados estão ilustrados nas **Figuras 24 e 25**, em particular os relacionados às séries de chuvas e ao conceito de meia vida e de chuva efetiva.

A **Figura 24** ilustra o critério para definição de uma série de chuvas e o conceito de chuva antecedente. Na **Figura 25** é ilustrado o conceito do tempo de meia vida da água no solo.

**Série de chuvas:** intervalo de tempo delimitado por período de 24 horas, anterior e posterior, sem chuva.

**Série de chuvas atual:** intervalo de tempo subsequente a um período de 24 horas sem chuvas e durante o qual a chuva ainda não cessou por período igual ou superior a 24 horas.

**Chuva antecedente:** Volume de chuva efetiva existente no solo em decorrência das chuvas incidentes antes da série de chuvas atual. Calculada a partir da chuva total no período antecedente (usualmente, nessa contabilização, no mínimo, deve-se considerar os vinte e quatro dias anteriores, para o caso da meia vida de 72 horas, e de 12 horas para o caso da meia vida de 1,5 horas), deduzida da parcela relativa à meia vida adotada.

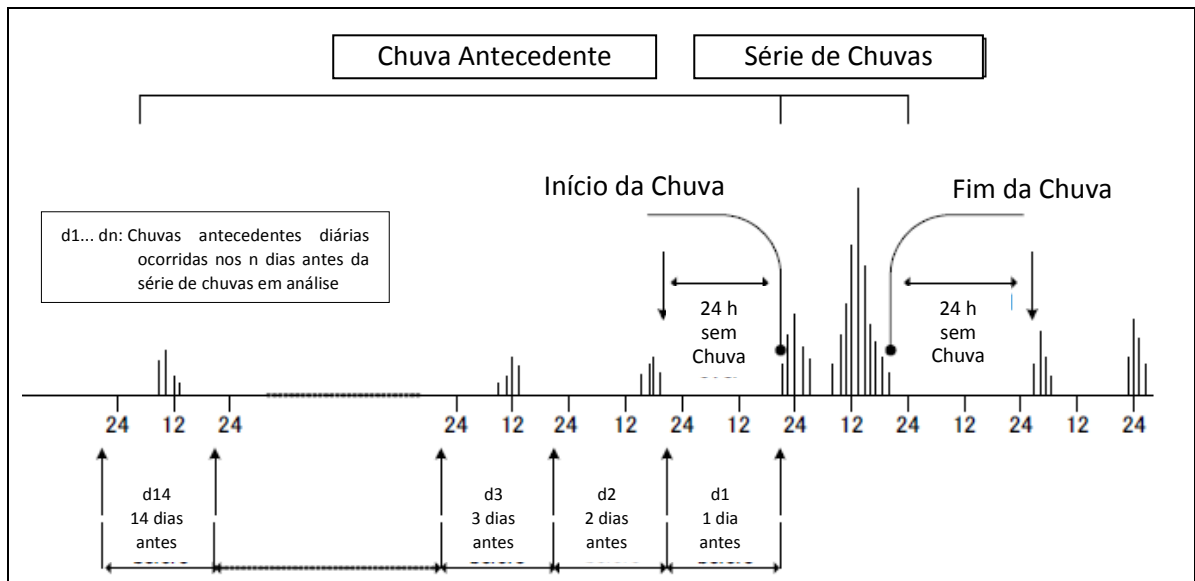
**Meia vida:** Tempo para que o volume das chuvas antecedentes, em um dado instante, seja reduzido à metade.

**Chuva total:** Somatório do volume de chuva observada durante a série de chuvas atual, sobre o qual não incide meia vida. Caso disponível, a chuva total poderá ser acrescida da parcela referente à previsão de chuva de curtíssimo prazo (de 1 a 3 h), igualmente sem incidência de meia vida<sup>35</sup>.

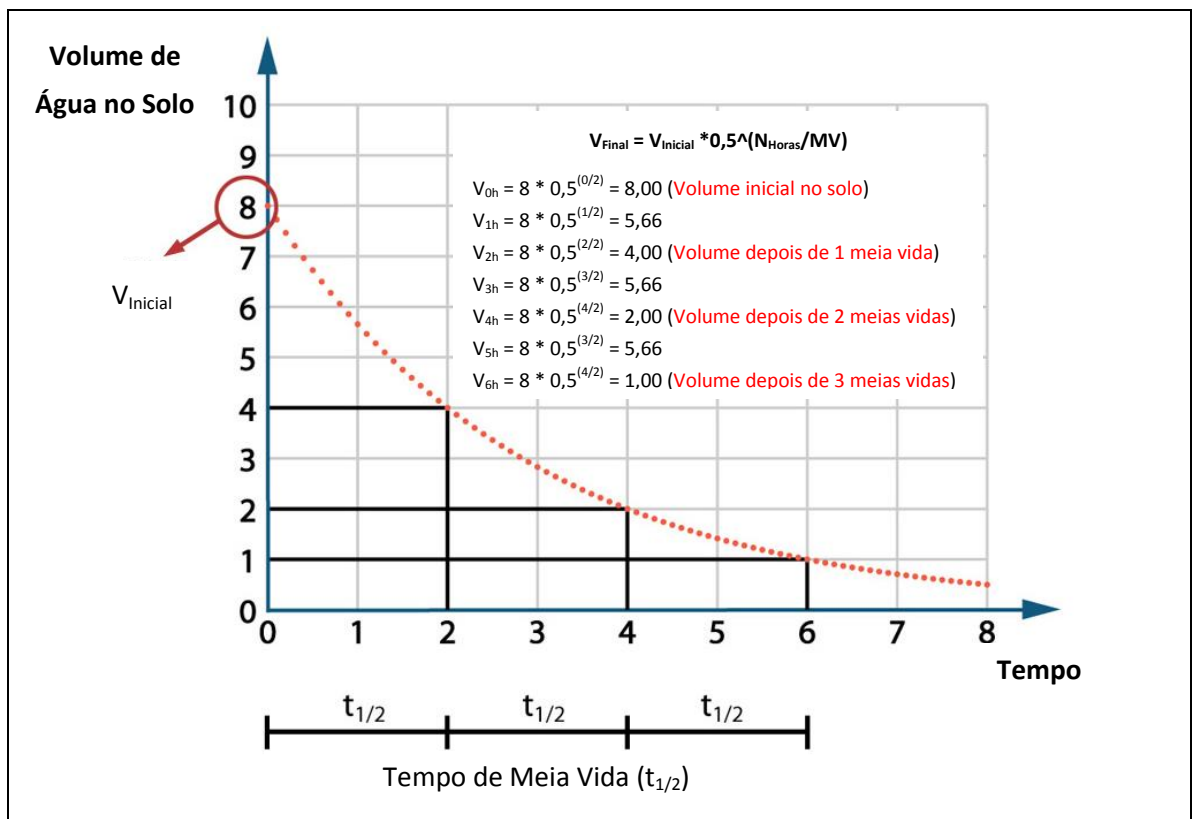
**Chuva efetiva:** volume variável de água que se estima estar presente no solo em um dado local e momento; resulta da soma da chuva antecedente e da chuva total.

---

<sup>35</sup> Na presente versão deste Manual, a parcela referente às previsões de chuva de curtíssimo prazo ainda não será utilizada, em face da inexistência de dados com a confiabilidade requerida.



**Figura 24:** Representação esquemática dos conceitos de série de chuvas e de chuva antecedente.



**Figura 25:** Representação esquemática da variação da água no solo para meia vida de 2 horas.

### 3.2 MÉTODO DE CÁLCULO DE LIMIARES A SER ADOTADO NO BRASIL

A presente proposta de monitoramento, previsão, elaboração e transmissão de alertas consolida o que vários estados brasileiros já realizavam para os municípios de sua jurisdição, porém, com métodos distintos ao longo do País.

Há a necessidade de uniformização de métodos de cálculo, bem como que os limiares sejam periodicamente revisados, para se adequar às características específicas de cada área de risco ou região.

No Japão, que sempre sofreu com acidentes e desastres, vem ocorrendo o melhoramento contínuo dos métodos de cálculo dos limiares, de modo a adequá-los às características locais. Ali, os exemplos de aplicação bem-sucedida vêm aumentando pouco a pouco. No Brasil, para que se possa salvar o máximo de vidas humanas, por meio da evacuação antecipada da população das áreas em risco, também é importante que o mesmo caminho seja percorrido.

Existem várias abordagens quanto aos métodos para previsão de movimentos de massa deflagrados pelas chuvas, as quais podem ser resumidas nas três categorias descritas a seguir.

### ① Métodos que utilizam simultaneamente a mecânica de solos e a hidrologia

Nesta abordagem, inicialmente, calcula-se a variação da pressão da água nos poros do solo, pela análise da infiltração da água precipitada. Em seguida, analisa-se a estabilidade da encosta, para avaliar a possibilidade de eventos, por meio do fator de segurança (valores de FS próximos ou inferiores a 1 são indicativos de maior possibilidade de evento) (**Figura 26**). Esse método é adequado para os casos em que o alvo é uma única encosta, ali sendo empregado para a avaliação da estabilidade e para subsídio ao cálculo de projetos de obras de estabilização, de contenção e de drenagem pluvial; porém, são inadequados para aplicação em áreas amplas (ou seja, para regiões que abrangem múltiplas encostas).

### ② Métodos hidrológicos (modelo tanque)

Nesta abordagem analisa-se o escoamento por meio do modelo tanque, o qual pressupõe o evento quando o volume total acumulado nos tanques teóricos atingir um determinado valor. A previsão é orientada pelo histórico de acidentes e de desastres (correlacionando-se o volume nos tanques com os eventos deflagrados) (**Figura 27**). Este método, embora complexo, tem comprovada eficácia para a previsão de eventos e é amplamente empregado para a elaboração de alertas.

### ③ Métodos estatísticos

Nesta abordagem, as chuvas que causaram movimentos de massa (chuvas com evento) e as chuvas que não os causaram (chuvas sem evento) são organizadas para se delimitar a fronteira entre estas duas regiões (**Figura 28**). Assume-se que o limiar separe a zona segura e a zona insegura quanto à deflagração de eventos, sendo a base para o cálculo das demais linhas de apoio necessárias. Este método é normalmente renomeado conforme os índices de chuva utilizados. Por exemplo, há métodos que utilizam como índices a chuva total (chuva acumulada), a intensidade

de chuva, a intensidade de chuva x chuva total (chuva acumulada) e a chuva efetiva. Além da chuva, indicadores como topografia e geologia podem ser utilizados na chamada análise de correlação múltipla.

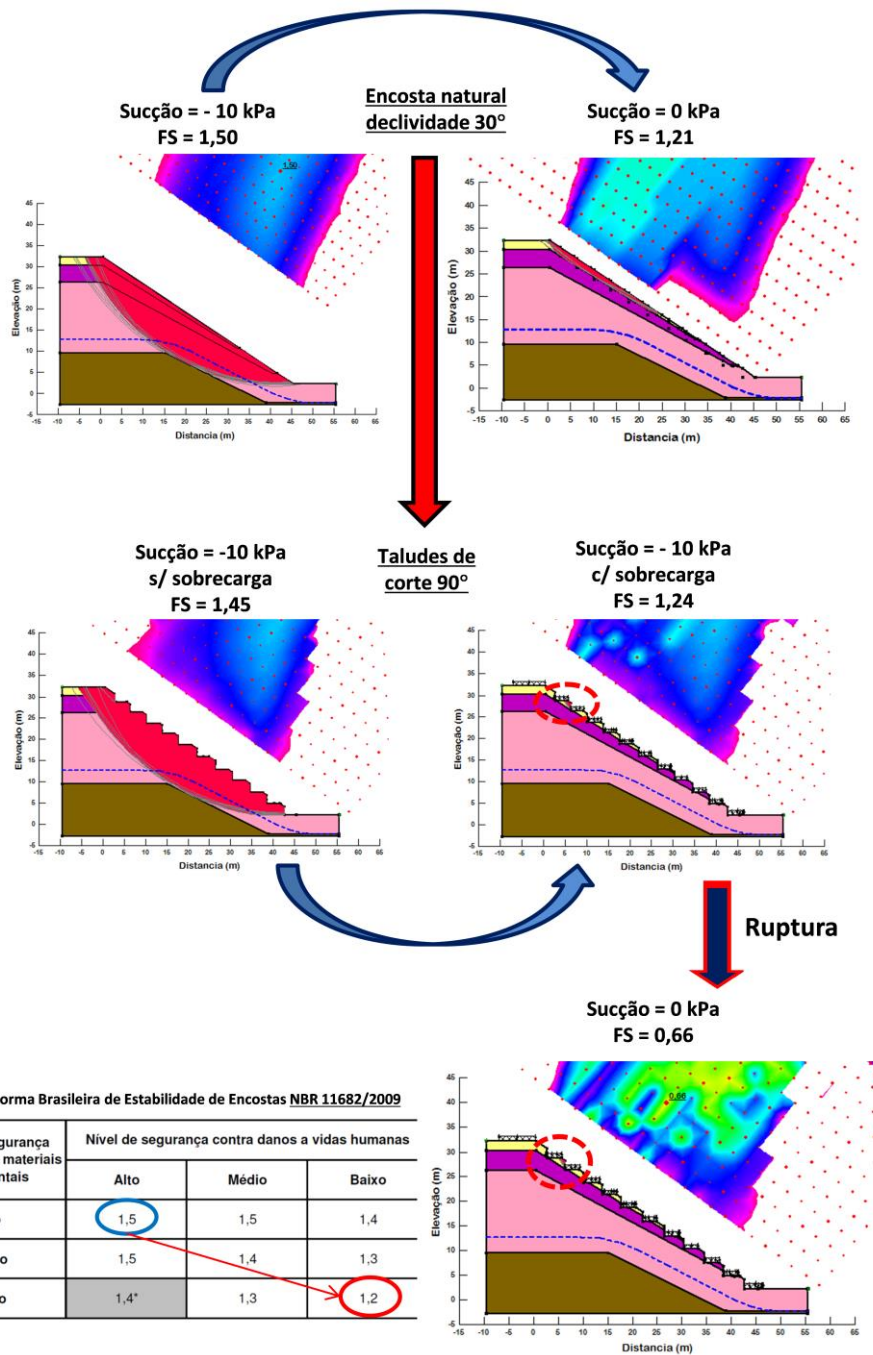
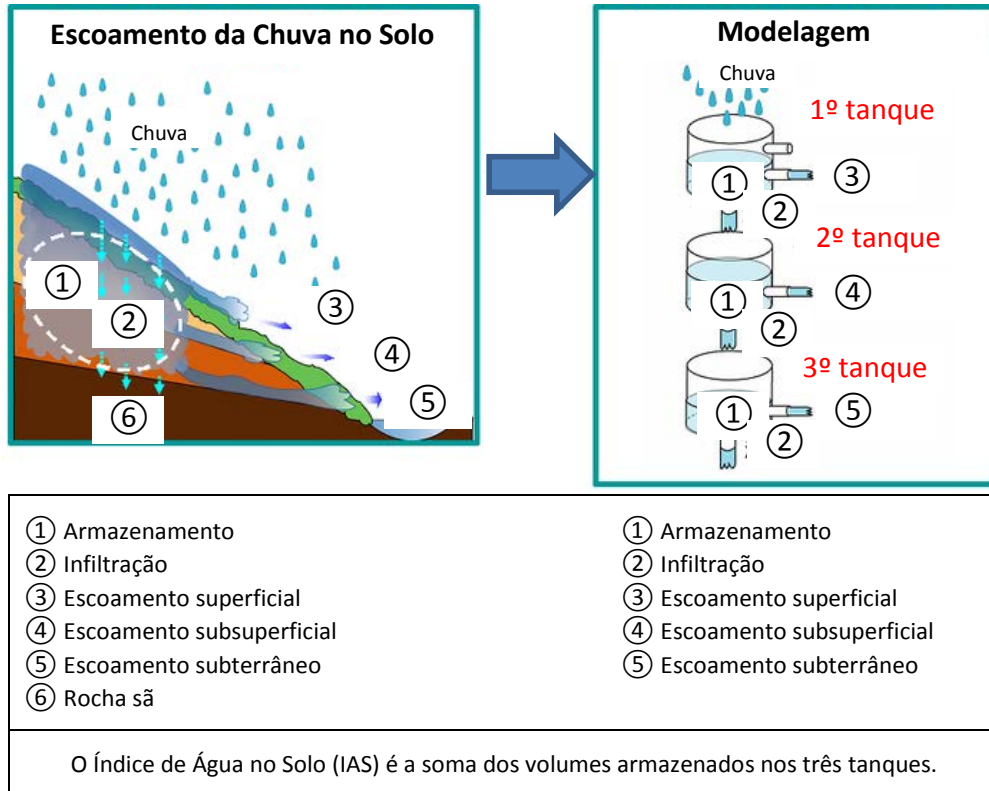
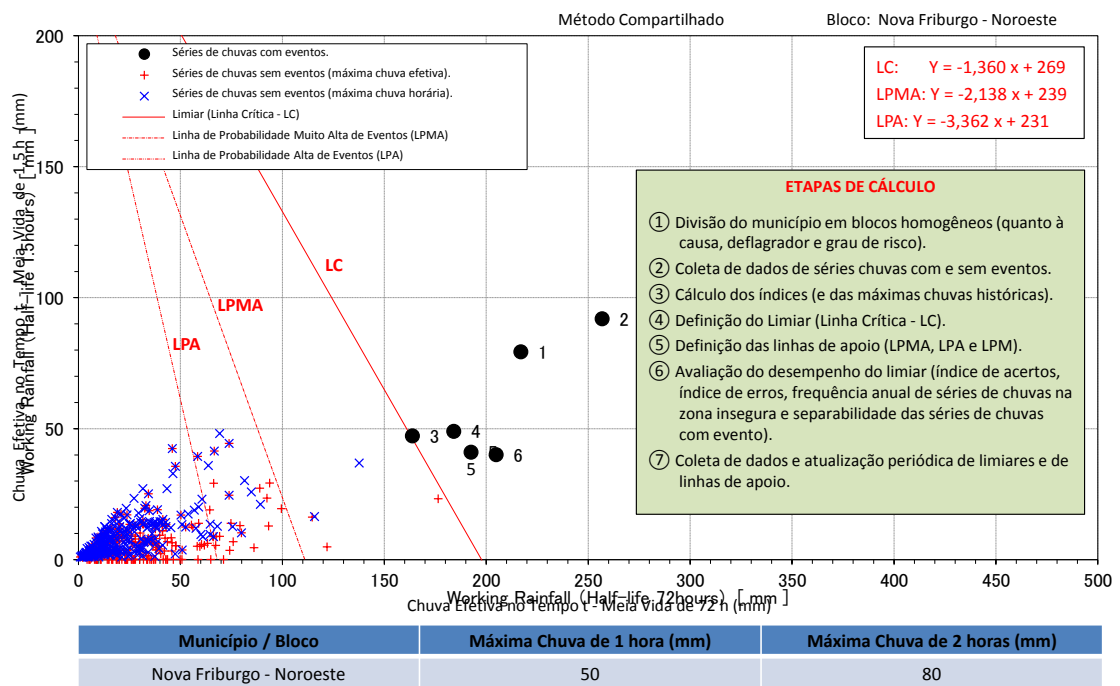
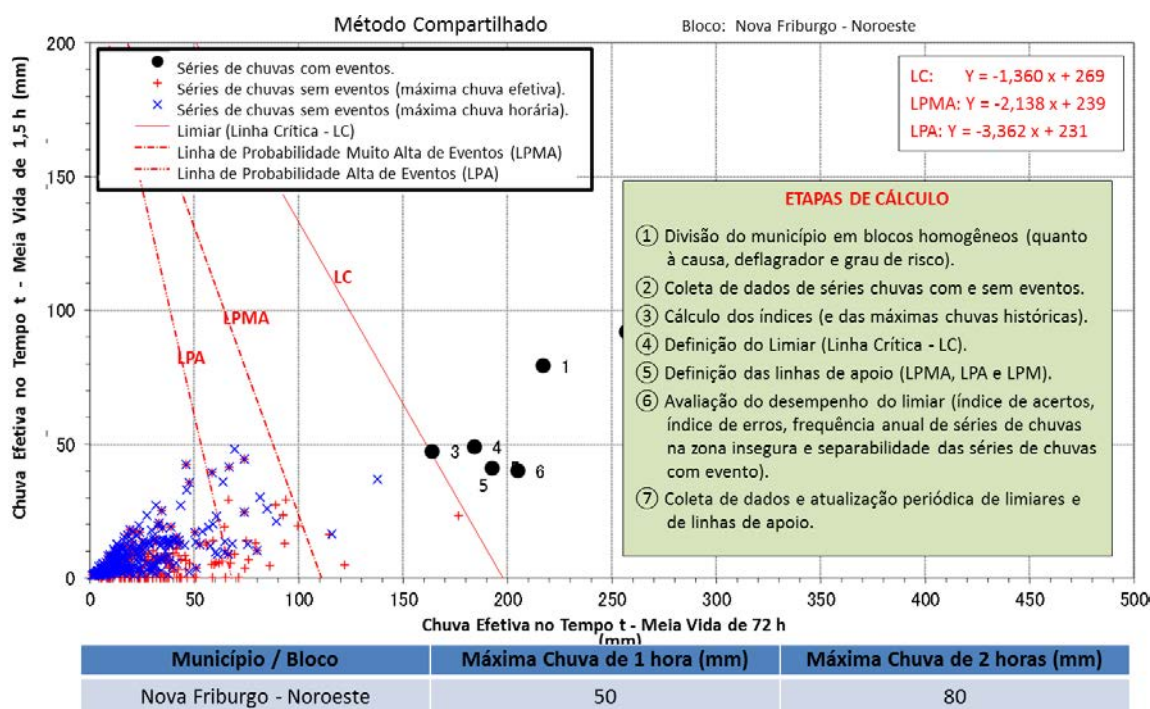


Figura 26: Representação esquemática da análise do Fator de Segurança de uma encosta.



**Figura 27:** Representação esquemática do Modelo Tanque.





**Figura 28:** Representação esquemática do Método Compartilhado.

De maneira geral, pode-se dizer que na abordagem ① a análise é teórica; na abordagem ② é semiteórica; e na abordagem ③ é empírica (estatística).

A abordagem ③ é muito apropriada para a previsão de movimentos de massa em grandes áreas, pois, não necessita da complexa análise de escoamento, como no caso do modelo tanque. Os limiares e as linhas de apoio são determinados plotando-se os dados históricos das chuvas com e sem evento (calculados conforme os índices de chuva adotados).

### 3.2.1 Breve Resumo dos Métodos de Cálculo

O **Quadro 13** sintetiza as características dos principais métodos para cálculo de limiares para processos monitorados pela chuva, os quais são descritos a seguir.

#### 3.2.2.1 Método Cemaden

O limiar de chuva x eventos é estabelecido para um conjunto de índices de intensidade de chuva (intervalos de 1, 3, 24, 48, 72, 96 e 120 horas, uma semana, um e dois meses), com base no histórico de chuvas com eventos, para cada municipalidade.

Os limiares são utilizados simultaneamente, sendo aplicado o que ocorrer primeiro.

#### 3.2.2.2 Método DRM-RJ

O Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ) utiliza o índice de chuvas acumuladas em 24 horas (eixo horizontal) e a intensidade de chuva horária (eixo vertical). O histórico de eventos é representado para as categorias de eventos esparsos e eventos



generalizados, para os quais são estabelecidos limiares (**Figura 29**). Os valores são distintos conforme sejam os municípios.

Nome do método		Descrição	Indicadores	Ponto forte	Ponto fraco	Aplicabilidade ao Brasil no estágio atual
Modelo de intensidade de chuva x chuva acumulada	Método Cemaden	Estabelece vários limiares embasados no histórico de eventos.	① Chuvas acumuladas de 1 h, 3 h, 24 h, 48 h, 72 h e de 2 meses.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Como avaliam as chuvas com e sem eventos somente pelo índice de chuva, a organização dos dados é simples.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Como não está definido procedimento para uso dos diferentes limiares, a interpretação é subjetiva, tanto entre equipes como entre instituições.</li> </ul>	Utilizado atualmente. A decisão na aplicação do limiar é subjetiva; por isso ocorre diferença de julgamentos entre especialistas.
	Método DRM	Estabelece o limiar para eventos esparsos e generalizados, com base no histórico de eventos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>① Intensidade de chuva horária.</li> <li>② Chuva acumulada de 24 horas.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Como estabelece o limiar tratando vários índices como processos independentes, o limiar é baixo e o coeficiente de erro da previsão é alto.</li> </ul>	
	Método da Diretriz (Métodos A e B)	Combinam os índices de curto e de longo prazo com meia vida de 1, 2 ou 3 dias para expressar a chuva efetiva e assim estabelecer o limiar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>① Intensidade de chuva horária.</li> <li>② Chuva efetiva com meia vida de 1, 2 ou 3 dias (Método A) e chuva efetiva até a hora anterior ao evento com meia vida de 1, 2 ou 3 dias (Método B).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilidade de organização dos dados de chuva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A distinção entre as chuvas com evento e sem evento não é precisa.</li> </ul>	
Modelo da chuva efetiva	Método Compartilhado	Combina índice de meia vida de 1,5 horas e de 72 horas para o cálculo da chuva efetiva proposta por Yano.	<ul style="list-style-type: none"> <li>① Chuva efetiva com meia vida de 1,5 horas.</li> <li>② Chuva efetiva com meia vida de 72 horas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Por usar a chuva efetiva, foi eliminada a divergência entre chuva contínua e a chuva torrencial intermitente. A chuva efetiva pode ser o indicador para o cancelamento do alerta.</li> <li>Pelos resultados estudados, é aplicável a áreas distintas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O limiar e as linhas de apoio do tipo <math>y = ax + b</math> apresentam subjetividade no traçado.</li> </ul>	É viável utilizar as séries de dados de chuva no Brasil. Viável também o ajuste com a variação dos períodos de meia vida.
Modelo Tanque	Método do Modelo Tanque	Utiliza modelo teórico de tanque de três estágios para representar o escoamento superficial e a percolação. Os eventos são previstos pelo Índice de Água no Solo (volume total de água armazenada nos tanques), à luz do histórico de eventos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>① Volume do 1º tanque.</li> <li>② Volume do 2º tanque.</li> <li>③ Soma dos volumes de ① e de ②.</li> <li>④ Volume total dos três tanques (Índice de Água no Solo - IAS).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicável a qualquer topografia, estabelecendo a constante do Modelo de Tanque pela retroanálise do histórico de eventos.</li> <li>Considerado preciso para a previsão de eventos localizados, mesmo em condições geológicas distintas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necessita que as constantes do tanque sejam bem estabelecidas. Em caso de escassez de dados, fica difícil calculá-las.</li> </ul>	No Brasil, a série de dados de escoamento é insuficiente, de modo que o estabelecimento das constantes é considerado difícil.
Modelo RBFN	Método Unificado (MLIT/JMA)	É evolução do Método Compartilhado. A precisão decorre do estabelecimento de limiar correlacionando chuva de probabilidade conhecida e eventos, do uso de Índice de Água no Solo (do Modelo Tanque) e de dados de previsão de chuva de curtíssimo prazo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>① Chuva acumulada em 60 minutos (uma hora).</li> <li>② Índice de Água no Solo (IAS).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta precisão do limiar.</li> <li>Viável a indicação da probabilidade do evento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Complexo, por não permitir visualização dos resultados em gráfico.</li> <li>Necessidade de revisão a cada hora, com os dados atualizados.</li> <li>Para a elaboração do alerta, é necessária a análise da previsão de chuva de curtíssimo prazo e/ou de curto prazo (modelos meteorológicos regionais).</li> </ul>	Por usar o modelo RBFN, a análise torna-se complexa. Por necessitar de chuva futura por região alvo (exemplo: malha de 5 x 5 km), no momento, é de difícil adoção no Brasil.
Modelo de Correlação Múltipla	Método de Araki <i>et al.</i> (1997)	Utiliza fórmula de correlação múltipla, agregando indicadores para vários fatores relacionados aos eventos.	Combinação de fatores topográficos, geológicos e de índices de chuva.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Viável o estabelecimento do limiar para áreas amplas (uma ou mais encostas ou vales).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necessita de muitos trabalhos preliminares de topografia e de investigação geotécnica.</li> <li>Difícil visualizar o grau de risco, pois não há limiar único nem resultado em gráfico.</li> </ul>	Pela insuficiência de mapas topográficos e geológicos de detalhe e indisponibilidade de previsão de chuva de curtíssimo prazo, a adoção é considerada difícil, no presente momento.

**Quadro 13:** Descrição dos métodos para cálculo dos limiares de movimentos de massa.

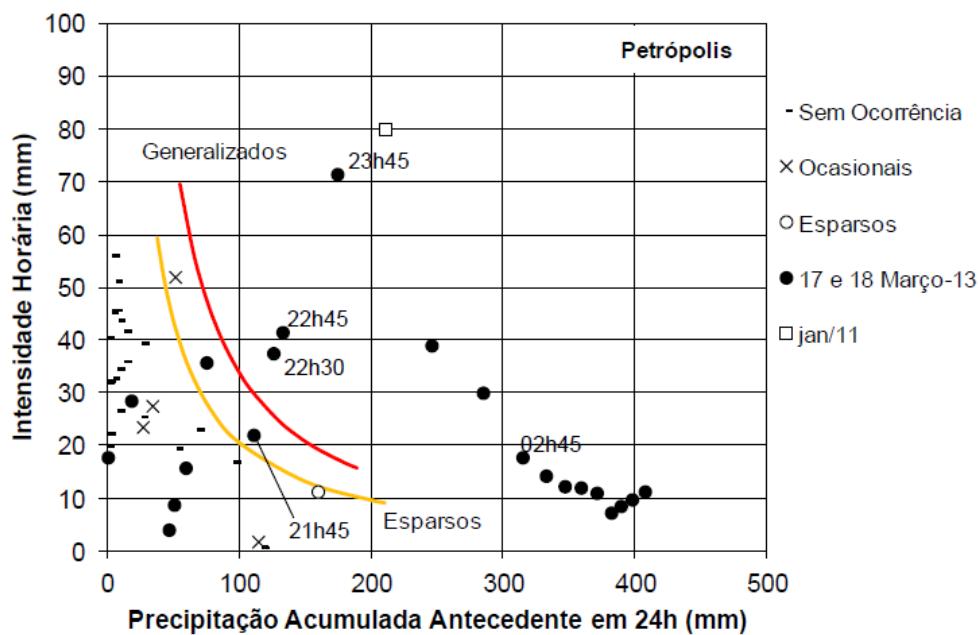


Figura 29: Estabelecimento do limiar pelo Método DRM-RJ.

### 3.2.1.3 Método da Diretriz

Em geral, assume-se que os movimentos de massa estão associados a uma elevada quantidade de chuva, porém, mesmo um pequeno volume de chuva pode desencadear os eventos, a depender da intensidade desta no tempo e/ou do momento em que ele ocorra.

Este método dá atenção a este aspecto, plotando a chuva acumulada (eixo horizontal) contra a intensidade horária de chuva (eixo vertical), em um gráfico XY das chuvas com e sem evento, a partir do qual é traçado limiar (linha crítica - LC) entre as chuvas com e sem eventos.

Porém, os índices utilizados não são tão eficazes em separar adequadamente as chuvas com e sem eventos, conforme ilustrado na Figura 30.

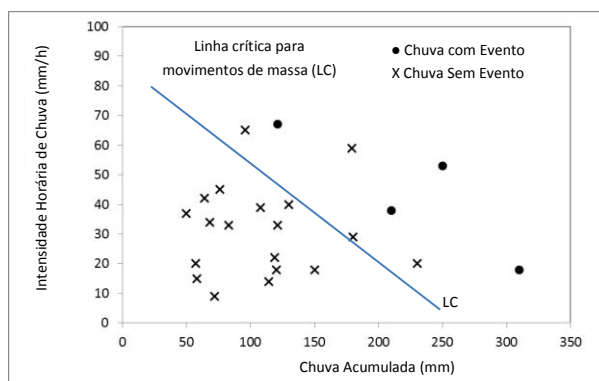


Figura 30: Gráfico de estabelecimento do limiar pelo Método da Diretriz.

#### 3.2.1.4 Método Compartilhado

Este método utiliza o mesmo raciocínio do Método da Diretriz (Método da Intensidade Horária x Chuva Acumulada). Porém, ele foi aperfeiçoado para melhorar a separabilidade das chuvas com e sem evento.

O Método Compartilhado assume que somente parte da chuva acumulada antecedente deve ser incluída no cálculo da chuva efetiva (e não todo o volume, como ocorre no Método da Diretriz). Assim, a chuva efetiva é calculada pela soma da chuva atual e do remanescente da chuva acumulada antecedente, mediante aplicação de um redutor, de acordo com o tempo decorrido desde a chuva antecedente em questão (este fator é a meia vida). Quanto mais antiga a chuva antecedente, menor será sua influência no valor da chuva efetiva, tanto para os índices de longo como de curto prazo.

Nas análises efetuadas no Japão, os valores de meia vida para os que melhor distinguiram a possibilidade de eventos foram, para a chuva efetiva de longo prazo, de 72 horas e, para a chuva efetiva de curto prazo, de 1,5 horas.

Depois de calculados os índices da chuva efetiva de longo prazo (eixo horizontal) e de curto prazo (eixo vertical) para cada série de chuvas, estes índices são plotados em um gráfico XY, distinguindo-se cada série de chuvas com e sem evento, da mesma forma que efetuado para o Método da Diretriz.

#### 3.2.1.5 Método do Modelo Tanque

O modelo tanque enquadra-se como um método hidrológico de análise por escoamento. Nele assume-se um modelo teórico de tanques multiestágios (**Figura 27**), de um, dois ou três estágios, cujas saídas simulam as condições de fluxo na encosta e no vale. O volume total armazenado nos três tanques é denominado de Índice de Água no Solo (IAS<sup>36</sup>).

Para cada um dos estágios do tanque, é observada a variação do volume total de água que infiltra, que é armazenada ou que esco. Estes fenômenos são representados pelas saídas nas laterais e no fundo dos estágios dos tanques. O posicionamento (altura em relação à base do tanque) e a variação do tamanho das saídas representam as heterogeneidades do escoamento superficial e da infiltração para cada perfil de solo e região.

No cálculo do limiar e das linhas de apoio são utilizados os volumes totais retidos nos estágios dos tanques. Usualmente assume-se que quanto maior o valor do IAS, maior é a probabilidade de acidentes ou desastres. Porém, para um mesmo valor elevado de IAS, a probabilidade de evento tende a ser maior em uma região de poucas chuvas do que em uma região de muitas chuvas, ficando difícil julgar o risco somente pelo valor do IAS. Por isso, é que se utiliza uma forma indireta de julgamento, comparando-se o valor do IAS calculado para a chuva atual com o valor do IAS calculado para as chuvas críticas do passado que deflagraram acidentes ou desastres.

---

<sup>36</sup> Índice de Água no Solo (IAS), tradução de *soil water index (SWI)*, da língua inglesa.

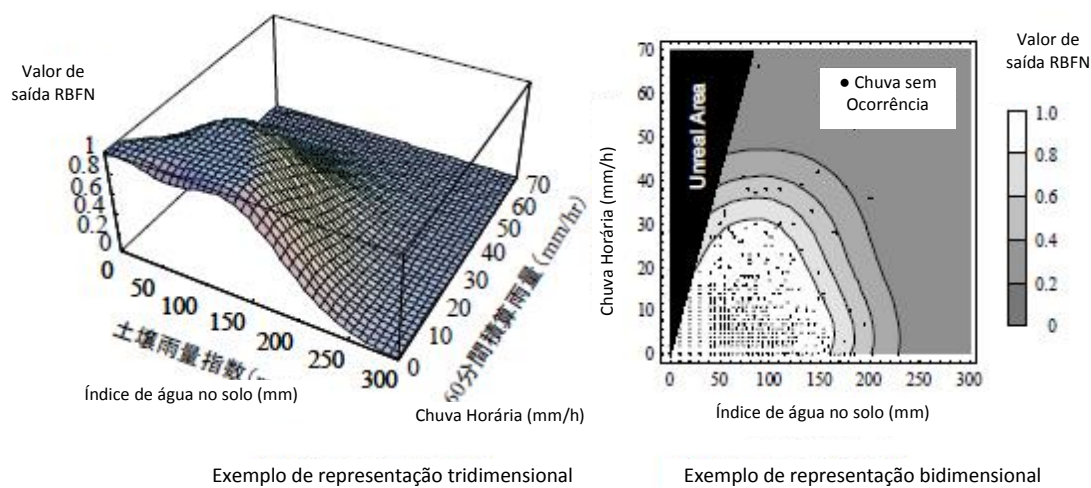
Assumindo-se que o volume total armazenado nos estágios do tanque teórico possa ser utilizado como limiar para os eventos, em uma situação real, no momento exato em que o volume do tanque teórico ultrapassar aquele limiar, configura-se a probabilidade de deflagração do processo monitorado.

No Japão, o Índice de Água no Solo (IAS) é utilizado para a previsão do risco e para a decisão de transmissão do “alerta de movimentos de massa”, o qual, naquele País, é divulgado de modo associado ao “alerta de chuva intensa” (este embasado apenas na previsão de chuva de curtíssimo prazo). De acordo com estudos realizados, o Índice de Água no Solo tem boa precisão para a previsão de eventos.

### 3.2.2.6 Método RBFN

É o método aperfeiçoado do Método Compartilhado. Nele, foi possível vincular o limiar a uma dada probabilidade de evento, por meio da correlação entre a distribuição de probabilidade das chuvas sem eventos, por intermédio do valor de saída das funções de rede neural de base radial (RBFN), e do histórico de chuvas com evento (**Figura 31**).

Além da distribuição de probabilidade das chuvas sem eventos (eixo z), o Método RBFN ainda utiliza o Índice de Água no Solo - IAS do Modelo Tanque (eixo x) e a chuva acumulada de 60 minutos (eixo y). Ressalte-se que, no Japão, a base para o cálculo destes dois últimos índices são as previsões de chuva de curtíssimo prazo (radar meteorológico), tecnologia ainda não disponível no País.



**Figura 31:** Estabelecimento do limiar pelo Método da Análise RBFN.

### 3.2.1.7 Método da análise de correlação múltipla

Os métodos anteriores fazem a previsão de eventos por meio da análise do escoamento ou do comportamento do índice de chuva, porém, sempre utilizando apenas a chuva como parâmetro de entrada. O método de análise de correlação múltipla, por sua vez, visando uma previsão mais precisa, também considera as condições de topografia e de geologia. Estes parâmetros (chuva,

topografia e geologia) recebem pesos relativos diferenciados, em uma fórmula que avalia a probabilidade de evento ou de não evento.

Ao utilizar dados topográficos e geológicos da região em risco, é possível aumentar a precisão da previsão de evento. Entretanto, isto é altamente dependente da quantidade de dados disponíveis (mapas topográficos em escala adequada, investigações do subsolo e instrumentações geotécnicas etc.), bem como é difícil visualizar o grau de risco, uma vez que não é possível plotar um limiar no gráfico XY, como efetuado nos métodos anteriores.

### **3.2.2 O Método Selecionado**

#### **3.2.2.1 Justificativa da Seleção do Método Compartilhado**

Considerando-se a atual situação no Brasil - em termos de dimensão da série de dados (de chuvas e de eventos), de bases topográficas e geológicas disponíveis e de tecnologias para previsão da chuva futura, o Método Compartilhado apresenta-se como o mais indicado para o uso em relação à previsão do evento.

Quando tais deficiências forem sanadas, em particular quando a previsão de chuva de curtíssimo prazo e o cálculo do Índice de Água no Solo - IAS estiverem disponíveis, o Método do Modelo Tanque e o Método da Análise RBFN poderão ser utilizados.

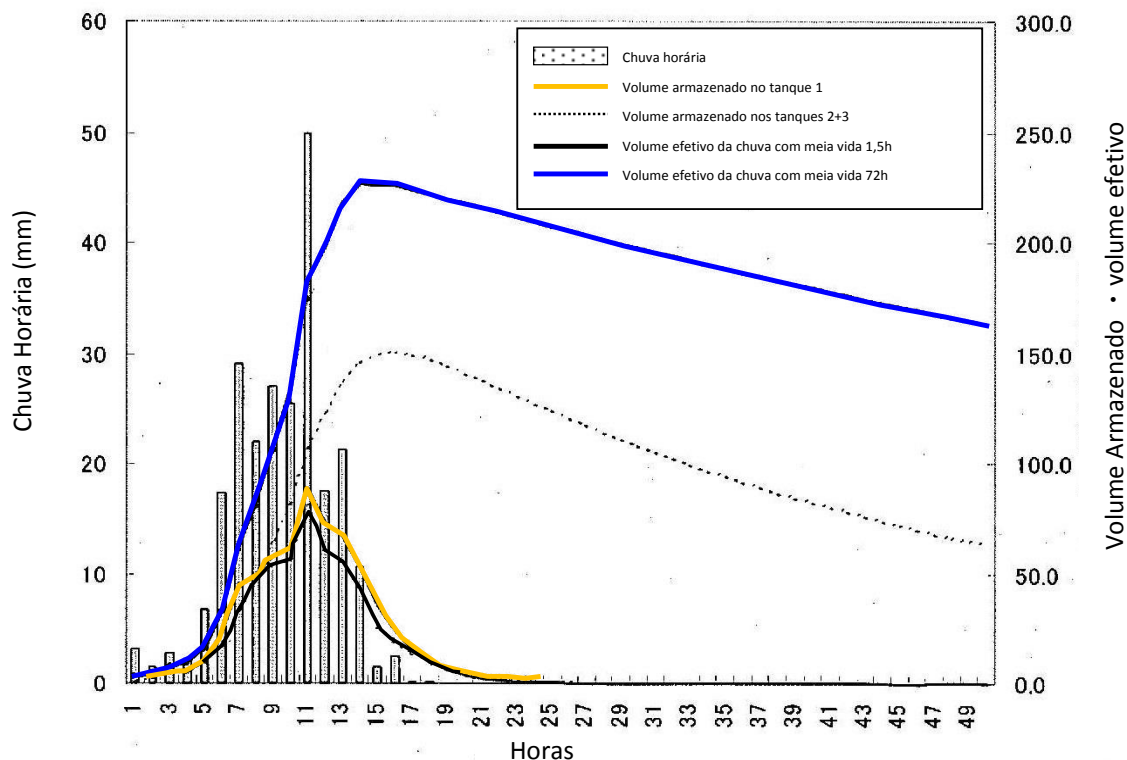
No Método Compartilhado, as linhas de referência são estabelecidas por meio de dois índices de chuva efetiva que estimam o volume de água no solo e no subsolo, através de cálculos simples. As meias vidas utilizadas são de 1,5 horas (que corresponde ao volume armazenado no primeiro tanque do Modelo Tanque e representa as características do solo superficial) e de 72 horas (que corresponde ao volume armazenado no segundo e terceiro tanques do Modelo Tanque e representa as características do subsolo).

A meia vida traduz as características de infiltração, de escoamento e de armazenamento de água no solo, de modo que se poderia pensar em estabelecê-las por região ao invés de área de risco por área de risco. Em relação à meia vida de 1,5 horas não se espera muita diferença de uma região para outra, porém, em relação à meia vida de 72 horas, pode ser necessário um estudo mais amplo, avaliando-se a variabilidade regional das características do meio físico e a distribuição das chuvas, obtendo-se a meia vida por tentativa e erro, por meio de retroanálise das séries de chuvas com e sem evento.

Em estudos realizados em diversas regiões do Japão, verificou-se que um mesmo par de meias vidas pode ser aplicado a várias regiões, bem como que o Método Compartilhado, que em princípio tinha como alvo principal a deslizamento planar e deslizamento rotacional, também é eficaz para a previsão de fluxo de detritos.

O Método Compartilhado tem alto grau de correlação com o Método do Modelo Tanque, conforme mostra a relação entre o índice de chuva efetiva e o Índice de Água no Solo (IAS) calculado

pelo Modelo Tanque (**Figura 32**), o que assegura boa precisão. Nota-se grande semelhança entre o volume armazenado no primeiro tanque (o qual representa a variação da água superficial) e a chuva efetiva de meia vida de 1,5 horas, e entre o volume armazenado nos tanques dois e três (os quais representam a variação da água subterrânea) e a chuva efetiva de meia vida de 72 horas.



**Figura 32:** Relação entre o modelo tanque e a chuva efetiva.

A vantagem é que a análise pelo Método Compartilhado depende somente de dois parâmetros (chuva observada e meia vida para cálculo da chuva antecedente) (**Figura 28**), enquanto que o Modelo Tanque de três estágios demanda o ajuste de onze parâmetros (**Figura 27**), dentre eles chuva observada, altura das saídas dos tanques, taxas de infiltração e coeficientes de escoamento superficial e lateral dos tanques.

Outro aspecto é a maior flexibilidade do Método Compartilhado para o rebaixamento dos alertas, não sendo necessário aguardar 24 horas depois da série de chuvas, como ocorre no caso do Método da Diretriz.

Além de ser mais simples utilizar, em comparação ao uso do IAS do Modelo Tanque, o índice a chuva efetiva é o mesmo proposto por Yano (1990), unificando o método de previsão de deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos.

O cálculo do limiar pelo Método Compartilhado e o seu uso tem as seguintes particularidades:

- a) O limiar é definido a partir da distribuição das séries de chuvas com e sem eventos, em gráfico XY, expressas por meio de dois índices de chuva efetiva;

- b) A partir do limiar, são construídas linhas de apoio que expressam as máximas chuvas históricas de 1, 2 e 3 horas na região analisada. Enquanto o limiar separa a zona segura da zona insegura, as linhas de apoio são pontos de controle que marcam o tempo que falta para se adentrar a zona insegura (respectivamente 1, 2 e 3 horas), medido pelo “relógio pluviométrico”, ou seja, pela máxima chuva histórica que pode ocorrer naqueles três intervalos. As linhas de apoio são derivadas do limiar, porém, no gráfico XY, não são paralelas a este;
- c) Os índices de chuva efetiva são calculados pela soma da chuva antecedente dos sete dias anteriores (descontadas pela aplicação de meias vidas, uma para o índice de chuva efetiva de curto prazo e outra para o índice de chuva efetiva de longo prazo). Estes mesmos procedimentos de cálculo também é utilizado para a representação da série de chuvas atual no gráfico XY;
- d) A probabilidade de algum evento pode ser avaliada graficamente, por meio da observação da evolução dos índices de chuva efetiva da série de chuvas atual (curva cobra) em relação às linhas de apoio e ao limiar;
- e) O limiar e as linhas de apoio são apropriados à operação com níveis de alertas e alarmes, de modo a se assegurar o tempo necessário à mobilização, à preparação e à evacuação, por parte das DCMs e da população das áreas em risco;
- f) Quando a chuva se encerrar, os índices de chuva efetiva declinarão de modo uniforme, apontando para uma condição de menor probabilidade para eventos, de modo que podem ser utilizados para orientar o rebaixamento ou cessar dos alertas e dos alarmes ou para o cancelamento ou desmobilização da evacuação, conforme o caso;
- g) Por ser um método embasado na estatística, é crucial ampliar a série de dados de chuvas com e sem eventos, bem como os dados descritivos dos eventos, de modo a se elevar a precisão da previsão fornecida pelos limiares.

Em síntese, dentre os pontos fortes do Método Compartilhado incluem-se o fato de o cálculo ser simples (quando comparado com o Modelo Tanque); de a precisão das previsões ser elevada (quando comparado com o Método da Diretriz); de a meia vida utilizada para o cálculo da chuva efetiva ser aplicável a regiões maiores que uma área de risco; e pelo método ser preciso para prever deslizamento planar, deslizamento rotacional e fluxo de detritos.

Contudo, pelo fato de o limiar ser representado por uma reta ( $y = ax + b$ ), e não por um único número, conforme prática corrente no Brasil, inicialmente, poderá haver maior dificuldade para o seu entendimento.



### 3.2.2.2 Os processos monitorados

O Método Compartilhado foi originalmente desenvolvido para deslizamentos planares múltiplos (no Brasil, portanto, abrangendo deslizamentos planares e deslizamentos rotacionais, conforme conceitos expressos no **Quadro 12**). Múltiplo deslizamento é entendido como os deslizamentos ocorridos no pico de chuva de uma série de chuvas, quando os índices de chuva efetiva ultrapassam os limiares previamente estabelecidos para uma dada área de risco. Têm, portanto, proximidade no horário de ocorrência e não necessariamente proximidade geográfica.

Apesar de sua origem, como o Modelo Tanque, com o qual o Método Compartilhado tem boa correlação, mostrou eficácia para a previsão de fluxos de detritos, o Método Compartilhado é aplicado a ambos os processos no Japão (correspondendo a deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e fluxos de detritos, no Brasil, conforme **Quadro 12**).

Ainda, o Método Compartilhado aplica-se às áreas de risco em contextos residenciais e não residenciais.

Levando-se em consideração a escassez de dados de chuvas com e sem eventos, enquanto tais deficiências são sanadas, é possível aplicar os mesmos limiares para regiões amplas, ou seja, para áreas de risco próximas que se assemelhem na topografia, na geologia e na vegetação e ocupação, conforme estudos realizados no Japão.

### 3.2.2.3 Comprovação de aplicabilidade

Para avaliar a aplicabilidade dos limiares calculados através do Método Compartilhado para previsão de movimentos de massa no Brasil (deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e fluxo de detritos), foram calculados limiares para os municípios de Blumenau (SC), Nova Friburgo (RJ) e Petrópolis (RJ). Os dados básicos utilizados para esses cálculos estão descritos na **Tabela 5**. Os limiares obtidos encontram-se apresentadas nas **Figuras 33 a 35**.

**Tabela 5:** Dados para o cálculo dos limiares para os municípios pilotos do Gides.

Município	Período de dados de chuva	Quantidades de eventos no período
Blumenau	2008 a 2011	1 caso
Nova Friburgo	2008 a 2011	6 casos
Petrópolis	2008 a 2014	16 casos

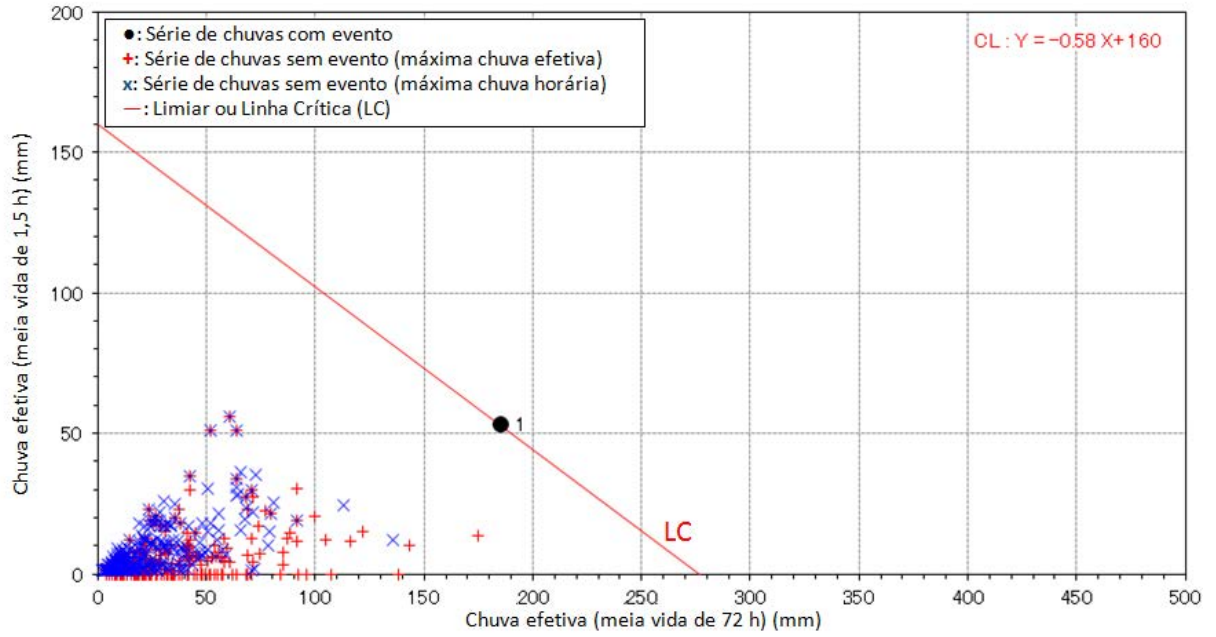


Figura 33: Limiar para o município de Blumenau (Bloco Norte) - Método Compartilhado.

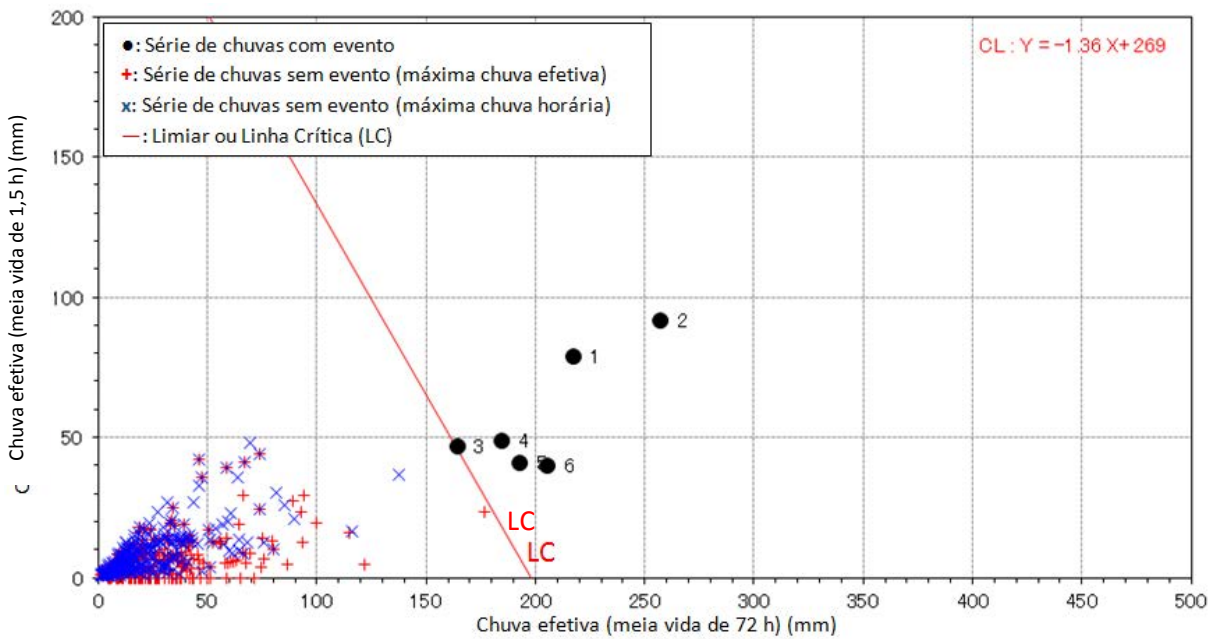
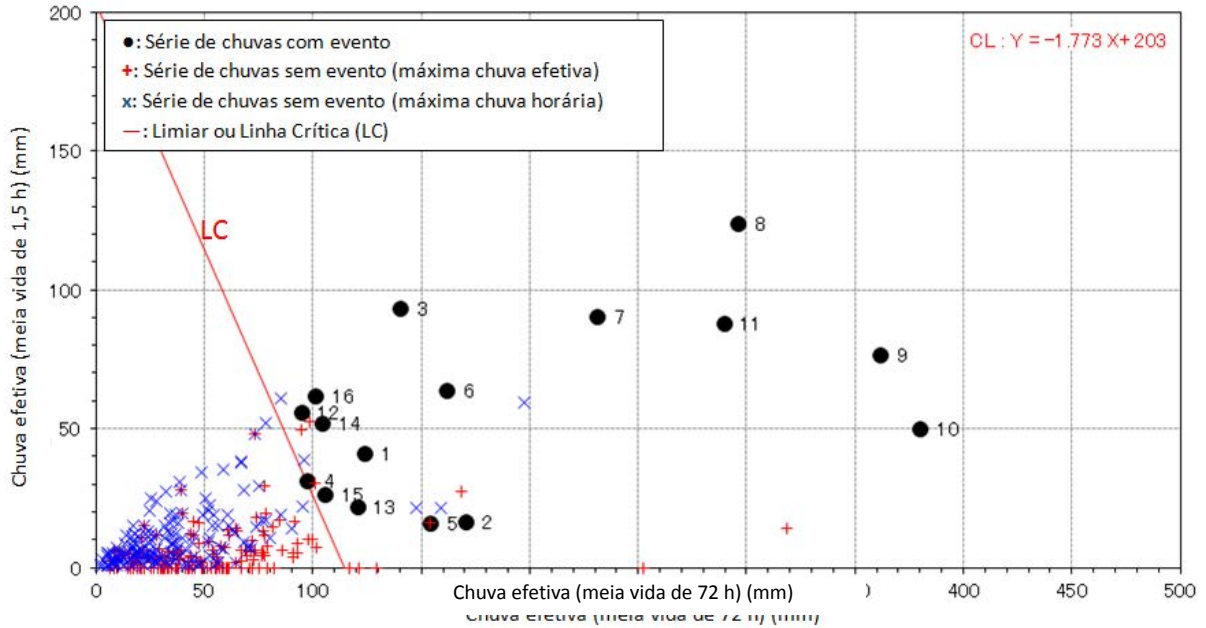


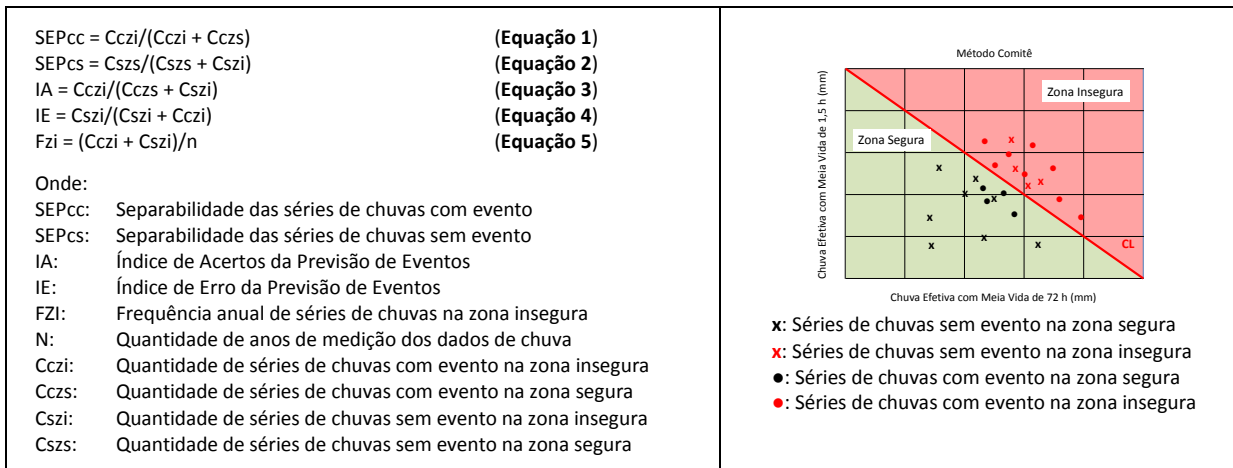
Figura 34: Limiar para o município de Nova Friburgo (Bloco Noroeste) - Método Compartilhado.



**Figura 35:** Limiar para o município de Petrópolis - Método Compartilhado.

Para a avaliação do desempenho do limiar, foram calculados a separabilidade, o índice de acertos, o índice de erros e a frequência na zona insegura, conforme as **Equações 1 e 5 (Figura 36)**.

Quanto maior o grau de separabilidade e o índice de acertos, melhor a precisão do limiar. Por outro lado, são desejáveis menores índices de erros (ou eventos sem alertas ou alarmes emitidos) e baixa frequência anual de séries de chuvas na zona insegura (menor número de alarmes vazios por ano).



**Figura 36:** Índice de Acertos da Previsão de Eventos, Índice de Erros da Previsão de Eventos e Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura.

Na **Tabela 6** é mostrada a comparação entre os Índices de Acertos da Previsão de Eventos (IA), Índices de Erros da Previsão de Eventos (IE) e Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura (FZI) calculada para o município de Petrópolis (**Figura 35**), onde a quantidade de eventos é relativamente maior que os demais municípios analisados (Blumenau e Nova Friburgo), justificando-se a análise

apenas para este caso. Avaliando-se os dados ali apresentados, concluiu-se que, em relação ao Índice de Acertos da Previsão de Eventos, todos os métodos apresentaram bom desempenho, mas, em relação ao Índices de Erros da Previsão e à Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura, o Método Compartilhado apresentou melhores resultados.

Os resultados da análise de separabilidade das séries de chuvas com e sem evento (Figuras 33 e 35) pelo Método Compartilhado são mostradas na Tabela 7. De modo geral, a separabilidade mostrou-se bastante satisfatória.

**Tabela 6:** Avaliação do Índice de Acertos da Previsão de Eventos, Índice de Erros da Previsão de Eventos e Frequência Anual de chuvas na Zona Insegura para o município de Petrópolis.

Método de Cálculo do Limiar	IA (%)	IE (%)	FZI (un./ano)
Método A (meia vida de um dia)	100	36	25
Método B (meia vida de dois dias)	100	30	23
Método A (meia vida de três dias)	100	38	26
Método B (meia vida de um dia)	100	43	28
Método B (meia vida de dois dias)	100	45	29
Método B (meia vida de três dias)	100	41	27
Método Compartilhado	100	24	21
<b>Observação</b>	Maior é melhor	Menor é melhor	Menor é melhor

**Tabela 7:** Separabilidade das séries de chuvas com e sem evento (Método Compartilhado).

Nome do município	Separabilidade das chuvas com evento	Separabilidade das chuvas sem evento
Blumenau	100%	100%
Nova Friburgo	100%	100%
Petrópolis	100%	97%

### 3.3 PROCEDIMENTO DE CÁLCULO PELO MÉTODO COMPARTILHADO

#### 3.3.1 Etapas de cálculo

Como mostrado na Figura 37, como primeira etapa do procedimento para cálculo de limiar para um dado município, define-se a quantidade de blocos necessários (cada qual demandando um limiar independente); em seguida definem-se os pluviômetros automáticos que serão utilizados para a coleta dos dados de chuva (em cada bloco, no caso das séries de chuvas com eventos, e para o município, no caso das séries de chuvas sem eventos). Os dados são então organizados, tanto para séries de chuvas sem eventos como para séries de chuvas com evento (cuidando-se de classificar os eventos em isolados ou múltiplos). Então, elabora-se o gráfico XY das chuvas efetivas com meias vidas de 1,5 e 72 horas e são traçado limiar (linha crítica - LC) e as linhas de apoio (LPM, LPA, LPMA).

### **3.3.2 Dimensionamento do bloco para cálculo dos limiares**

É necessário estabelecer os limiares para cada vale ou encosta, porém, nos casos de semelhança na topografia, geologia, vegetação, clima etc., pode-se utilizar um mesmo limiar para várias encostas e vales, pela praticidade.

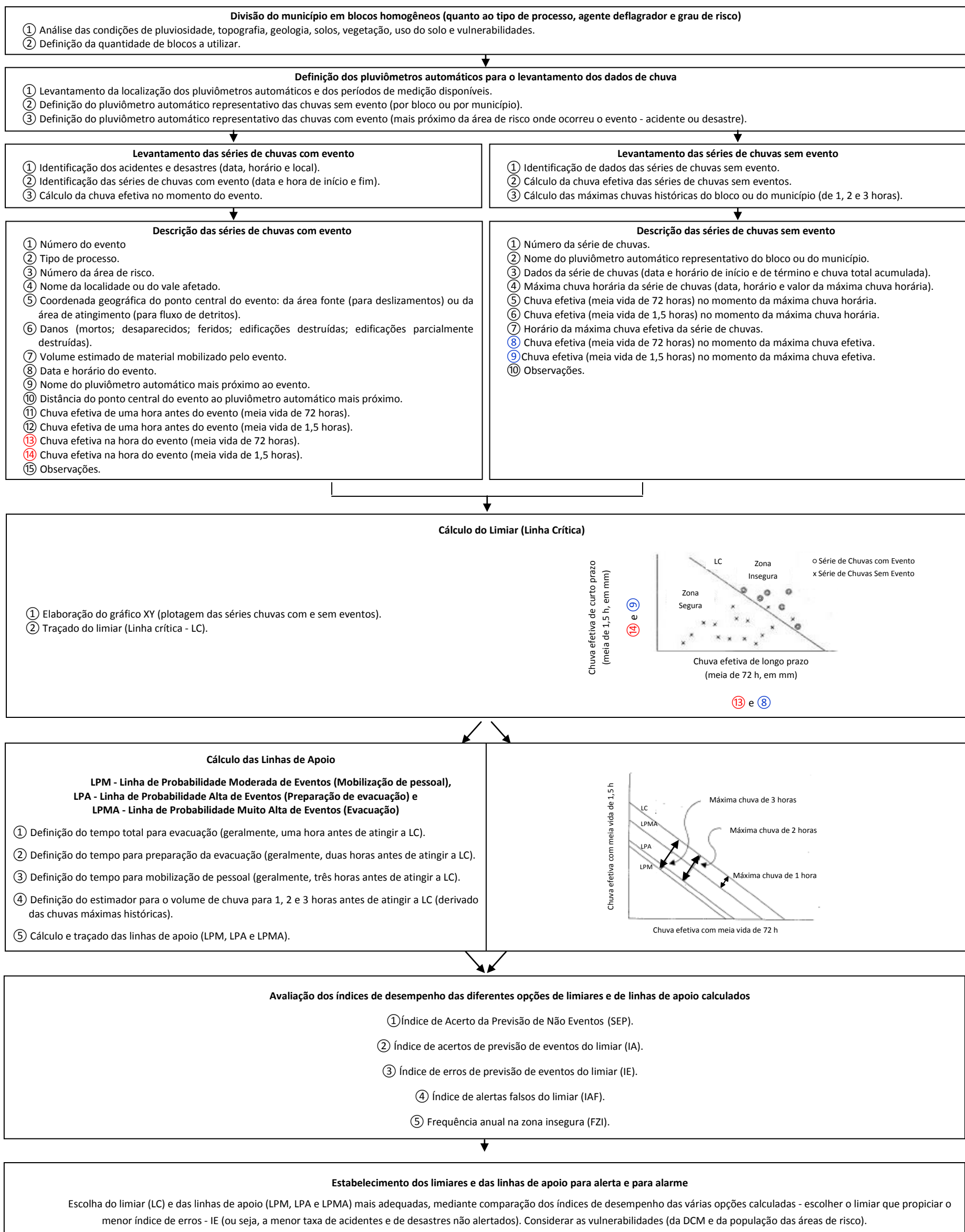
Assim, faz-se o zoneamento das regiões que possuem probabilidades similares de evento (causa principal e deflagrador) e estas são tratadas da mesma forma em termos de grau de risco.

No Japão, quando não heterogeneidades muito marcantes quanto à probabilidade de eventos, os blocos são estabelecidos utilizando-se a escala de municípios, que são as menores unidades que operaram o plano regional de prevenção de desastres naquele País.

### **3.3.3 Coleta e organização de dados das séries de chuvas com e sem evento**

#### **3.3.3.1 Séries de chuvas com evento**

Esta tarefa consiste em obter e organizar os dados da chuva com evento, a partir de: (i) levantamento de antigos desastres, por meio de documentos (relatórios e formulários da Defesa Civil, jornais etc.) e de entrevistas; (ii) consulta dos dados do pluviômetro automático mais próximo da área de risco onde ocorreu o acidente ou desastre.



**Figura 37:** Procedimento para cálculo do limiar e das linhas de apoio pelo Método Compartilhado.

O **Quadro 14** lista os atributos típicos para caracterização de um evento. Estes dados devem constar de Banco de Dados de Eventos, integrado e acessado pelos vários usuários do SAA.

Itens	Observação
① Número do evento.	Sequencial para a área de risco <sup>(1)</sup> .
② Tipo de processo.	Deslizamentos ou fluxo de detritos <sup>(2)</sup> .
③ Número da área de risco.	Código Nacional Unificado.
④ Nome da localidade ou vale afetado.	-
⑤ Coordenada geográfica do ponto central do evento.	Da área fonte (para deslizamentos) ou da área de atingimento (para fluxos de detritos).
⑥ Danos (mortos, desaparecidos, feridos, edificações destruídas, edificações parcialmente destruídas).	-
⑦ Volume de material mobilizado pelo evento (m <sup>3</sup> ).	Estimado.
⑧ Data e horário do evento	Horário BRT <sup>(3)</sup> .
⑨ Pluviômetro automático mais próximo ao evento.	Nome e código.
⑩ Distância do ponto central do evento ao pluviômetro automático mais próximo.	Calculado <sup>(1)</sup> .
⑪ Chuva efetiva de 1 h antes do evento (meia vida de 72 h).	Índices <sup>(4)</sup> para o gráfico XY.
⑫ Chuva efetiva de 1 h antes do evento (meia vida de 1,5 h).	
⑬ Chuva efetiva na hora do evento (meia vida de 72 h).	
⑭ Chuva efetiva na hora do evento (meia vida de 1,5 h).	
⑮ Observação.	-

(1): Calculado automaticamente pelo sistema informatizado.

(2): Identificando-se se deslizamento planar, deslizamento rotacional ou fluxo de detritos (e se múltiplos ou isolados).

(3): Precisão de 10 minutos é desejável (similar ao intervalo de coleta de dados de chuva).

(4): Obtido automaticamente pelo sistema informatizado, partir dos dados informados (código do pluviômetro automático; data e hora do evento).

#### **Quadro 14:** Dados para descrição das chuvas com evento.

É muito importante ter acesso às informações precisas, porque a chuva efetiva da série de chuvas com eventos é definida pelo momento exato em que este ocorre (hora e minuto, com a máxima precisão possível, no caso, de 10 minutos, tendo em conta o atual intervalo de coleta de dados de chuva, tanto para pluviômetro automático como para radar meteorológico). Nos casos de eventos antigos, é necessário realizar um amplo levantamento de dados junto a órgãos públicos, pois, muitas vezes, não é possível distinguir o tipo de evento (se um deslizamento planar ou um fluxo de detritos) nem precisar o momento do evento.

É interessante que a distância entre o pluviômetro automático no qual são coletados os dados de chuva com evento e a área de risco afetada seja a menor possível (máximo de 2,5 km). Caso tais condições não sejam verificadas, é necessário planejar a instalação de novos pluviômetros, visando à coleta de dados futuros.

Os dados das séries de chuvas com eventos devem ser organizados conforme mostrado na **Tabela 8**. A **Tabela 9** ilustra os diversos índices calculados a partir dos dados das séries de chuvas.

#### **3.3.3.2 Séries de chuvas sem evento**

Os dados para caracterização das séries de chuvas sem eventos são mostrados no **Quadro 15**.

Itens	Observação
① Número da série de chuvas.	Número sequencial.
② Nome do pluviômetro automático representativo do boco ou do município <sup>(1)</sup> .	Nome e código.
③ Dados da série de chuvas (data e horário de início e de término; e chuva total acumulada).	Calculado <sup>(2)</sup> .
④ Máxima chuva horária da série de chuvas (data e horário; e valor da máxima chuva horária).	
⑤ Chuva efetiva (meia vida de 1,5 horas) no momento da máxima chuva horária.	
⑥ Chuva efetiva (meia vida de 72 horas) no momento da máxima chuva horária.	
⑦ Horário da máxima chuva efetiva.	Calculado <sup>(2, 3)</sup> .
⑧ Chuva efetiva (meia vida de 1,5 horas) no momento da máxima chuva efetiva.	Índices <sup>(4)</sup> para o gráfico XY.
⑨ Chuva efetiva (meia vida de 72 horas) no momento da máxima chuva efetiva.	
⑩ Observações.	-

(1): Deve-se utilizar como pluviômetro automático representativo aquele que possuir a maior série de contínua de dados.

(2): Calculado automaticamente pelo sistema informatizado.

(3): Horário em que ocorre a distância máxima ( $\sqrt{x^2+y^2}$ ) da série de chuvas em relação à origem dos eixos do gráfico XY.

(4): Obtido automaticamente pelo sistema informatizado, partir dos dados informados (código do pluviômetro automático) e dos dados calculados (data e hora da máxima chuva efetiva).

**Quadro 15:** Dados para descrição das séries de chuvas sem evento.

Geralmente, é complicado tratar todas as séries de chuvas, incluindo-se aquelas de pequeno volume. Dependendo da quantidade de chuva (volume total acumulado na série de chuvas) e da quantidade de séries de chuva, pode-se restringir o tratamento dos dados somente àquelas mais relevantes, que apresentem as seguintes características:

- a) Fluxo de detritos: Chuva total  $\geq 80$  mm ou intensidade de chuva horária  $\geq 20$  mm;
- b) Deslizamento planar: chuva total  $\geq 40$  mm ou intensidade de chuva horária  $\geq 10$  mm.

### 3.3.4 Cálculo do Limiar (Linha Crítica - LC)

#### 3.3.4.1 Cálculo da chuva efetiva

A chuva efetiva é a soma de dois fatores: (i) o primeiro se refere à chuva incidente na última hora em relação do momento atual (tomada integralmente, sem aplicação de redutor); (ii) o segundo é o somatório de todas as chuvas antecedentes de até uma hora antes do momento atual, as quais são multiplicadas por um coeficiente de redução (decorrente das meias vidas adotadas). Trata-se do mesmo método de cálculo proposto por Yano (1990), conforme a **Equação 6**.



$$R_w = \sum \alpha_{i_i} \times R_{i_i} \quad \text{(Equação 6)}$$

**Onde:**

$R_w$ : Chuva efetiva<sup>37</sup> (mm).

$\alpha_{i_i}$ : Coeficiente de redução para i horas antes ( $\alpha_{i_i} = 0.5^{i/T}$ ).

i: Quantidade de horas de antecedência da chuva horária considerada em relação ao momento atual (horas).

T: Meia vida, tanto para as chuvas de curto prazo como para as chuvas de longo prazo (horas).

$R_{i_i}$ : Volume de chuva horária de i horas antes do momento atual (mm).

Um questionamento que surge é até quantos dias anteriores deve-se estender o cálculo da chuva antecedente? Como regra, deve-se estender o período até que o coeficiente de redução obtido ( $\alpha_{i_i} = 0.5^{i/T}$ ) seja inferior a 0,004. Tendo em conta a meia vida de 1,5 horas, isto ocorreria em aproximadamente 12 horas. No caso da meia vida 72 horas, em 574 horas (ou 24 dias). Ou seja, teoricamente, dever-se-ia considerar as chuvas antecedentes das últimas 12 e 574 horas para o cálculo das chuvas efetivas com meias vidas de 1,5 e 72 horas, respectivamente. Porém, não haverá prejuízo se períodos maiores de antecedência forem utilizados.

A **Tabela 10** e as **Figuras 38** e **39** ilustram um exemplo do cálculo de chuva efetiva de meia vida de 1,5 e 72 horas.

Na **Tabela 10**, a chuva efetiva correspondente às 09 horas é calculada a partir dos dados da chuva antecedente (respectivamente de 0 mm, para a chuva efetiva de meia vida de 1,5 h, e de 20 mm, para a chuva efetiva de meia vida de 72 h). Para os horários subsequentes, os valores são obtidos multiplicando-se o coeficiente de redução da hora atual pela chuva efetiva da hora anterior e somando-se a chuva da hora atual. Por exemplo:

Chuva efetiva com meia vida de 1,5 horas referente às 15:00 h =  $(0,630 \times 12,74) + 14 = 8,02 + 14 = 22,02$  mm.

Na **Figura 38**, é mostrado o gráfico da chuva horária (mm), chuva efetiva com meia vida de 1,5 h (mm) e chuva efetiva com meia vida de 72 h (mm) para uma série de chuvas de 32 h. A **Figura 39** mostra os cálculos realizados de chuva efetiva utilizando o aplicativo Excel, onde os números e as letras referem-se às linhas e colunas da tabela, respectivamente, para melhor o entendimento dos cálculos realizados.

---

<sup>37</sup> Chuva efetiva: tradução de *Working Rainfall*, da língua inglesa.

#### **3.3.4.2 Traçado do limiar (linha crítica - LC)**

O primeiro passo para a definição do limiar, é a plotagem das chuvas efetivas (com meias vidas de 1,5 e 72 horas) correspondentes às chuvas efetivas dos horários dos eventos (deslizamento planar, deslizamento rotacional ou fluxo de detritos). As chuvas efetivas das séries de chuvas sem eventos também devem ser plotadas no gráfico XY, nesse caso, empregando-se as chuvas efetivas do momento da máxima chuva efetiva.

**Tabela 8:** Dados de entrada das chuvas com evento.

Quantidade total e tipos de eventos	Símbolo no gráfico XY	Número no gráfico XY	Descrição do evento				Nome do processo	Local de evento	Quantidade de eventos <sup>(3)</sup>	Nome do Pluviômetro Automático
			Data <sup>(1)</sup>	Hora <sup>(1)</sup>	Data <sup>(2)</sup>	Hora <sup>(2)</sup>				
17										
Deslizamento planar	●	1	2012/03/23	23:45	2012/03/24	00:00		1	Morin	
Deslizamento planar	●	2	2012/09/26	14:15	2012/09/26	14:00		1	Independência	
Deslizamento planar	●	3	2013/01/03	03:30	2013/01/03	04:00		30	Independência	
Deslizamento planar	●	4	2013/01/20	15:45	2013/01/20	16:00		1	Independência	
Deslizamento planar	●	5	2013/01/27	04:30	2013/01/27	05:00		1	Independência	
Deslizamento planar	●	6	2013/03/17	21:15	2013/03/17	21:00		3	Quitandinha	
Deslizamento planar	●	7	2013/03/17	22:45	2013/03/17	23:00		1	Quitandinha	
Deslizamento planar	●	8	2013/03/17	23:45	2013/03/18	00:00		1	Quitandinha	

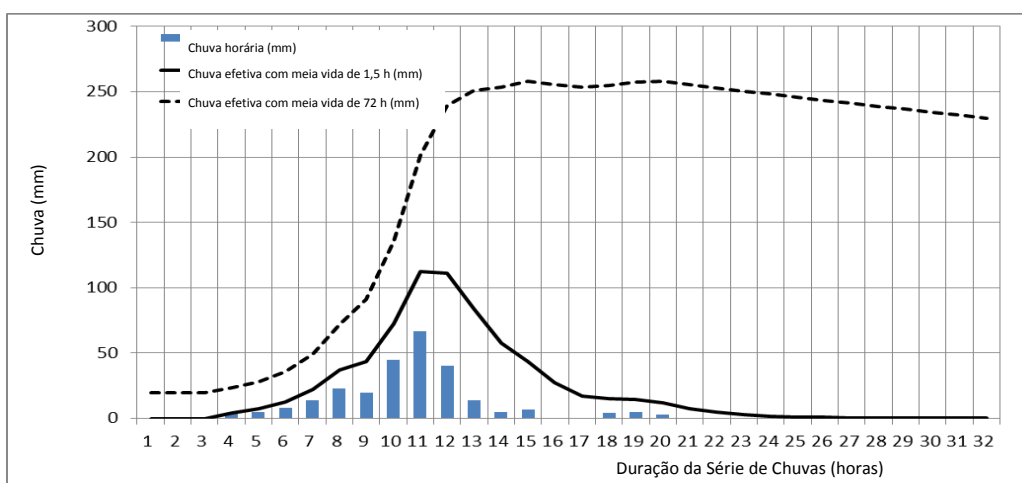
(1): Dados originais do relatório de chuva. (2): Dados a serem utilizados para o cálculo, depois de confirmação ou correção dos dados do relatório de chuva. (3): No caso dos eventos múltiplos, importa a proximidade temporal da deflagração, não a proximidade geográfica.

**Tabela 9:** Exemplo de chuva efetiva calculada para as séries de chuvas sem eventos.

Chuva efetiva inicial da série de chuvas		Chuva horária máxima da série de chuvas				Chuva efetiva máxima da série de chuvas			
Chuva efetiva de meia vida de 72 h	Chuva efetiva de meia vida de 1,5 h	Data/Hora	Chuva Horária	Chuva efetiva de meia vida de 72 h	Chuva efetiva de meia vida de 1,5 h	Data/Hora	Chuva horária	Chuva efetiva de meia vida de 72 h	Chuva efetiva de meia vida de 1,5 h
29,8	0,0	2012/03/24 00:00	40,0	123,7	41,3	2012/03/24 23:00	2,0	147,4	11,5
22,4	0,0	2012/09/26 07:00	22,0	110,0	38,9	2012/09/26 16:00	8,0	185,8	21,6
9,1	0,0	2013/01/03 03:00	54,0	90,2	67,7	2013/01/04 08:00	2,0	203,6	6,9
59,1	0,0	2013/01/20 16:00	24,0	97,4	31,2	2013/01/21 17:00	3,0	111,1	7,7
47,5	0,0	2013/01/26 21:00	23,0	72,5	24,0	2013/01/27 03:00	6,0	153,1	32,2
44,5	0,0	2013/03/18 00:00	67,0	296,0	123,9	2013/03/18 22:00	8,0	443,1	17,2
44,5	0,0	2013/03/18 00:00	67,0	296,0	123,9	2013/03/18 22:00	8,0	443,1	17,2
44,5	0,0	2013/03/18 00:00	67,0	296,0	123,9	2013/03/18 22:00	8,0	443,1	17,2
44,5	0,0	2013/03/18 00:00	67,0	296,0	123,9	2013/03/18 22:00	8,0	443,1	17,2
44,5	0,0	2013/03/18 00:00	67,0	296,0	123,9	2013/03/18 22:00	8,0	443,1	17,2
190,5	0,0	2013/03/22 16:00	66,0	289,3	88,0	2013/03/22 16:00	66,0	289,3	88,0
38,3	0,0	2014/12/05 18:00	56,0	94,3	56,0	2014/12/06 00:00	7,0	141,8	26,4

**Tabela 10:** Exemplo de cálculo da chuva efetiva.

Horas	Tempo Decorrido (horas)	Chuva Horária (mm)	Meia Vida de 1,5 horas			Meia Vida de 72 horas			Observação
			$\alpha_1$	$\alpha_1 \times R_{1i}$	Chuva Efetiva (mm)	$\alpha_2$	$\alpha_2 \times R_{2i}$	Chuva Efetiva (mm)	
09	1	0	0,630		0,00	0,990		20,00	
10	2	0	0,630	0,00	0,00	0,990	19,81	19,81	
11	3	0	0,630	0,00	0,00	0,990	19,62	19,62	
12	4	4	0,630	0,00	4,00	0,990	19,43	23,43	
13	5	5	0,630	2,52	7,52	0,990	23,21	28,21	
14	6	8	0,630	4,74	12,74	0,990	27,94	35,94	
15	7	14	0,630	8,02	22,02	0,990	35,59	49,59	
16	8	23	0,630	13,87	36,87	0,990	49,12	72,12	
17	9	20	0,630	23,23	43,23	0,990	71,43	91,43	
18	10	45	0,630	27,23	72,23	0,990	90,55	135,55	
19	11	67	0,630	45,50	112,50	0,990	134,25	201,25	Máxima chuva horária
20	12	40	0,630	70,87	110,87	0,990	199,32	239,32	Evento
21	13	14	0,630	69,85	83,85	0,990	237,03	251,03	Máxima chuva efetiva
22	14	5	0,630	52,82	57,82	0,990	248,62	253,62	
23	15	7	0,630	36,42	43,42	0,990	251,19	258,19	
24	16	0	0,630	27,36	27,36	0,990	255,72	255,72	
1	17	0	0,630	17,23	17,23	0,990	253,27	253,27	
2	18	4	0,630	10,86	14,86	0,990	250,84	254,84	
3	19	5	0,630	9,36	14,36	0,990	252,40	257,40	
4	20	3	0,630	9,05	12,05	0,990	254,94	257,94	
5	21	0	0,630	7,59	7,59	0,990	255,47	255,47	
6	22	0	0,630	4,78	4,78	0,990	253,02	253,02	
7	23	0	0,630	3,01	3,01	0,990	250,59	250,59	
8	24	0	0,630	1,90	1,90	0,990	248,19	248,19	
9	25	0	0,630	1,20	1,20	0,990	245,82	245,82	
10	26	0	0,630	0,75	0,75	0,990	243,46	243,46	
11	27	0	0,630	0,47	0,47	0,990	241,13	241,13	
12	28	0	0,630	0,30	0,30	0,990	238,82	238,82	
13	29	0	0,630	0,19	0,19	0,990	236,53	236,53	
14	30	0	0,630	0,12	0,12	0,990	234,26	234,26	
15	31	0	0,630	0,07	0,07	0,990	232,02	232,02	
16	32	0	0,630	0,05	0,05	0,990	229,80	229,80	



**Figura 38:** Exemplo de gráfico da chuva efetiva - dados da Tabela 10.

	D	E	F	G	H	I	J	K
		Chuva Horária (mm)	Meia vida de 1,5 h			Meia vida de 72 h		
			$\alpha_1$	$\alpha_1 \times R_{11}$ (mm)	Chuva Efetiva (mm)	$\alpha_2$	$\alpha_2 \times R_{21}$ (mm)	Chuva Efetiva (mm)
10	9	0	0,630		0	0,990		20
11	10	0	0,630	0	0,00	0,990	19,81	19,81
12	11	0	0,630	0	0,00	0,990	19,62	19,62
13	12	4	0,630	0	4,00	0,990	19,43	23,43
14	13	5	0,630	2,52	7,52	0,990	23,21	28,21
15	14	8	0,630	4,74	12,74	0,990	27,94	35,94
16	15	14	0,630	8,02	22,02	0,990	35,59	49,59

D10 a D16: Horário de medição das chuvas horárias.  
E10 a E16: Chuvas horárias medidas no pluviômetro automático.

F10 a F16: Coeficiente de redução devido à meia vida adotada ( $=0,5^{(1/1,5)} = 0,630$ ).  
G10 a G16: Chuva antecedente no solo devido à meia vida adotada ( $G16=F16 \times H15 = 0,630 \times 12,72 = 8,02$ ).  
H10 a H16: Chuva efetiva no solo devido à meia vida adotada ( $H16=G16+E16 = 8,02 + 14 = 22,02$ ).

I10 a I16: Coeficiente de redução devido à meia vida adotada ( $=0,5^{(1/72)} = 0,990$ ).  
J10 a J16: Chuva antecedente no solo devido à meia vida adotada ( $J16=I16 \times K15 = 0,990 \times 35,94 = 35,59$ ).  
K10 a K16: Chuva efetiva no solo devido à meia vida adotada ( $K16=J16+E16 = 35,59 + 14 = 49,59$ ).

H10: Estimativa da chuva antecedente no tempo inicial ( $t_0 = 9$  horas). Igual a 0 mm, quando se considerou meia vida de 1,5 horas.  
K10: Estimativa da chuva antecedente no tempo inicial ( $t_0 = 9$  horas). Igual a 20 mm, quando se considerou meia vida de 72 horas.

**Figura 39:** Ilustração de cálculo da chuva efetiva utilizando o aplicativo Excel - dados da Tabela 10.

Utilizando-se os dados da **Tabela 10**, para efeito do gráfico XY, toda a série de chuvas seria representada apenas por um ponto (239,32; 110,87), correspondente à medição das 20:00 h (na qual o evento ocorreu). Por hipótese e para efeito didático, caso não tivesse sido registrado esse evento, toda a série de chuvas seria então representada pelo ponto (251,03; 251,03), correspondente à medição das 21:00 h (momento no qual ocorreu a máxima chuva efetiva da série de chuvas). Notar, ainda, que a máxima chuva horária ocorreu às 19:00 horas.

Uma vez plotadas no gráfico XY todas as séries de chuvas disponíveis para um dado bloco, orientando-se pela distribuição destes pontos, o limiar deverá ser traçado buscando-se uma reta que melhor separe as séries de chuvas com eventos daquelas séries de chuvas sem eventos<sup>38</sup>, ou seja, que delimite, o mais adequadamente possível, a zona segura e a zona insegura (**Figura 40a**).

Quando não se dispõe do dado de chuva efetiva para o momento de evento, o procedimento é estabelecer o limiar com base na chuva efetiva disponível para a hora imediatamente anterior e posterior ao evento (**Figura 40b**).

### 3.3.4 Estabelecimento das linhas de apoio - LPM, LPA e LPMA

No Brasil, o alarme é transmitido pelas DCMs como indicativo para que a população das áreas em risco se prepare e para que inicie a evacuação. Porém, como muitas DCMs não possuem plantão 24 horas, também há a necessidade de um tempo adicional para a mobilização de pessoal da própria DCM. Desse modo, tendo em conta estas necessidades e considerando-se a eficiência operacional do Cemaden, das DCEs e das DCMs<sup>39</sup> e a segurança da população, foram definidos os tempos de antecedência para cada linha de apoio, conforme mostrado no **Quadro 16**.

<sup>38</sup> Considerando-se que o limiar é expresso por uma reta do tipo  $y = ax + b$ , a inclinação ("a") deve obedecer à seguinte condição:  $-1 < a < 0$ , ou seja, a inclinação da reta deve estar entre 270 e 315 graus.

<sup>39</sup> Avaliada por meio da linha do tempo dos alertas e dos alarmes transmitidos por estes órgãos.

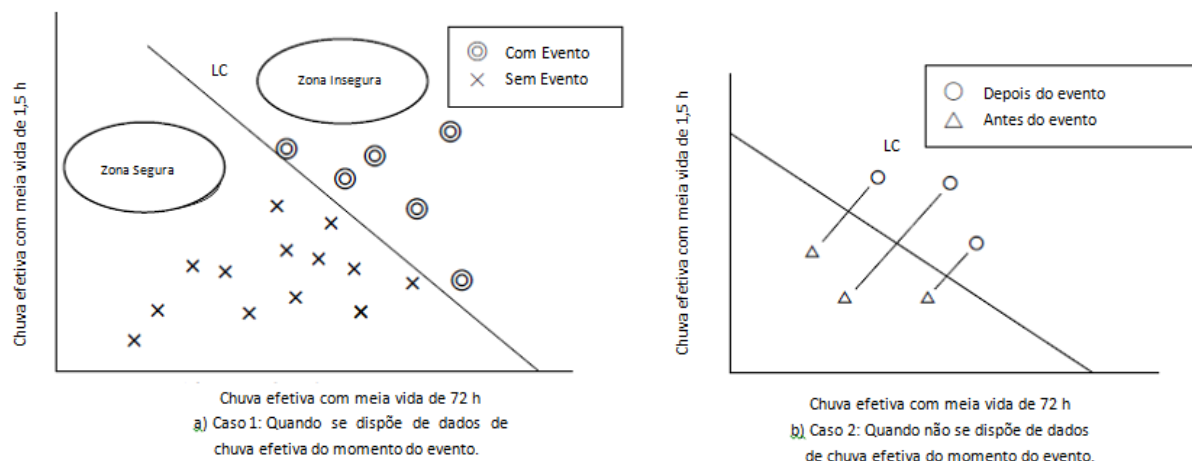
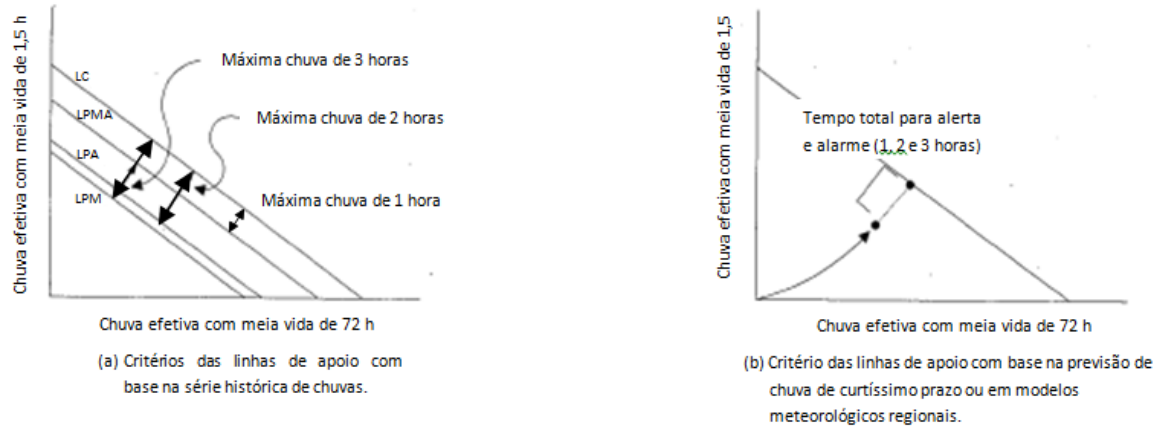


Figura 40: Critérios para o traçado do limiar (Linha Crítica - LC).

Ação a ser Avaliada pela DCM	Linha de Apoio Correspondente	Alerta Associado	Antecedência Requerida	Estimador da Antecedência Requerida
Convocação de funcionários e intensificação do monitoramento da chuva.	LPM	Moderado	1,0 hora antes de a curva cobra atingir a LPA.	Máxima chuva histórica de 3 horas.
Verificação in situ do grau de risco, das rotas de fuga e dos pontos de encontro; abertura de abrigos e distribuição de informações às partes interessadas.	LPA	Alto	1,0 hora antes de a curva cobra atingir a LPMA.	Máxima chuva histórica de 2 horas.
Evacuação da população das áreas em risco.	LPMA	Muito Alto	1,0 hora antes de a curva cobra atingir a LC.	Máxima chuva histórica de 1 hora.

Quadro 16: Critérios de antecedência requerida para a emissão de Alertas.

Cabe lembrar, contudo, que a utilização de linhas de apoio orientadas pelas máximas chuvas históricas (Figura 41a) decorre do atual momento tecnológico nacional. À medida que houver disponibilidade da previsão de chuva de curtíssimo prazo (por meio de radar meteorológico) e/ou de previsão de chuva por modelos meteorológicos regionais, não haverá mais necessidade de utilização de linhas de apoio (Figura 41b), desde que a precisão destas ferramentas tenham sido validadas para o bloco em análise. Enquanto estas tecnologias ainda não estiverem disponíveis e/ou não apresentarem a precisão desejada, deve-se prosseguir utilizando as linhas de apoio, assumindo-se que o volume de chuva máxima possa ocorrer no tempo total disponível para a evacuação, com base na correspondente série histórica de dados de chuva do bloco ou do município em que a área de risco se situa.



**Figura 41:** Estabelecimento de LPA - Linha de Probabilidade Alta de Evento.

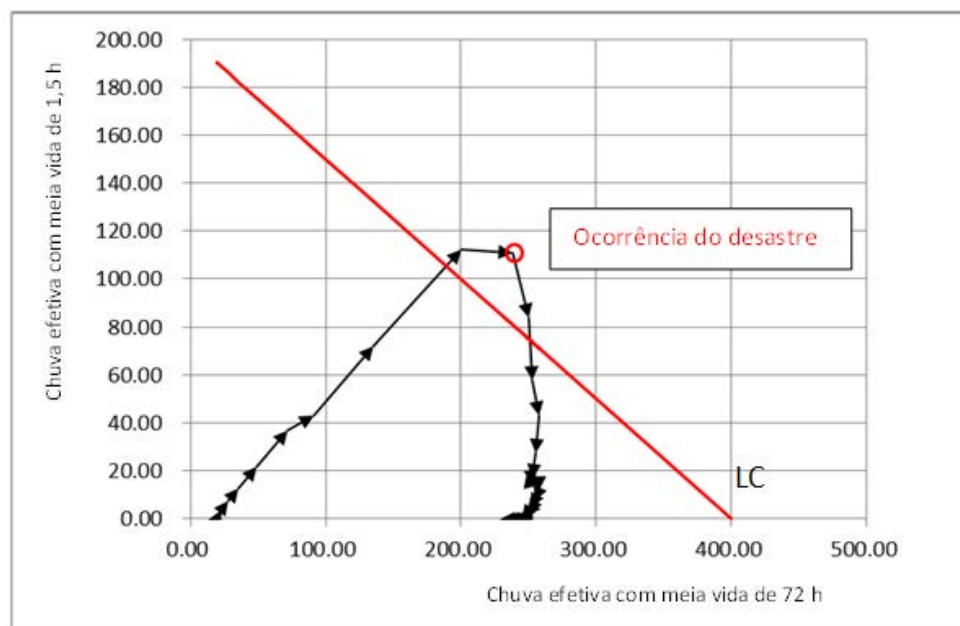
Ao invés da utilização da máxima chuva histórica de 1, 2 e 3 horas de duração, pode-se utilizar chuvas de 1, 2 e horas com períodos de retorno de 10, 5 ou 2 anos, conforme a disponibilidade de dados. Em qualquer dos casos, deve-se dar preferência à utilização das séries de dados mais longas.

### 3.3.5 Elaboração e Uso da Curva cobra (*Snake line*)

Para julgar se a chuva efetiva da série de chuvas atual atingiu ou adentrou a zona insegura, elabora-se a curva cobra, a qual consiste na plotagem dos dados da série de chuvas atual em um mesmo gráfico que contenha o limiar (LC) e as linhas de apoio (LPMA, LPA e LPM).

A evolução do comportamento da curva cobra no referido gráfico é ainda utilizada para julgar o atingimento ou ultrapassagem das linhas de apoio (LPMA, LPA e LPM), ou seja, para compreender visualmente não somente o quanto a chuva efetiva da série de chuvas atual adentrou a área insegura (ao atingir ou transpor a LC), mas também o quanto se aproximou ou se afastou dela, conforme sua posição em relação às linhas de apoio e à própria linha crítica.

A curva cobra é elaborada plotando-se a variação da chuva efetiva com meia vida de 1,5 e 72 horas no decorrer do tempo, na medida em que as medições vão sendo disponibilizadas, como mostrado na **Figura 42**, a qual representa graficamente os dados da **Tabela 10**.



**Figura 42:** Exemplo de curva cobra - dados da Tabela 10.

O Método Compartilhado é eficiente para orientar a tomada de decisão em situações de chuva prolongada e/ou chuva intermitente, tanto para a transmissão de alertas como de alarmes. Da mesma forma, ele também oferece informações para a mobilização e desmobilização da evacuação. Neste último caso, porém, além da curva cobra, também devem ser considerados os critérios especificados nos **Quadros 5 a 7**.

Iniciada uma série de chuvas, procede-se a entrada dos dados da chuva horária, incluindo-se os dados necessários de chuva antecedente (**Tabela 11**).

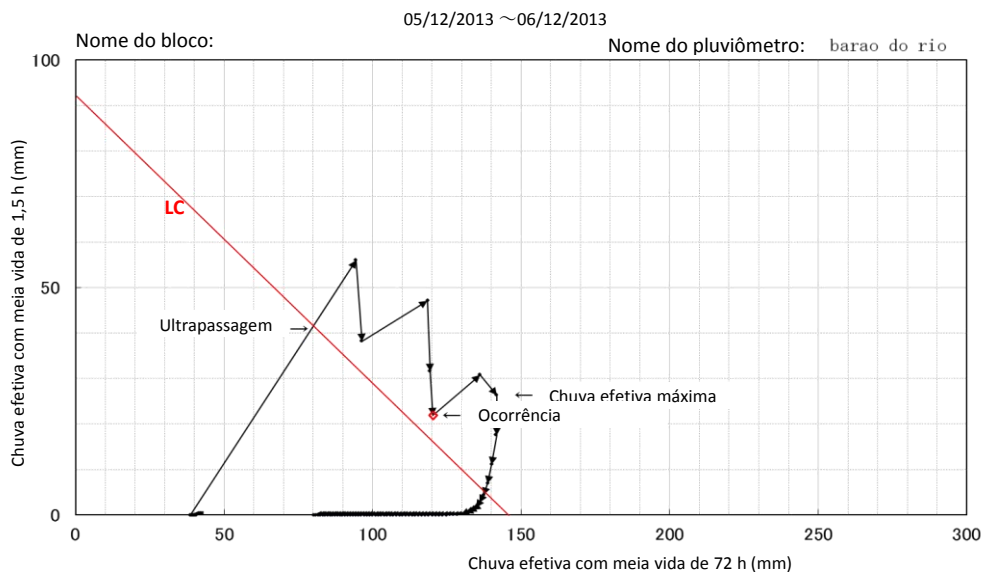
**Tabela 11:** Entrada de dados da série de chuvas atual.

Tipo de Série de Chuvas (com ou sem eventos)	Com Evento			
Quantidade de eventos	1			
Período de medição	2013/12/05 a 2013/12/06			
Número de medições	13			
Pluviômetro automático	Barão do Rio Branco			
Data/Hora	Chuva Horária (mm)	Chuva Acumulada (mm)	Chuva Efetiva com Meia Vida de 72 h (mm)	Chuva Efetiva com Meia Vida de 1,5 h (mm)
05/12/2013 12:00	0,0	0,0	40,6	0,0
05/12/2013 13:00	0,0	0,0	40,2	0,0
05/12/2013 14:00	0,0	0,0	39,8	0,0
05/12/2013 15:00	0,0	0,0	39,5	0,0
05/12/2013 16:00	0,0	0,0	39,1	0,0
05/12/2013 17:00	0,0	0,0	38,7	0,0
05/12/2013 18:00	56,0	56,0	94,3	56,0
05/12/2013 19:00	3,0	59,0	96,4	38,3
05/12/2013 20:00	23,0	82,0	118,5	47,1
05/12/2013 21:00	2,0	84,0	119,4	31,7
05/12/2013 22:00	2,0	86,0	120,2	22,0
05/12/2013 23:00	17,0	103,0	136,1	30,8
06/12/2013 00:00	7,0	110,0	141,8	26,4
06/12/2013 01:00	1,0	111,0	141,4	17,6
06/12/2013 02:00	0,0	111,0	140,1	11,1
07/12/2013 02:00	0,0	111,0	111,2	0,0

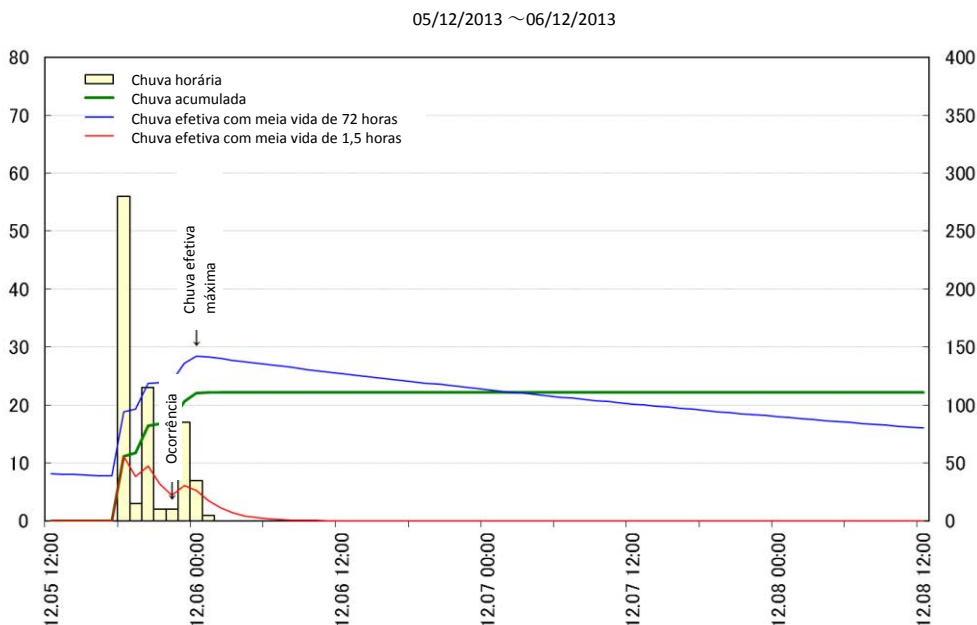
Obs.: A máxima chuva horária foi registrada em 05/12/2013 18:00; a máxima chuva efetiva em 2013/12/06 00:00; e o evento em 2013/12/05 22:00.



A cada nova medição constante da **Tabela 11**, a curva cobra e o gráfico da chuva efetiva (**Figuras 43 e 44**) são atualizados em um ponto adicional, sendo possível monitorar o posicionamento da curva cobra em relação ao limiar (LC) e às linhas de apoio (LPM, LPA e LPMA) para uma dada área de risco.



**Figura 43:** Curva cobra referente aos dados da Tabela 11.



**Figura 44:** Chuva efetiva referentes aos dados da Tabela 11.

### 3.4 Melhoria da Confiabilidade dos Limiares

#### 3.4.1 Necessidade e momento da revisão

A confiabilidade dos limiares depende da quantidade e da precisão dos dados de eventos que foram coletados, bem como da evolução das condições deflagradoras nas áreas de risco, tal como eventuais alterações que a resistência do solo possa ter sofrido, por exemplo.

Para a revisão dos limiares, é sempre necessária uma maior série destes dados, sobretudo das características dos movimentos de massa e das chuvas sem evento.

Assim, depois de cada nova chuva na área de risco, deve-se verificar a adequação do limiar; o mesmo deve ser feito em relação às linhas de apoio (LPM, a LPA, a LPMA).

Os dados dos eventos devem ser obtidos o mais precocemente possível. Contudo, deve-se tomar cuidado quando destas investigações pós-evento, pois, as ações em tais condições são sempre difíceis, por conta da amplitude dos danos, pelo risco no acesso às áreas afetadas e pela possibilidade de eventos secundários. Em especial, são críticos os momentos de chuva iminente ou em desenvolvimento.

Conforme destacado, deve-se estar atento às mudanças ambientais, tanto devidas às causas naturais (excesso de chuvas, por exemplo) como as antrópicas (remoção de vegetação, por exemplo), pois elas podem potencializar eventos. Desse modo, quando há uma grande mudança ambiental que potencialize a desestabilização do solo (um deslizamento, um corte, um aterro ou a remoção de vegetação de uma encosta, por exemplo), deve-se avaliar a pertinência de baixar temporária e preventivamente o limiar, enquanto se monitoram indícios precursores de eventos nestas áreas e se decide acerca do eventual retorno do limiar ao valor normal.

### **3.4.2 Dados necessários**

#### **3.4.2.1 Dados de eventos**

Como o estabelecimento dos limiares pelo Método Compartilhado tem base estatística, uma maior série de dados de eventos tem importância fundamental. Em especial, a precisão da previsão é altamente dependente da exatidão dos horários destes eventos. Assim, para todos os eventos, há a necessidade de levantamento cuidadoso dos dados (tipo de processo, horário e local do evento, principais danos, volume de material mobilizado, dimensões etc.).

Da mesma forma, também é necessário registrar se os dados coletados sobre o evento são exatos ou apresentam incertezas, para cada uma das características citadas.

#### **3.4.2.2 Dados de chuvas sem evento**

Embora a série de dados de chuvas com eventos seja fundamental, é necessário lembrar que a coleta de dados das chuvas sem evento tem igual importância, uma vez que apenas com estes dados já é possível determinar o limite inferior do limiar de eventos.

Contudo, sempre é necessário investigar a área de risco, para que não haja dúvida acerca da existência ou não de eventos.

Para ter-se certeza de que uma chuva é realmente sem evento, é preciso revisar os registros de dados, bem como efetuar inspeções nas áreas de risco posteriormente às chuvas torrenciais, preferencialmente por meio de sobrevoo periódico e/ou da análise de imagens aéreas de grande abrangência. Os dados de sistema colaborativo de coleta de dados (fornecidos pela população das áreas de risco), notícias da mídia etc. também devem ser utilizados para investigação preliminar (os quais devem ser necessariamente checados em campo pela DCM).

Assim, mesmo que o evento não tenha ocorrido, mas a LC, a LPMA, a LPA e a LPM tenham sido superadas, é igualmente necessária a pronta verificação destes fatos e a eventual revisão do limiar e das linhas de apoio em uso.

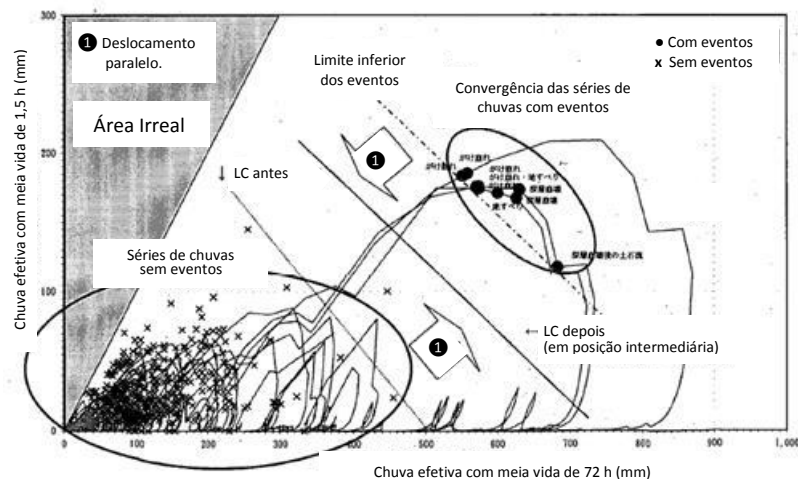
### **3.4.3 Procedimentos para revisão dos limiares e das linhas de apoio**

Para melhorar a precisão dos limiares é necessário realizar revisões periódicas, porém, com base em informações sem ambiguidade.

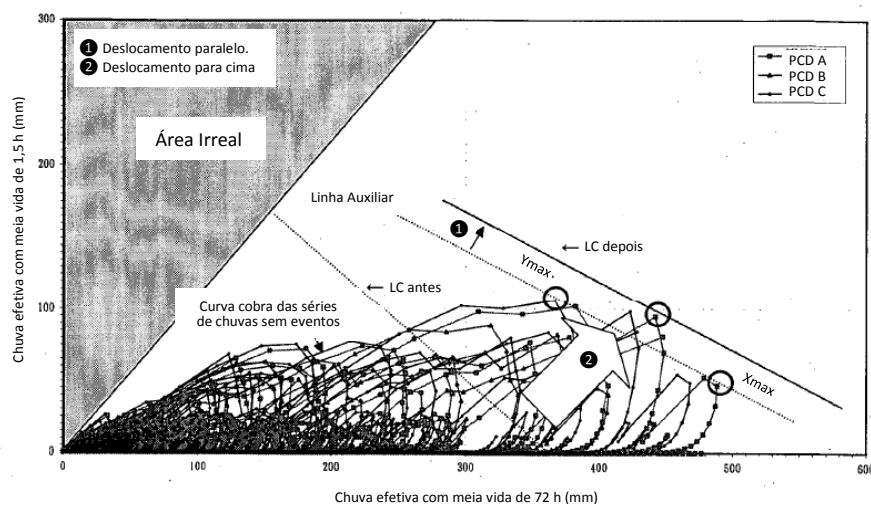
Caso se disponha de séries de chuvas com eventos, utiliza-se o procedimento mostrado na **Figura 45**. Primeiro deve-se plotar a curva cobra de longo prazo e as séries de chuvas com e sem eventos, sobre o gráfico XY de estabelecimento da linha crítica. Em seguida, avalia-se: (i) as áreas com maior densidade de eventos; e (ii) as linhas cobras sem registro de eventos. A nova posição do limiar poderá ser traçada em posição intermediária a do limiar atual e a limite inferior dos eventos.

A **Figura 46** ilustra o procedimento de revisão do limiar quando se dispõe somente de séries de chuvas sem eventos. Primeiro deve-se plotar as curvas cobras dos pluviômetros automáticos disponíveis, sobre o gráfico XY de estabelecimento da linha crítica. Em seguida, avalia-se: (i) o ponto correspondente ao máximo valor da chuva efetiva de meia vida de 1,5 h ( $Y_{max}$ ); (ii) o ponto correspondente ao máximo valor da chuva efetiva de meia vida de 72 h ( $X_{max}$ ); e (iii) o ponto correspondente ao máximo valor da chuva efetiva de meia vida de 1,5 h e da chuva efetiva de meia vida de 72 h simultaneamente. A nova posição do limiar poderá ser traçada em posição tangente ao ponto correspondente ao máximo valor da chuva efetiva de meia vida de 1,5 h e da chuva efetiva de meia vida de 72 h simultaneamente, sendo a inclinação da reta paralela a da linha auxiliar que passa por  $Y_{max}$  e por  $X_{max}$ .

Ainda, a revisão da linha crítica deve ser efetuada conforme **Figura 37**, orientando-se pelas últimas informações exatas disponíveis e desconsiderando-se aquelas com ambiguidade.



**Figura 45:** Revisão da linha crítica utilizando-se a curva cobra das séries de chuvas com eventos.



**Figura 46:** Revisão da linha crítica utilizando-se a curva cobra de séries de chuvas sem eventos e dados de múltiplos pluviômetros automáticos.

A LPMA, a LPA e a LPM devem ser revisadas conforme a necessidade, sendo sua adequação avaliada pela:

- a) Diferença de tempo entre o atingimento ou a ultrapassagem da linha de apoio e o evento;
- b) Volume de chuva estimado entre cada linha de apoio;
- c) Previsão da chuva futura que foi utilizada.

#### **3.4.4 Melhoria do método**

Dois problemas comuns aos limiares são o elevado índice de erros (eventos não alertados) e o elevado índice de alertas falsos (alertas sem evento subsequente). Estes problemas são originados pelo modo com que os limiares são estabelecidos (ou seja, pelo método de cálculo da chuva efetiva) e pelo emprego de dados históricos de chuva máxima como estimador da chuva futura, no cálculo das linhas de apoio.

No primeiro caso, a adequação das meias vidas de 1,5 e de 72 horas deve ser investigada. Antes, porém, há que se verificar a confiabilidade dos dados de chuvas com e sem eventos que foram utilizados.

Quanto ao estimador da chuva futura, um avanço será a utilização da previsão de chuva de curtíssimo prazo (por radar meteorológico) e/ou de modelos meteorológicos regionais, depois de verificada a precisão destes dados para a região alvo<sup>40</sup>.

De modo geral, as prioridades para a melhoria dos métodos de previsão de eventos incluem: (i) dedicar-se intensamente à coleta e à utilização de dados precisos para a reavaliação dos limiares e das linhas de apoio; (ii) melhoria e adequação dos métodos de cálculo de limiares, bem como o desenvolvimento de novos métodos menos complexos, mais precisos e menos subjetivos.

---

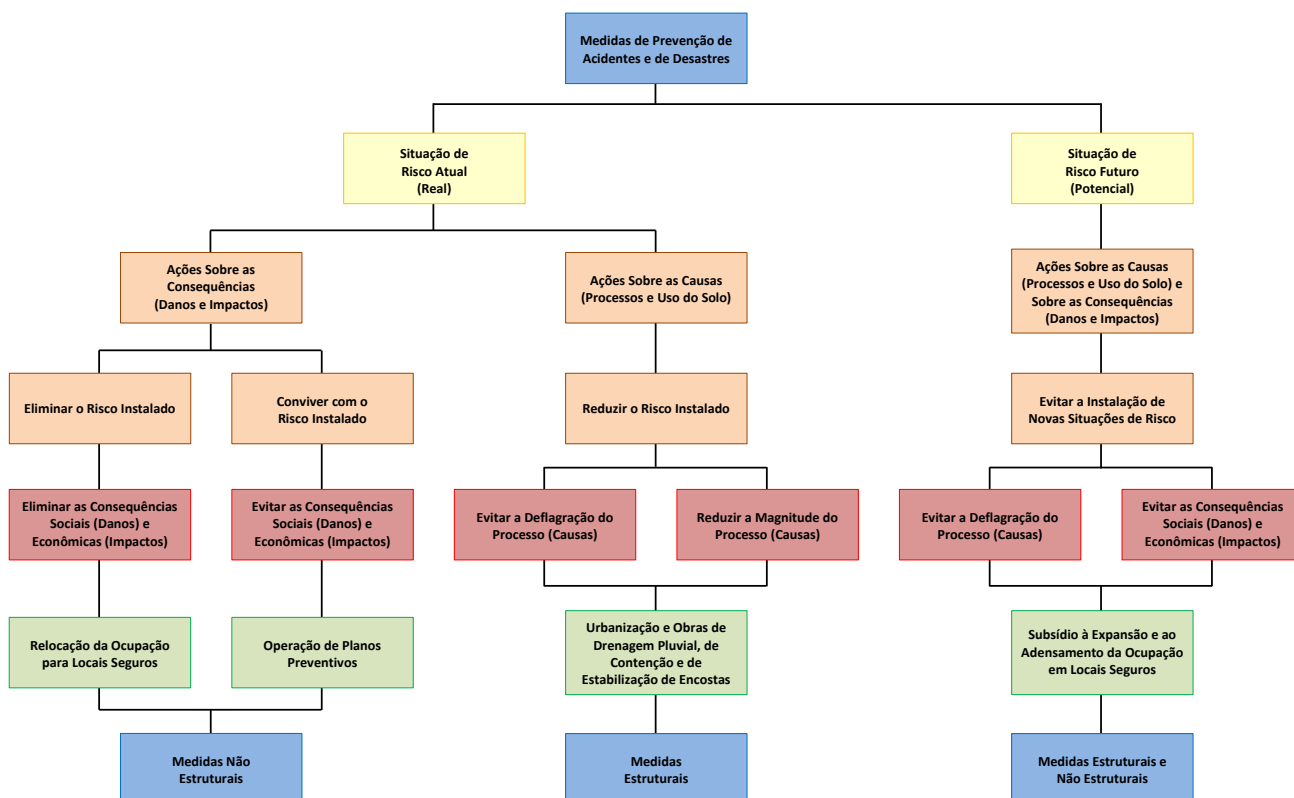
<sup>40</sup> Por meio de calibração dessas previsões contra dados observados obtidos da rede de pluviômetros automáticos.

## 4 RECURSOS DE MELHORIA PARA AÇÕES DE MONITORAMENTO, ELABORAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ALERTAS

### 4.1 AÇÕES DE PREVENÇÃO

A prevenção é fundamental para o gerenciamento de áreas de risco, pois nessa fase é possível minimizar ou evitar perdas em decorrência dos acidentes e desastres.

As atividades de prevenção de desastres naturais envolvem medidas que possibilitam a proteção da população e de seus bens, compreendendo a formulação de métodos, de técnicas e de ações contra acidentes, e de ações de segurança e de proteção da população (**Figura 47**). Essas medidas são comumente classificadas como estruturais, quando envolvem a aplicação de soluções de engenharia, e não estruturais quando relacionadas às políticas urbanas, ao planejamento urbano, à legislação, aos planos de defesa civil e à educação aplicada à redução do risco.



**Figura 47:** Medidas estruturais e não estruturais de prevenção de acidentes e desastres naturais (Fonte: modificado de Cerri, 1993).

Em relação às medidas não estruturais citadas na **Figura 47**, é importante destacar os aspectos de educação aplicada<sup>41</sup> à percepção de risco, a qual, no contexto do monitoramento e alerta, deve priorizar os quatro seguintes aspectos, em sua atuação junto às Defesas Cívicas Municipais e junto à população das áreas de risco:

- a) Entendimento dos processos:
  - i. Quanto aos tipos: deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais, fluxos de detritos, rastejos, queda de blocos ou de lascas de rocha etc.;

<sup>41</sup> Educação aplicada: entendida como aquela que acontece no contexto formal (sistemas de ensino público ou privado), não formal (ONGs) e informal (mídias), visando à transmissão de conhecimentos, à mobilização e à participação, com emprego de conceitos de aprendizagem significativa, ou seja, de aprendizagem ancorada em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, seja ele um agente da DCM e ou morador da área de risco.

- ii. Quanto às suas causas: meio físico (solo, declividade etc.); chuva, umidade e poropressão no solo; e ações antrópicas;
  - iii. Contextos de ocorrência: área fonte (zona vermelha), área de atingimento (zona amarela);
  - iv. Limitações de conhecimento (temporal, espacial, de monitoramento, incertezas etc.);
- b) Entendimento do risco:
- i. Aspectos múltiplos: físicos (ex.: força x resistência), aspectos de vulnerabilidade (ex.: idade, escolaridade), econômicos (ex.: impactos diretos e indiretos), sociais (ex.: por que surgem e por que permanecem?), jurídicos (ex.: quais são as responsabilidades de cada um?);
  - ii. Contextos: relação do indivíduo, do profissional, da comunidade e do poder público com o risco;
- c) Entendimento da gestão compartilhada:
- i. Ações: prevenção, mitigação, preparação para resposta, resposta, recuperação;
  - ii. Focos: precisão dos limiares, antecipação dos alertas e dos alarmes, clareza das mensagens e aplicabilidade operacional (dos alertas, alarmes, aviso, boletins etc.), custos otimizados, sinergia, melhoria contínua;
  - iii. Atores, suas funções e suas responsabilidades: União, estados, municípios, comunidades e indivíduos.

Os deslizamentos planares, os deslizamentos rotacionais e os fluxos de detritos são processos que têm causas naturais e causas antrópicas, sendo estas últimas decorrentes de incorretas práticas de uso e ocupação do solo, e hábitos do dia-a-dia da população das áreas de risco. Dentre tais práticas, destacam-se:

- a) Execução de cortes de grande amplitude e ou inclinação e de aterros lançados na encosta;
- b) Concentração de águas pluviais;
- c) Lançamentos e ou infiltração de esgotos e de águas servidas;
- d) Sobrecarga de edificações de grande porte construídas na encosta;
- e) Vazamentos de redes de água e de reservatórios enterrados;
- f) Desmatamento e ou plantio de vegetação inadequada na encosta;
- g) Lançamento irregular de lixo (resíduos de construção e demolição - RCD e ou de resíduo sólido municipal - RSM) na encosta.

É importante que as secretarias municipais que cuidam do cadastro e do banco de dados relativos às áreas de risco gerem informações e indicadores que subsidiem a elaboração dos planos de contingência, dos planos de obras e do plano de educação aplicada à prevenção e à capacitação da população e dos integrantes dos Núcleos Comunitários de Prevenção e Defesa Civil (NUPDECs).

A seguir, são destacados alguns procedimentos que devem ser combatidos nas áreas de risco. Recomenda-se a leitura de cartilhas elaboradas por órgãos governamentais (federais, estaduais e municipais) e por Organizações Não-Governamentais (ONGs) são boas fontes de consulta em termos de boas práticas.

#### 4.1.1 Práticas que conduzem ao aumento do risco de movimentos de massa

##### 4.1.1.1 Cortes e aterros para construção de moradias

A escavação do solo em terrenos inclinados, formando taludes de corte e de aterro, é uma prática muito comum, concebida para formar patamares onde são construídas edificações ou os acessos viários (**Figura 48**). A execução destes cortes, na maioria das vezes, traz como consequência o descalçamento de trechos da encosta, reduzindo ou mesmo eliminado o efeito das forças que mantêm o equilíbrio e a estabilidade das encostas (empuxo passivo). Outro problema é a exposição do perfil de solo, que ficará sujeito à ação das gotas de chuva e ao escoamento das águas pluviais, muitas vezes, sofrendo erosão e ou propiciando a infiltração das águas que, por sua vez, aumentam o peso das camadas de solo e promovem a redução da sua estabilidade.

Os aterros lançados nas encostas são altamente suscetíveis a deslizamentos (**Figura 49**), sobretudo quando efetuados sem a prévia limpeza de vegetação e de resíduos sobre o solo. Outro agravante é a ausência de compactação e de estruturas de drenagem pluvial, o que os tornam muitos suscetíveis à erosão e à infiltração das águas, com as consequências já destacadas.



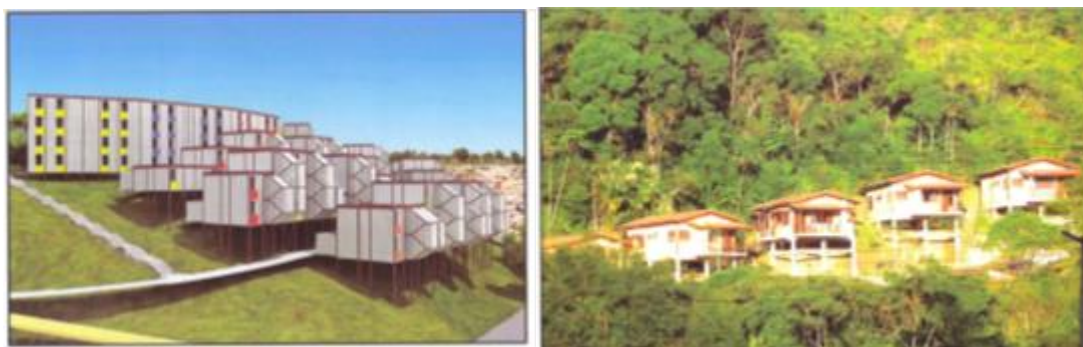
**Figura 48:** Vista de corte em encosta de área de risco (Foto: Oliveira, 2005).



**Figura 49:** Vista de aterro lançado em encosta de área de risco (Foto: Oliveira, 2005).

##### 4.1.1.2 Padrão construtivo inadequado às condições da encosta

As edificações em terrenos suscetíveis a movimentos de massa resultam em diferentes níveis de criticidade, dependendo diretamente das diferentes formas e padrões de construção utilizados. O mais indicado é que não sejam executados cortes ou aterros, adotando-se o formato de palafitas erigidas sobre colunas cravadas na superfície, evitando-se o contato com o solo (**Figura 50**).



**Figura 50:** Padrão construtivo em encostas com alta declividade (Fonte: Santos, 2012).

Outro aspecto associado é o porte excessivo da edificação, que pode acarretar sobrecargas significativas e diminuir a estabilidade da encosta e potencializar a movimentação dos terrenos. Neste quesito, o poder público deve promover ações de fiscalização que impeçam a ampliação de edificações existentes (**Figura 51**).



**Figura 51:** Vista de edificações multipavimentos em área de risco (Foto: Andrade, 2015).

Por outro lado, moradias sem lajes de cobertura e barracos de madeira são altamente vulneráveis a queda de material das áreas mais elevadas, pois podem ser severamente afetadas mesmo quando atingidas por pequeno volume de terra e ou de detritos mobilizados, devendo ser objeto de especial atenção de agentes da defesa civil.

Conforme Matozinhos (2014), a NBR 15575 “Edifícios habitacionais de até 5 pavimentos - desempenho”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), especifica a resistência a impacto que a parede de uma habitação deve possuir, informação relevante à prevenção de risco no contexto das áreas de risco de movimentos de massa.

#### **4.1.1.3 Presença de água na encosta**

Evitar a infiltração da água no solo da encosta deve ser uma preocupação constante nas áreas de risco, qualquer que seja a origem da água. Por outro lado, o escoamento concentrado também é um problema, sobretudo se ocorrer sobre o solo nu ou se não estiver associado a estruturas de dissipação da energia. Como regra geral, em hipótese alguma a água deve ser infiltrada ou lançada encosta abaixo.

A água da chuva é alvo prioritário. Neste sentido, a água proveniente dos telhados deve ser tratada adequadamente, por meio do uso de calhas. Quintais e demais superfícies dos terrenos devem se impermeabilizados, ao máximo; as áreas externas às moradias (calçadas, ruas, caminhos escadas etc.) também devem receber igual atenção. Toda essa água pluvial deve ser direcionada para drenos revestidos, sendo conduzida de forma disciplinada.

Um fator geralmente negligenciado pelo poder público é a correta drenagem da água pluvial do sistema viário e da água de nascentes na região da encosta. Os moradores devem ser estimulados a manter tais sistemas drenagem (sejam aqueles de suas residências e os comunitários ou públicos) permanentemente limpos, de modo a possibilitar a livre passagem da água. Em encostas com lençol freático raso, pode ser avaliada a necessidade da drenagem profunda de tais áreas, ou seja, que sejam instalados sistemas de drenagem que promovam o rebaixamento do nível freático nestas regiões, de modo que a estabilidade do solo possa ser ampliada.

Importante ainda considerar as ações de manutenção e de periódica inspeção (operações caça-vazamentos) na rede pública de abastecimento de água, uma vez que mesmo a água oriunda de pequenos vazamentos pode configurar um fator bastante efetivo na deflagração de eventos (**Figura 52**). Reservatórios enterrados devem ser evitados, pelos motivos expostos.

Mesmo cuidado deve receber o afastamento do esgoto sanitário (**Figura 53**) e das águas servidas (descartadas da cozinha e da lavanderia).





**Figura 522:** Vazamento em rede de água em talude de corte (Foto: Mendes, 2013).



**Figura 53:** Vazamento de fossa em talude.

Encostas secas são mais estáveis. É fundamental entender o prejuízo da água no solo da encosta. Em primeiro lugar a água aumenta o peso da encosta; o peso do solo úmido pode aumentar em mais de 50%, dependendo do tipo de material. Em segundo lugar, a água, por ser um lubrificante natural, diminui a coesão do solo, tornando-o mais propenso a se movimentar. Em terceiro lugar, em seu percurso através do solo e no seu sentido natural de sair da encosta, a água exerce uma força sobre o solo<sup>42</sup>, a qual diminui a resistência da encosta (os deslizamentos rotacionais são fortemente influenciados por este fator).

#### 4.1.1.4 Lançamento irregular de lixo na encosta

As áreas de risco devem contar com coleta periódica de resíduo sólido municipal (RSM) e de resíduos de construção e demolição (RCD) que garanta a correta destinação destes materiais.

Os RSMs acumulados nas encostas são problemáticos (**Figura 54**), com relação à movimentação de massa, pelas seguintes causas:

- São heterogêneos, tanto em termos de composição (restos de alimentos, plástico, madeira, cimento, vidro, telhas etc.), tamanho (pedaços pequenos, médios e grandes) e formato (blocos, lascas etc.);
- Depois da decomposição da matéria orgânica que contém, dão origem a materiais de maior plasticidade e de menor resistência à movimentação;
- Em geral, apresentam baixa coesão, sendo facilmente desagregados e deslocados por gravidade nas áreas em declive;
- Formam um plano de descontinuidade inclinado com o solo da encosta que pode funcionar como superfície de deslizamento planar, sobretudo depois da decomposição parcial dos materiais descartados.

No caso dos RCDs, pelo elevado conteúdo em argamassa, cerâmica e concreto, têm peso elevado, aumentando a sobrecarga sobre a encosta. Da mesma forma que os RSM, apresentam alta porosidade, favorecendo o acúmulo de umidade que tanto eleva o seu peso como contribui para a desestabilização do material, em períodos críticos de chuva.

A dificuldade de acesso de caminhões compactadores de RSM e ou de caminhões poliguindaste para RCD deve ser superada por o uso de modelos de pequeno e médio porte. A coleta deve ser abrangente e com frequência mínima de três vezes por semana, de maneira a evitar que a população seja induzida ao lançamento irregular. Da mesma forma, o serviço de coleta deve ser

<sup>42</sup> Metodologia de gerenciamento da estabilidade de encosta na comunidade (MoSSaiC): tradução de *management of slope stability in communities*, da língua inglesa.

porta a porta, tanto para resíduos úmidos (orgânicos) como para resíduos secos (recicláveis), se necessário, com o auxílio de gari comunitário, porém, evitando-se a colocação de contentores de grande porte, exceto para o caso dos RCDs, cujas caçambas de coletas devem preferencialmente em um ponto de entrega voluntária.



**Figura 534:** Depósito de resíduos em encosta íngreme (Foto: Mendes, 2014).

Antigos pontos de lançamento irregular de resíduos devem ser removidos. Situações de maior complexidade que impeçam a remoção imediata devem ser atentamente monitoradas pelas Defesas Cíveis Municipais, em especial nos casos em que existam ocupações e viário em posição de jusante, ao longo da área de atingimento no caso de uma potencial movimentação destes depósitos.

Nas áreas de risco é importante especial atenção quanto:

- Qualidade dos serviços de limpeza urbana e de coleta de resíduos oferecidos, tendo em vista que estas áreas da cidade estão entre aquelas onde estes serviços são mais necessários;
- Sinalização e comunicação orientativa quanto aos pontos de descarte;
- Programas educativos aplicados à correta destinação dos resíduos, incluindo ações participativas para limpeza periódica de terrenos, pelos moradores e pelo poder público;
- Fiscalização do despejo irregular de lixo e de entulho.

#### **4.1.1.5 Desmatamento e plantio de vegetação incorreta na encosta**

No geral, a vegetação confere proteção ao solo, por impedir o impacto direto das gotas de chuva, por diminuir a velocidade do escoamento superficial, bem como por proporcionar maior estabilidade ao solo, em função da malha de raízes e devido ao efeito da evapotranspiração das folhas, que retira água do solo da encosta. Onde a vegetação é removida, aumenta a incidência de deslizamentos planares (**Figura 55**) na encosta.



**Figura 545:** Deslizamentos planares associados a áreas desmatadas (Foto: Mendes, 2014).

Contudo, o plantio de espécies vegetais nas áreas de risco deve ser planejado adequadamente. Grama em taludes de corte e de aterro, arbustos em áreas de alta declividade ou margem de nascentes e de córregos podem ser boas iniciativas para se evitar a degradação e a fragilização do solo. No entanto, existem espécies que podem ter efeitos indesejáveis, como é o caso das bananeiras e de outras espécies que possuem folhas que funcionam como funil (**Figura 56**) ou que possuem bulbos subterrâneos. Quando a bananeira está viva, elas concentram a água da chuva; quando são cortadas ou morrem, a decomposição de seus bulbos gera macroporos que se tornam caminhos preferenciais para a entrada de grandes quantidades de água no solo da encosta, o quê, por sua vez, pode desencadear o deslizamento planar.



**Figura 556:** Indícios precursores e deslizamento planar associado ao plantio de bananeiras nas encostas (Foto: Mendes, 2014).

Deve-se tomar cuidado com o plantio de árvores de maior porte nas encostas, sobretudo naquelas sujeitas a ventos fortes, pois, no caso de queda da árvore, independentemente do dano direto que isto possa causar, tem-se um novo ponto de fraqueza em termos de erosão e ou de entrada de água no solo da encosta.

Em particular, quanto ao tipo de vegetação a implantar na encosta (árvores, arbustos ou gramíneas), deve-se avaliar o tipo de raiz que o vegetal possui, dando-se preferência àquelas espécies com raízes mais profundas (do tipo pivotante ou aprumada), em detrimento daquelas com raízes mais superficiais (do tipo fascicular ou em cabeleira).

#### 4.1.2 Reconhecimento de sinais de ameaças

As feições de instabilidade nos terrenos, nas edificações e na vegetação da encosta são os sinais mais importantes do risco de movimentos de massa. Estes indícios serão mais úteis quanto mais lentos forem os processos de movimentação, cujo desencadeamento e evolução possam ser monitorados. Dentre as feições indicativas de instabilidade, destacam-se:

- a) Cicatrizes de antigos deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais, fluxos de detritos e rastejo, bem como vestígios de desprendimento e queda de solo ou de rocha, em encostas ou em vales, conforme seja o caso;
- b) degraus de abatimento no solo ou no leito da rua;
- c) Trincas ou rachaduras nas paredes, pisos e teto das edificações;
- d) Inclinação de edificações, estruturas, árvores, postes e muros;
- e) Embarrigamento de muros e de paredes;
- f) Presença de blocos ou de lascas de rocha solta e ou instável;

- g) Sinais de umidade ou de surgência d'água na base de talude ou barranco, em paredes ou em muros.

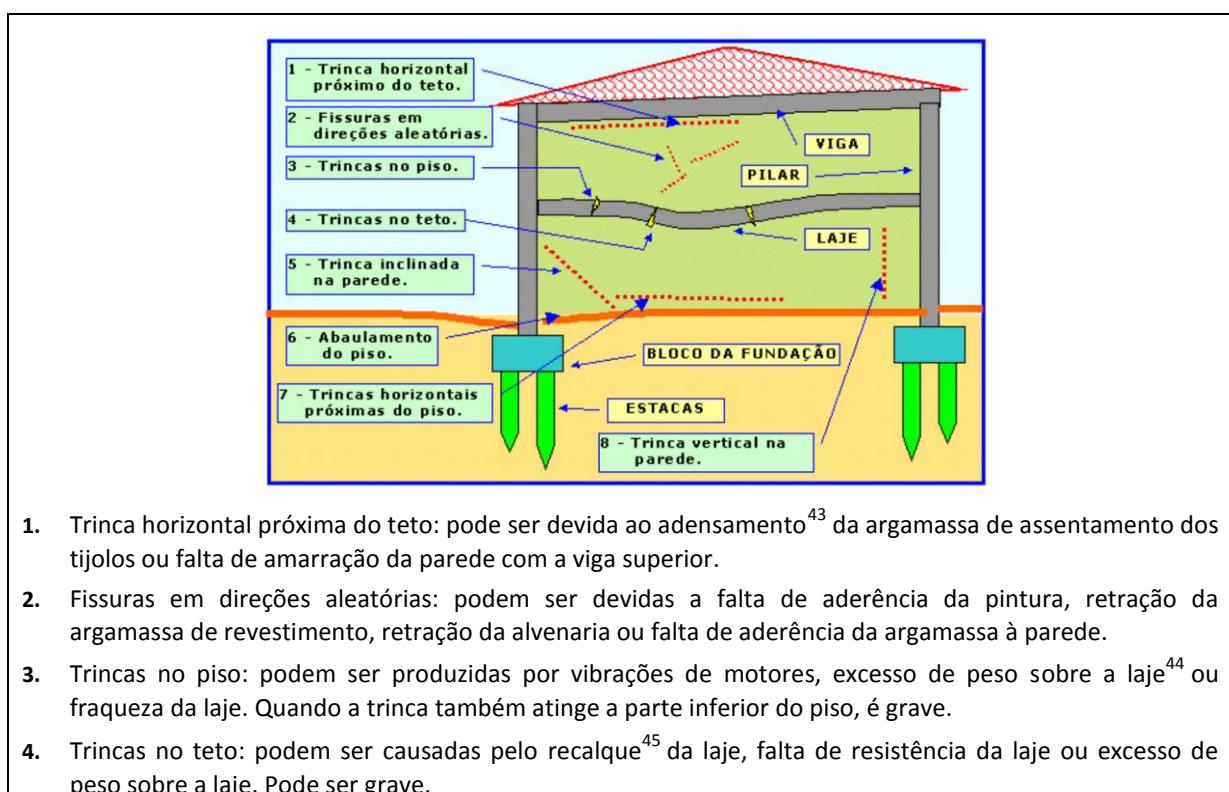
A seguir são destacados os sinais mais significativos de instabilidade que podem ser observados nas áreas de risco.

#### 4.1.2.1 Trincas em edificações

Trinca é a abertura na parede, teto ou piso da edificação, ocasionada pelo deslocamento do solo. Tecnicamente, distinguem-se as microfissuras (com abertura inferior a 0,05 mm); fissuras (com abertura de 0,05 até 0,5 mm) e trincas (com abertura entre 0,5 e 1,0 mm) (Corsini, 2010). Aberturas acima dessa dimensão (ou seja, acima de 1,0 mm) são popularmente chamadas de rachaduras.

As trincas podem ser decorrentes de deficiência construtiva da edificação ou de forças externas, como é o caso dos movimentos de massa. Portanto, suas causas nem sempre são de diagnóstico simples (**Figuras 57 e 58**), uma vez que uma mesma causa (deslocamento do solo, por exemplo) pode gerar diversas configurações de trincas (efeitos) e uma mesma configuração de trinca (efeitos) pode ser indicativa de diferentes causas (deficiência construtiva ou de movimentação do solo, por exemplo).

Nas áreas de risco, as trincas causadas por recalques de fundação são as mais preocupantes, especialmente aquelas em posição diagonal (**Figura 59**) ou radial que estejam ativas e se movimentando. As mais graves são as que se formam em elementos estruturais (lajes, vigas, pilares ou alvenaria estrutural).

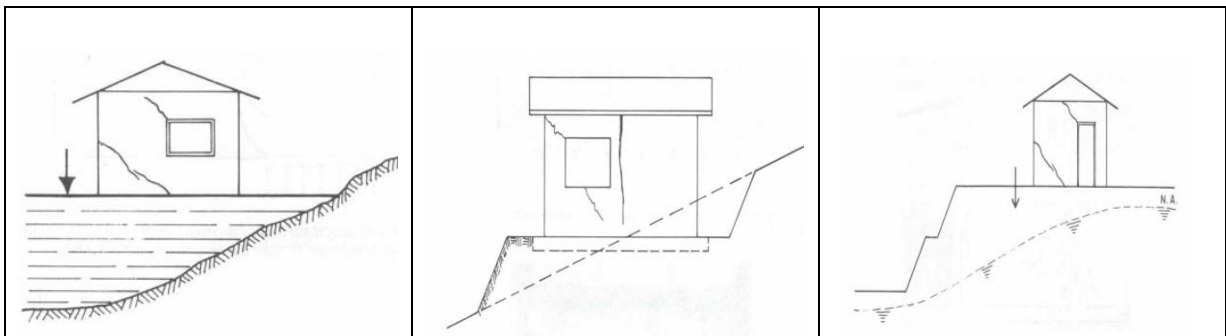


<sup>43</sup> Adensamento: Redução do volume do material, por meio de compressão natural ou por sobrecarga, que faz com que as partículas posicionem-se de forma mais compacta, reduzindo o volume de vazios e consequentemente o volume total. Quando o material está saturado, o adensamento se dá pela perda de água.

<sup>44</sup> Laje: Obra contínua de concreto armado, a qual constitui piso, assoalho intermediário, ou teto de um compartimento ou edificação.

5. Trinca inclinada na parede: é sintoma de recalques. Um dos lados da fundação<sup>46</sup> não aguentou ou não está aguentando o peso e afundou ou está afundando. Geralmente é grave.
6. Abaulamento<sup>47</sup> do piso: pode ser causado por recalque das estruturas, por expansão do subsolo ou colapso do revestimento. Quando causados por recalque, são acompanhados por trincas inclinadas nas paredes.
7. Trincas horizontais próximas do piso: podem ser causadas pelo recalque do baldrame<sup>48</sup> ou mesmo pela subida da umidade pelas paredes, por causa do colapso ou falta de impermeabilização do baldrame.
8. Trinca vertical na parede: é causada, geralmente pela falta de amarração da parede com algum elemento estrutural, como pilar ou outra parede que nasce naquele ponto, do outro lado da parede.

**Figura 57:** Alguns tipos de trincas e suas causas mais comuns (Fonte: Watanabe, 2004).



**Figura 568:** Trincas devidas ao recalque diferenciado, causado por: (i) consolidação diferencial de aterro; (ii) movimentação do aterro; (iii) rebaixamento do lençol freático, em face de obra no terreno à esquerda do edifício (Fonte: Thomas, 1989).

Deformações em terrenos podem ainda ser percebidas quando surgem os seguintes indícios precursores nas edificações da encosta:

- a) Rangidos ou estalos na edificação;
- b) Folgas visíveis em portas ou janelas; quadros de portas ou janelas fora de prumo; portas ou janelas que emperram ou apresentam dificuldades para abrir ou para fechar;
- c) Novas rachaduras ou elevações incomuns no solo, piso, calçada ou rua;
- d) Afastamento do solo em relação às fundações, ou seja, aumento do vão entre eles;
- e) Inclinação, rachaduras e ou movimento de estruturas auxiliares (tais como calçadas e pátios), em relação à edificação principal;
- f) Inclinação ou rachaduras em pisos e em fundações de concreto;
- g) Rompimento de tubulações de água e outras redes subterrâneas.

Trincas com espessura superior a 1,0 mm (aproximadamente a espessura de uma unha) devem ser monitoradas, especialmente nas estações chuvosas. O uso de uma régua fissurômetro é indicado para o monitoramento, com frequência diária ou de algumas horas de intervalo. Outra forma simples para se avaliar a estabilidade ou aumento da trinca, é o preenchimento de sua abertura com gesso; se houver rachadura no gesso, isso indicará que a trinca estará aumentando e, portanto, que há continuidade da movimentação do solo e ou da edificação.

<sup>45</sup> Recalque: Designação do fenômeno que ocorre quando uma edificação sofre um rebaixamento devido ao adensamento do solo sob sua fundação (alicerce).

<sup>46</sup> Fundação Parte de uma construção destinada a distribuir as cargas sobre o terreno; alicerce.

<sup>47</sup> Abaulamento: com forma de baú; convexo (mais elevado no meio que nas bordas); curvo; arqueado.

<sup>48</sup> Baldrame: Viga de concreto armado ou de madeira que corre sobre fundação ou alicerce de qualquer tipo. O termo é ainda utilizado como designação genérica dos alicerces de alvenaria.



**Figura 59:** Vista de trinca inclinada em moradia  
(Foto: Acervo IG, 2008).

#### 4.1.2.2 Degraus de abatimento no solo da encosta

A identificação precisa do tipo de processo que está em análise é fundamental na escolha do método de monitoramento, pois cada qual apresenta características, dinâmicas e mecanismos deflagradores diferentes. Desta maneira, é indicado apoio de profissional especializado.

Os degraus de abatimento (ou trincas de tração) encontrados na superfície do solo são os sinais mais evidentes da movimentação gradual dos terrenos (**Figura 60**). Estes são vestígios inegáveis de que o processo que pode evoluir de modo repentino e com grande energia.

No caso dos rastejos, extensômetros de solo (horizontais), sensores de inclinação e inclinômetros são os dispositivos indicados para o monitoramento. Na ausência dos equipamentos citados, métodos mais simples podem ser utilizados provisoriamente, como, por exemplo, a implantação de estacas e o periódico monitoramento do distanciamento entre elas, por meio de teodolitos ou das chamadas trenas eletrônicas. A estação total robotizada (ETR) e respectivos prismas de reflexão são aplicáveis somente em situações muito particulares. Sensores de umidade do solo e piezômetros para a medição do nível d'água subterrânea podem ser adicionalmente utilizados para coleta de dados complementares à análise.

A infiltração da água das chuvas nas trincas de tração no solo pode acelerar a evolução do processo. Quando possível, recomenda-se que elas sejam cobertas com lona ou totalmente preenchidas com solo argiloso compactado ou outro material que as impermeabilize.



**Figura 570:** Vista de degraus de abatimento no

solo da encosta (Foto: Acervo IG, 2008).

#### 4.1.2.3 Cicatrizes e depósitos de antigos eventos

No Brasil, os movimentos de massa mais comumente observados correspondem aos deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais, fluxos de detritos e quedas de blocos e de lascas de rocha. O reconhecimento desses tipos de processos geralmente é possível através da identificação de suas cicatrizes e ou de seus depósitos correspondentes.

Os deslizamentos planares (incluindo os em cunha) (**Figura 61**) têm profundidades pequenas, geralmente de até 3 metros ou pouco mais. Por outro lado, sua área fonte pode ter dimensões que variam de poucos metros quadrados até dezenas de metros quadrados, de modo que geram diferentes volumes finais de material movimentado.



**Figura 61:** Vista de cicatriz de deslizamento planar em área de risco (Foto: Oliveira, 2005).

Os deslizamentos rotacionais (também chamados de circulares) apresentam profundidades significativas em relação à sua extensão (ambas na área fonte). Outras características marcantes são a superfície de ruptura em formato côncavo (ou seja, menos elevada no meio que nas bordas), trincas de tração nas porções superiores da encosta e ligeiro soerguimento e compressão do material na base do deslizamento, causado pelos esforços aplicados pela própria massa em movimento. Dimensões de várias dezenas de metros quadrados (área de atingimento) são frequentes. Por serem de desenvolvimento lento, normalmente, vários indícios de sua evolução sendo perceptíveis, sendo clássica a presença de postes e ou árvores inclinadas (as quais constituem indícios precursores de que o processo já se desenvolve há anos). O fato de este processo ser deflagrado pelo comportamento do lençol freático é um aspecto a ser observado quando da caracterização do evento recém-ocorridos.

Os fluxos de detritos são movimentos rápidos e de alta energia, nos quais solo e fragmentos de tamanhos diversos (sobretudo de rochas e de vegetação) escoam com grande velocidade encosta abaixo, em direção ao canal principal da drenagem, mobilizando grande quantidade de material. Por seu elevado poder destrutivo, esse processo representa uma séria ameaça à população, como ilustram vários casos no Brasil (Reis, 2010).

As cicatrizes e depósitos são feições que permitem identificar os processos ocorridos no passado. A partir delas, é possível coletar informações sobre a origem, a geometria e as dimensões dos eventos. A observação dos depósitos de materiais acumulados na base e ao longo da encosta permite estimar a quantidade mobilizada e as áreas de atingimento dos processos.

As cicatrizes e depósitos podem ser encontrados em vários estágios, desde recentes até muito antigas, sendo comum a presença de processos erosivos associados. As relativamente antigas podem ser recobertas por vegetação, o quê, muitas vezes, dificulta a sua identificação e caracterização.

A observação de cicatrizes e de depósitos de antigos eventos é essencial para se entender o grau de risco a eventos nos diferentes contextos geológicos e de uso e ocupação do solo. Assim, o periódico mapeamento destas feições é uma medida extremamente importante para o avanço do gerenciamento das áreas de risco, ainda, esta é uma atividade que pode se constituir em oportunidade para o periódico envolvimento da comunidade de modo participativo, com grande potencial para ampliar a percepção do risco.

A coleta destes dados, além de aplicação direta no mapeamento das áreas de risco, também auxiliam o cálculo e a calibração de limiares e de modelos utilizados para a previsão de eventos para uma dada encosta, município ou região, além de ter potencial para atividades de educação aplicada à percepção de risco.

Considerando a variedade de processos, de causas e de mecanismos deflagradores dos movimentos de massa, os laudos de caracterização detalhada e análise destes aspectos é uma tarefa na qual as DCEs e DCMs devem contar com o apoio de especialistas em geodinâmica.



## 4.2 COLETA DE DADOS DE EVENTOS

Este item tem como objetivos (i) discorrer sobre a importância da coleta de dados de eventos; (ii) elucidar o papel das diferentes partes interessadas (órgãos federais, estaduais e municipais e a população em geral); e (iv) apresentar sugestões de formulários para coleta de dados de eventos.

### 4.2.1 Importância da coleta de dados de eventos

Para que o SAA cumpra sua finalidade, é imprescindível o estabelecimento de um sistema de comunicação<sup>49</sup> eficaz, conectando os níveis local, regional e nacional e as diferentes partes interessadas (Garcia e Fearnley, 2012). Há diversos tipos de comunicação em um SAA, sendo a mais relevante a transmissão de alertas e de alarmes. Contudo, a comunicação não deve se constituir em um processo unilateral, com as diversas fontes transmitindo as informações para os destinatários subsequentes até que se alcancem os moradores das áreas que estão em risco (Maskrey, 1997). É necessário que a comunicação seja bidirecional e interativa, ou seja, é necessário que haja participação dos diversos envolvidos no processo.

A **Figura 62** ilustra os vários contextos de compreensão ao longo da cadeia de gestão do conhecimento, a qual pode ser assim avaliada para um SAA:

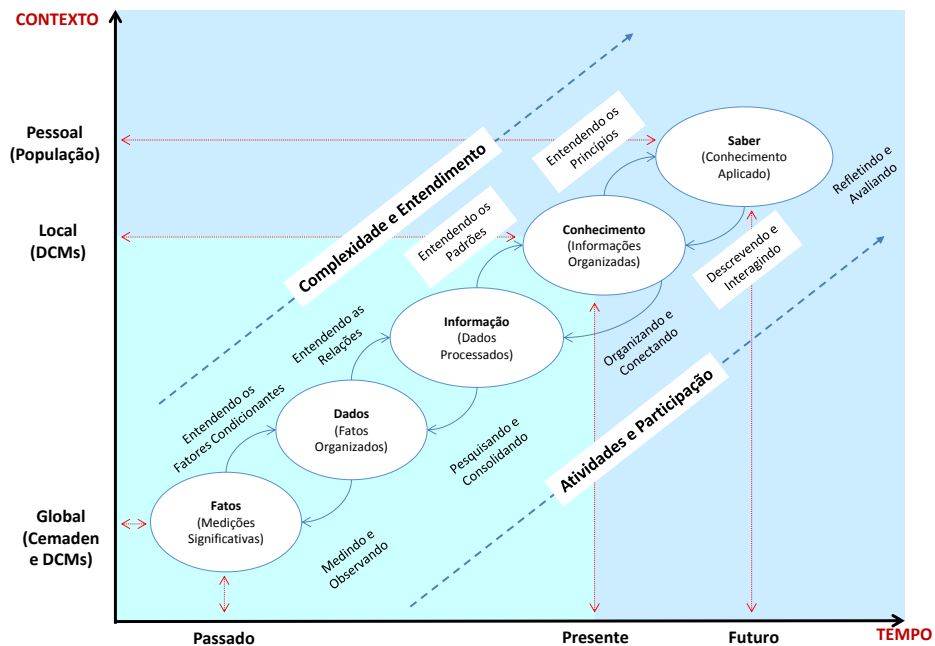
- a) Fato: apuração do evento ou do não evento associado a uma dada chuva específica, em princípio limitada ao sim ou ao não, embora a informação sobre os quase eventos (chuvas nas quais foram constatados somente indícios precursores de eventos) também seja relevante;
- b) Dado: conjunto de dados brutos obtidos por meio de levantamentos, pesquisas ou medições, que permitem a descrição dos eventos e dos quase eventos relacionados a uma dada chuva específica, porém, que ainda não constituem informações utilizáveis, uma que não foram processados e vinculados a um dado contexto;
- c) Informação: dados processados, integrados e contextualizados, para apuração das relações de causa e efeito e para definição de padrões associados aos eventos e aos não eventos, por exemplo, na forma de um limiar para as condições ambientais e socioeconômicas de uma dada área de risco;
- d) Conhecimento: organização dinâmica das informações coletadas em regras mais gerais destinadas à aplicação prática, por exemplo, na forma de índices de acerto e índice de erro do limiar utilizado para os alertas e alarmes de uma dada área de risco;
- e) Sabedoria: conhecimento aplicado no contexto local, por exemplo, por meio de alertas e alarmes que são emitidos em concordância com os limiares e antecipação designados ou pela elevada taxa de atendimento ao alarme, pela população de uma dada área de risco alertada.

É importante notar, na **Figura 62**, o caráter cíclico que embasa a construção do conhecimento, o monitoramento de sua aplicação prática e, ao mesmo tempo, o contínuo questionamento do que foi consensuado, podendo conduzir à periódica melhoria ou mesmo à total substituição do conhecimento por um novo mais eficaz aos objetivos do SAA.

---

<sup>49</sup> Sistema de comunicação: Sistema de circulação de mensagens entre dois polos distintos no espaço ou no tempo. Compõe-se basicamente de: *fonte*, pessoa ou instituição que produz a mensagem original; *emissor*, equipamento que codifica a mensagem em uma sequência de sinais, transmitindo-os através de um determinado canal; *canal*, meio (tecnologia) utilizado para enviar os sinais; *receptor*, equipamento que recebe os sinais, decodificando-os de forma a recuperar a mensagem original produzida para atingir um destinatário; *destinatário*, pessoa ou instituição que se deseja alcançar com a mensagem.

O término do ciclo de comunicação é a avaliação conjunta de desempenho de todo o SAA, para a qual a coleta de dados é o ponto de partida. A avaliação é necessária, pois a mensagem poderá chegar ao destinatário demasiado tarde, poderá se perder no caminho, poderá ser entendida de modo incorreto pelo destinatário, poderá mostrar-se incorreta (em sua previsão) e não ser confirmada na prática, ou a recomendação expressa na mensagem não ser acatada pelo destinatário. Assim, cada elemento do sistema de comunicação deverá terminar o processo de comunicação registrando sua reação a cada solicitação, informação ou acontecimento. No caso da previsão e alerta, há dois pontos principais que constam da avaliação de desempenho: (i) a precisão do limiar (que serve tanto ao alerta como ao alarme) e (ii) a antecipação do alerta e do alarme.



**Figura 58:** Ciclo do entendimento (Fonte: modificado de Weichselgartner e Pigeon, 2015).

Note-se que todo o processo de avaliação sistêmica (feito conjuntamente por todos os mais diretamente envolvidos, sobretudo Cemaden, DCEs, DCMs e população das áreas de risco) dependerá de se conhecer com precisão as seguintes informações:

- Momento do acidente ou desastre (data, hora): necessário para se identificar qual é a quantidade exata de chuva que causa o evento, para uma dada área de risco. Conhecendo-se o momento do evento, calculam-se os índices de chuva efetiva para aquele momento e, então, pode-se comparar estes índices com o limiar que está em uso e verificar se sua precisão está adequada. Sem essa informação não é possível melhorar a precisão do limiar para elaboração de alertas e de alarmes;
- Local do acidente ou desastre (coordenadas geográficas): necessário para saber a qual limiar está vinculado um dado evento, de modo que sua precisão possa ser avaliada. Sabendo-se que cada pluviômetro automático tem um raio de alcance máximo de 2,5 km, pode-se, ainda, avaliar se a cobertura da rede observacional está adequada para uma dada área de risco;
- Danos do acidente ou desastre (residências parcial ou totalmente destruídas e número de mortos e desaparecidos): quando se vai efetuar o traçado inicial ou a revisão do traçado do limiar, pode ser necessário dar peso diferente aos eventos. Isto é preferencialmente feito utilizando-se o número de residências destruídas, que é um melhor indicador da magnitude do evento (em termos da área de atingimento e, portanto, de seu porte).

Embora o número de mortos seja mais sujeito a interferências externas (por exemplo, durante o dia pode haver menos pessoas nas áreas de risco residências, pois muitos podem trabalhar ou estudar em outros locais) e possa não refletir adequadamente o porte do evento, em alguns casos, pode ser utilizado como indicador de apoio;

- d) Documentação fotográfica do evento: abrangendo detalhes da área fonte, da área de atingimento, dos danos às edificações, dos indícios precursores etc.;
- e) Momento do recebimento dos alertas pela DCM (data, hora), qualquer que seja o nível destes (sem alertas - cessar, moderado, alto, muito alto, máximo).

Os demais elementos necessários às avaliações, tanto da precisão do limiar como da antecipação do alerta e do alarme devem ser coletados automaticamente pelos sistemas informatizados, a saber: (i) dados de chuva observada nos pluviômetros automáticos; (ii) dados de previsão de chuva de curtíssimo prazo utilizados para a decisão do alerta e do alarme; (iii) índices de chuva efetiva utilizados para a decisão do alerta e do alarme; (iv) momento de emissão dos vários níveis de alertas e de alarmes.

De modo geral, dentre os principais benefícios da consistente coleta de dados no âmbito de um SAA, destacam-se os insumos para a melhoria das seguintes atividades:

- a) Mapeamentos das áreas de risco: Os dados históricos de eventos colaboram fortemente para a qualidade dos mapas de perigo e de risco, uma vez que os eventos são um indicador objetivo da suscetibilidade;
- b) Cálculo dos limiares para alertas e alarmes: Para a elaboração dos limiares, além dos dados pluviométricos, são imprescindíveis os dados históricos de eventos. Sem tais subsídios, é impossível identificar com precisão qual a quantidade de chuva que causou os acidentes e desastres;
- c) Transmissão de alertas e de alarmes: A comparação dos dados de chuva observada com os dados de previsão de chuva de curtíssimo prazo ou das previsões de chuva dos modelos meteorológicos regionais contribuirá para a melhoria da precisão dos índices de chuva efetiva calculados para a emissão dos alertas e dos alarmes. A comparação dos dados de eventos e de não eventos contribuirá para a precisão dos limiares. A comparação do tempo de antecedência designado para os alertas e para os alarmes com os dados do momento de emissão dos alertas e dos alarmes fornecerá elementos para a avaliação do desempenho dos sistemas informatizados e das equipes operacionais. A melhoria simultânea dessas três competências (de previsão de chuva, de previsão de risco e de eficácia operacional) são os motores da melhoria contínua do SAA;
- d) Organização das ações de respostas: A evacuação poderá ser mais eficaz, de menor custo para o poder público e menos incômoda para a população das áreas em risco quando se dispuser de mapeamentos mais precisos (definição mais precisa das áreas expostas), de limiares mais precisos (menor número de alertas de evacuação) e de processos operacionais mais ágeis (com a antecipação necessária);
- e) Disponibilização de informações: Os dados e informações arquivadas em bancos de dados integrados possibilitarão estudos para a melhoria do conhecimento sobre os riscos, envolvendo aspectos de suscetibilidade e de vulnerabilidade (área de atingimento, extensão de danos, padrões de eventos e mecanismos deflagradores).

Constata-se, portanto, que os beneficiados pelas informações geradas pela coleta de dados não se limitam ao Cemaden, Cenad, DCEs e DCMs, mas alcançam institutos de pesquisa, universidades e, principalmente, a própria população das áreas de risco.

#### 4.2.1.2 Formato da coleta dos dados

Para a coleta dos dados necessários à avaliação de desempenho, no caso da previsão e alerta, prevê-se a utilização de três instrumentos principais (ilustrados na **Figura 6** do item 1.5):

- a) Confirmação de recebimento de alertas: refere-se à manifestação da DCM imediatamente depois do recebimento de um dado alerta, limitada a um simples clique em botão no painel do município. Esta informação deverá ser efetuada para os todos os alertas, qualquer que seja o seu nível (sem alertas - cessar, moderado, alto, muito alto, máximo), conforme prazo designado (tolerância máxima de cinco minutos, contados a partir do horário de transmissão da mensagem);
- b) Formulário Simples: refere-se à informação produzida pela DCM acerca dos eventos ou dos não eventos, em duas partes, posteriormente ao cessar do alerta (sem alertas). Na primeira parte, informa-se se houve ou não a constatação de eventos. A segunda parte é necessária somente no caso de registro de eventos no período, com aporte das seguintes informações adicionais: (i) tipo de evento; (ii) nome da encosta ou vale afetado (exclusivamente para o caso de fluxo de detritos); (iii) Coordenada geográficas do ponto central do evento<sup>50</sup> (obtida a partir de equipamento de sistema de posicionamento global - GPS, de aplicativos do tipo Google Earth e ou de fotos obtidas com smartphones); (iv) data e hora do evento (desejável precisão de 10 minutos); (v) Quantidade de casas destruídas (total e parcialmente); (vi) Quantidade de óbitos e de desaparecidos. O relatório simplificado é aplicável somente aos eventos classificados como acidente de pequena escala (APE) ou como acidente de micro escala (AME) que não foram legalmente caracterizadas como situação de emergência, conforme critérios expressos na **Figura 6**. Esta informação deverá ser efetuada pela DCM até o quinto dia útil do mês subsequente;
- c) Formulário de Informação do Desastre - FIDE: Incorpora todas as informações necessárias à caracterização de situação de emergência ou de estado de calamidade pública, conforme requisitos específicos, acrescidas de todas aquelas informações descritas para o formulário simples. O FIDE é aplicável somente aos eventos classificados como acidente de micro escala (AME) que foram legalmente caracterizadas como situação de emergência e aos desastres de pequena escala (DPE), conforme critérios expressos na **Figura 6**. Esta informação deverá ser efetuada pela DCM conforme regras vigentes para o FIDE;
- d) Relatório Técnico Multi-Institucional: refere-se à informação produzida conjuntamente pela DCM, DCE e Cemaden. Constitui-se no relato da investigação detalhada dos eventos, de modo a melhor compreender o processo ocorrido, suas causas, a extensão dos seus danos e o desempenho do SAA. O resumo executivo deste relatório deve necessariamente conter os seis itens citado para o relatório simplificado. O Relatório Técnico Multi-Institucional é aplicável somente aos eventos classificados como desastre de grande escala (DGE), conforme critérios expressos na **Figura 6**. Esta informação deverá ser concluída em até três meses depois do evento.

Os formulários necessários à coleta de tais informações devem estar disponíveis *on-line* e estarem vinculados diretamente ao banco de dados integrado, através de painel específico nos sistemas informatizados.

---

<sup>50</sup> Da área fonte (para deslizamentos, rastejos e queda de blocos ou de lascas de rocha) ou da área de atingimento (para fluxos de detritos).

#### 4.2.1.3 Papel das contrapartes na coleta de dados

O “Guia de gestão da informação e da comunicação em emergências e desastres”, publicado pela OPAS (2009), faz algumas recomendações para se evitar problemas na gestão da informação em situações de crise, as quais são perfeitamente aplicáveis ao contexto de um SAA.

O primeiro aspecto destacado é a necessidade de um fluxograma claro sobre as responsabilidades dos envolvidos, à luz das seguintes perguntas norteadoras: (i) quem produz qual informação, quando e com que conteúdo? (ii) quem informa a quem, quando e com que conteúdo? e (iii) quem aprova a informação antes de ela se tornar pública? Esses questionamentos visam evitar a excessiva produção de informações, a produção de informações sem o foco e a qualidade necessária, e a sobreposição e retrabalho pelos envolvidos.

Outra observação é que a coleta, a análise e o compartilhamento de dados e de informações devem ser amplos, abrangendo todas as esferas envolvidas - federal, estadual, municipal e população, já que todos serão beneficiários diretos.

Em que pese a gama de comunicações em um SAA, os vários tipos de retroalimentações e de atores envolvidos, não se deve perder de vista que o papel protagonista do município nesse contexto, uma vez que é ele é simultaneamente o foco das ações e o responsável pela resposta imediata à população local, viabilizando as diversas aplicações mencionadas neste item 4.2.

Considerando todas essas observações, o **Quadro 17** contém uma síntese sobre o fluxo e as responsabilidades por informações no âmbito do SAA.

Ações	Responsável pela Execução		
	Cemaden	Estado	Município
Elaboração do alerta	X <sup>(1)</sup>	X <sup>(1)</sup>	
Transmissão do alerta	X <sup>(1)</sup>	X <sup>(1)</sup>	
Confirmação de recebimento de alertas			X <sup>(2)</sup>
Formulário Simples			X <sup>(2)</sup>
Formulário de Informação do Desastre - FIDE			X <sup>(3)</sup>
Relatório Técnico Multi-Institucional	X <sup>(4)</sup>	X	X
Operação e consolidação de dados de sistema colaborativo de coleta de dados			X <sup>(5, 6)</sup>
Avaliação conjunta do desempenho global do SAA	X <sup>(1, 7)</sup>	X <sup>(1, 7)</sup>	

(1): Conforme acordado entre ambos. (2): Por intermédio das respectivas Defesas Cíveis (às quais órgãos municipais de monitoramento e de alerta, se for o caso, deverão se reportar). (3): Com eventual apoio da Defesa Civil do Estado e ou do Cemaden. (4): Coordenação. (5): Com eventual apoio da Defesa Civil do Estado e ou do Cemaden. (6): As informações consolidadas obtidas a partir do sistema colaborativo de coleta de dados, quando aplicável, devem ser incorporadas ao formulário simples, ao Fide ou ao relatório técnico multi-institucional, conforme seja o caso. (7): Avaliação segundo critérios previamente acordados, com discussão e consolidação anual de indicadores por município, em conjunto com os demais entes, incluindo representação da população das áreas de risco.

**Quadro 17:** Matriz de responsabilidade na gestão da informação em SAAs.

Destaca-se que o **Quadro 17** não aborda aspectos relativos à organização de ações de resposta, os quais serão abordados no Manual de Orientações para Elaboração do Plano Municipal de Contingência - PLAMCON, produzido pelo Cenad.

#### 4.2.2 Formulários de registros

Os dados necessários à confirmação do recebimento do alerta são expeditos, resumindo-se a apenas um clique em botão no painel do município, por intermédio dos sistemas informatizados. O Relatório Técnico Multi-Institucional, por sua vez, são necessárias várias informações. Antes, porém, de discuti-las, cabe questionar se todos os eventos devem ser reportados ao SAA. Em caso negativo, que critério utilizar para decidir sobre qual evento reportar?

Neste particular, tendo em vista a presente situação de escassez de dados relativos aos movimentos de massa, em âmbito nacional, inicialmente adotou-se uma postura conservadora, no sentido de que os dados de todos os movimentos de massa com volume superior a **3 metros cúbicos** devem ser reportados (sendo está quantidade uma estimativa de um volume mínimo a partir do qual os movimentos de massa poderão causar a destruição parcial ou total de uma residência. Esse valor representaria, por exemplo, **XXXX**). Contudo, contextos específicos podem ser reavaliados, caso a caso.

Os **Anexos 1 e 2** contêm, respectivamente, os formulários para coleta de dados relativos a eventos do Tipo 1 - Quedas, Tombamentos e Rolamentos de Blocos ou de lascas e do Tipo 2 - Deslizamentos planares ou Deslizamentos rotacionais (**Anexo 1**) e do Tipo 3 - Fluxo de detritos (**Anexo 2**).

Ao preencher os formulários, o Agente de Defesa Civil deve ter em mente que a precisão do limiar para elaboração do alerta e do alarme e as demais vantagens citadas no item 4.2.1.2 dependem fundamentalmente da precisão das informações sobre horário e local de evento.

Ainda em relação à coleta de dados de eventos e ao preenchimento dos formulários constantes dos **Anexos 1 e 2**, cabem as seguintes orientações adicionais:

- a) As informações devem obtidas diretamente em campo ou, preferencialmente, com a Defesa Civil (caso o preenchimento não seja efetuado por esta);
- b) No caso da informação do “horário do evento”, é conveniente fazer buscas em várias fontes, dentre moradores e técnicos dos órgãos que fizeram o atendimento ao evento;
- c) No item “fotos” podem ser incluídas quantas fotos sejam relevantes para o entendimento da natureza e características do desastre. Deve-se incluir na cena algum objeto de referência (régua, caneta etc.) que permita identificar a escala do objeto fotografado;
- d) Para o levantamento das informações solicitadas, são recomendados os seguintes materiais de campo: (i) formulário para registro dos dados (**Anexos 1 e 2**); (ii) GPS ou *smarthphone* (para obtenção das coordenadas); (iii) hipsômetro<sup>51</sup>, (para medição de distâncias, alturas e ângulos); (iv) câmera fotográfica ou *smarthphone* (para documentação fotográfica); (v) binóculos (para auxílio à visualização); (vi) EPIs (para proteção individual).
- e) Caso o hipsômetro não esteja disponível, alternativamente, este poderá ser substituído pelo uso conjunto de: (i) trena (laser, preferível, ou manual de 50 m; para medição de distâncias horizontais e inclinadas); (ii) clinômetro analógico (tipo Abney; para medição de ângulos); (iii) baliza topográfica (comprimento de 2 m e seções coloridas de 0,5 m;

<sup>51</sup> Há várias opções e denominações comerciais destes produtos; alguns incorporam, em um só equipamento, as funcionalidades de trena eletrônica (para medição de distâncias), hipsômetro (para medição de alturas) e clinômetro (para medição de ângulos para estimativa da declividade do terreno).

para medição de pequenas distâncias verticais); e (iv) bastão topográfico (telescópico, preferíveis comprimentos da ordem de 6,0 a 8,0 m; para medição de distâncias verticais).

#### 4.2.3 Boas Práticas de Gestão da Informação de Dados de Acidentes e de Desastres

Este item contém três exemplos de boas práticas na gestão de dados de eventos. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID, do Cenad, não serão descritos aqui, uma vez que serão abordados em seu manual específico.

##### 4.2.3.1 Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Petrópolis

Desde 2006, a Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Petrópolis utiliza um sistema informatizado de cadastro de eventos (**Figura 68**), cujo objetivo inicial era acelerar a entrega de laudos para moradores que tiveram suas residências afetadas por acidentes e desastres.

Ao longo do tempo, consolidou-se um banco de dados de eventos que permitia a obtenção de relatórios por data, local, tipologia, danos, condição de entorno e providência recomendada. Uma versão mais recente do sistema informatizado possibilita inserir dados georeferenciados e fotografias, além da exportação de arquivo de dados para outros sistemas compatíveis. O sistema está disponível em [www.petropolis.rj.gov.br/e-gov/dfc/gestao/relatorioMapaDeslizamentos.php](http://www.petropolis.rj.gov.br/e-gov/dfc/gestao/relatorioMapaDeslizamentos.php), mediante prévia obtenção de senha de acesso junto à Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Petrópolis.

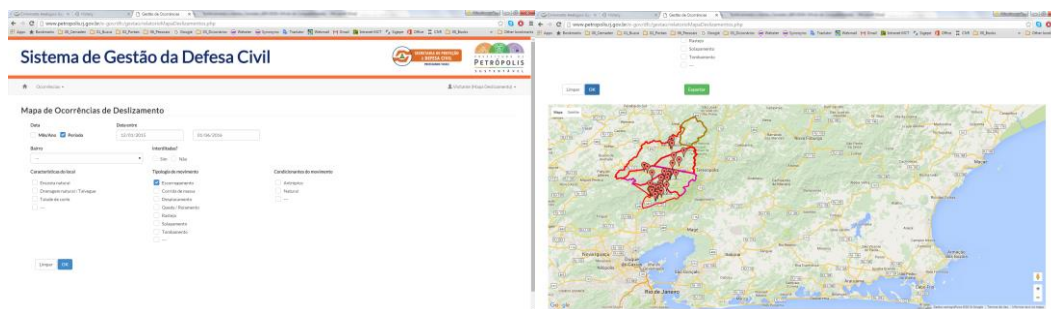


Figura 59: Telas do Sistema de Gestão da Defesa Civil de Petrópolis, RJ.

##### 4.2.3.2 Secretária de Defesa Civil do Estado do Paraná

A Secretaria de Defesa Civil do Paraná, por meio da Companhia de Informática do Paraná, desenvolveu o Sistema Informatizado de Defesa Civil do Paraná - SISDC (Figura 63), para registro de eventos de desastres de diferentes origens, bem como para o monitoramento de seus impactos. O sistema ainda mantém o cadastro atualizado das coordenadorias municipais de defesa civil e a inserção e atualização de polígonos de áreas de risco pelo próprio município. O sistema está disponível em [www4.pr.gov.br/sdc/login/index.jsp?id=2&urlRetorno=%2fsdc%2frestrito%2f](http://www4.pr.gov.br/sdc/login/index.jsp?id=2&urlRetorno=%2fsdc%2frestrito%2f), mediante prévia obtenção de senha de acesso junto à Secretaria de Defesa Civil do Paraná.

Em 2015, o SISDC foi premiado pelo Escritório da Estratégia Internacional para Redução de Desastre (ISDR) pelo uso de sistemas de informações para redução de desastres.



Figura 3: Telas do Sistema Informatizado de Defesa Civil do Paraná - SISDC.

#### 4.2.3.3 Serviço Geológico do Brasil - CPRM

O Sistema de Cadastro de Deslizamentos e Inundações - SCDI (Figura 64) foi desenvolvido com o objetivo sistematizar, padronizar e armazenar informações sobre desastres ocorridos ou potenciais, relativos a deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais e inundações. O formulário inclui a descrição detalhada da tipologia de processo, dos fatores condicionantes dos desastres, suas consequências, danos resultantes, entre outros aspectos. O sistema está disponível em <http://cprm.gov.br/scdi>, mediante prévia obtenção de senha de acesso junto à CPRM.

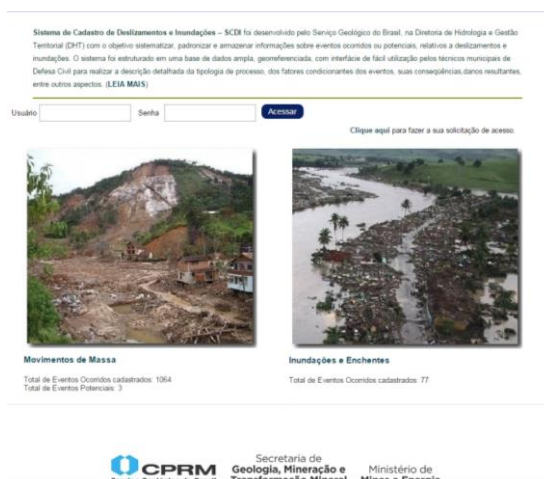


Figura 64: Telas do Sistema de cadastro de Deslizamentos e Inundações, da CPRM - SCDI.

### 4.3 USO DO MAPA INTERATIVO PELAS DEFESAS CIVIS

O mapa interativo é um produto online do Cemaden, disponibilizado em seu *website*. Todos os dados da rede observacional do Cemaden, incluindo pluviômetros automáticos, estações hidrológicas e radares meteorológicos, podem ser visualizados em tempo quase real. O usuário poderá ainda realizar consultas e baixar os dados que necessita.

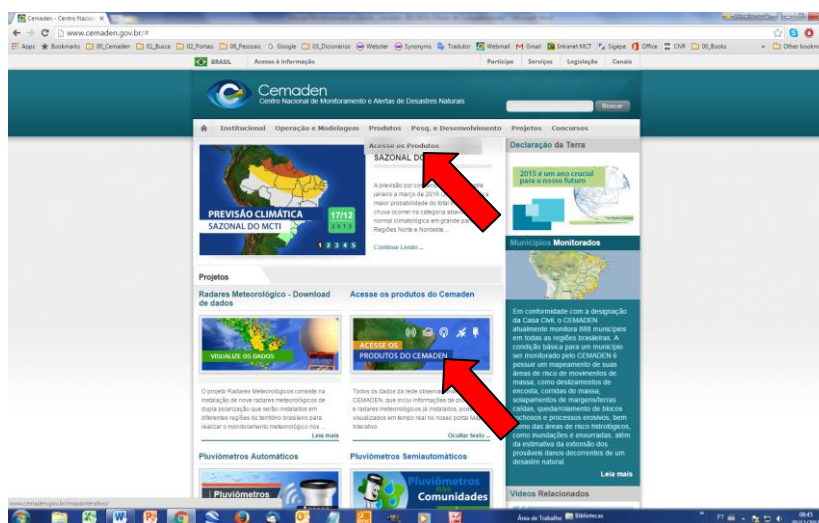
O portal foi desenvolvido para atender a todos os usuários, desde o leigo até o mais avançado. Fundamentalmente, em seu estágio atual, o Mapa Interativo serve ao monitoramento da chuva, tanto a observada (a partir dos dados dos pluviômetros automáticos) como da previsão de chuva de curtíssimo prazo (a partir dos radares meteorológicos).

#### 4.3.1 Acesso

O usuário poderá interagir com o Mapa Interativo através de uma interface gráfica amigável, na qual os ícones de Menu de Camadas possibilitam a navegação pelas várias funcionalidades disponibilizadas. Uma vez acessada a página do Cemaden ([www.Cemaden.gov.br](http://www.Cemaden.gov.br)), clica-se sobre o

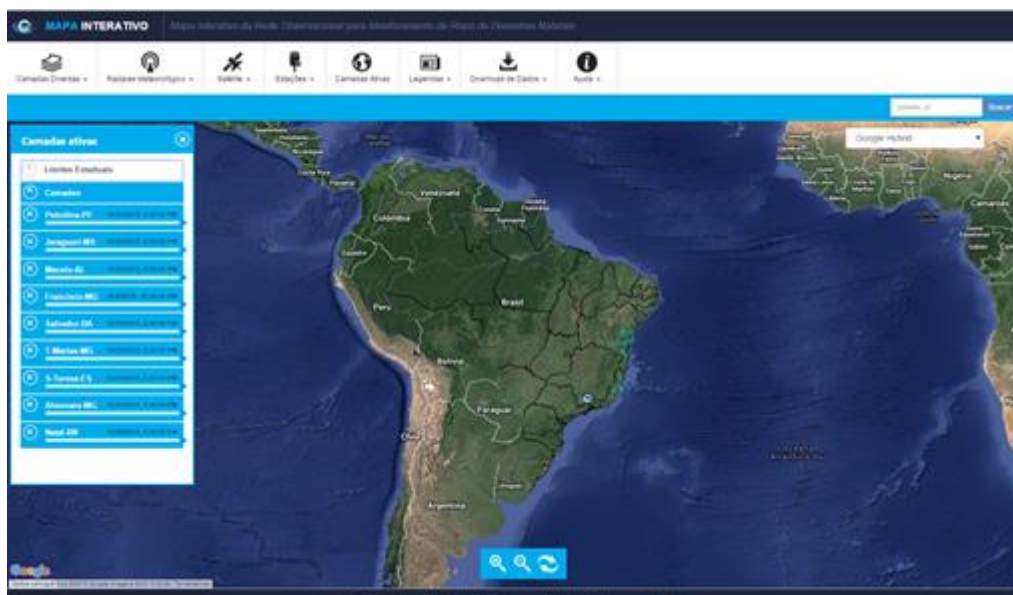


ícone referente à aba “Produtos” e em “Acesse os produtos”, mostrada na **Figura 65**. Outra opção é, na página principal, clicar sobre a janela de notícias referente ao Mapa Interativo.



**Figura 65:** Opções de acesso do Mapa Interativo.

No Mapa Interativo aparecerá em uma nova aba, como mostrado na **Figura 66**. Inicialmente, as camadas ativas padrão serão os radares do Cemaden, os limites estaduais e a localização do Cemaden. Porém, existem várias outras camadas disponíveis, organizadas por grupos, com diversas funcionalidades para ajudar o usuário a obter informações do município ou estado desejado, conforme descrito nos itens a seguir.



**Figura 67:** Aba do Mapa Interativo.

#### 4.3.2 Como utilizar

O acesso às várias funcionalidades é feito por intermédio dos ícones do Menu de Camadas (**Figura 68**). Há três conjuntos principais de camadas, conforme sua finalidade:

- a) Customização do Mapa Interativo: as opções de “camadas diversas”, “camadas ativas” e “legendas” são utilizadas para deixar o Mapa Interativo com o aspecto que cada usuário deseja;

- b) Camadas de dados: permitem o acesso aos dados dos “Radares Meteorológicos”, dos “Satélites”, das “Estações” (Pluviômetros Automáticos e Estações Hidrológicas), bem como ao “Download de dados” necessários;
- c) Opções de ajuda: contém os tutoriais de ajuda referentes aos tópicos das “Camadas Padrão”, “Camada Pluviômetro”, “Camada Radar”, e “Camada Satélite”.

Nos itens subsequentes, cada uma das funcionalidades do Menu de Camadas será descrita em detalhe.

Os formatos de data (mm/dd/aaaa) e de hora (hh/mm/ss PM ou hh/mm/ss AM) no Mapa Interativo seguem o padrão americano. Da mesma forma, o horário utilizado é o GMT, ou seja, deve-se somar 3 horas ao horário mostrado para se obter o horário oficial de Brasília (ou 2 horas quando da vigência do horário de verão).

#### 4.3.2.1 Camadas diversas

Referem-se à indicação dos limites administrativos que se deseja que sejam exibidos durante a utilização do Mapa Interativo:

- a) **Limites estaduais:** é o limite dos estados brasileiros inserido sobre o mapa base.
- b) **Municípios monitorados:** insere sobre o mapa base o limite de todos os municípios monitorados pelo Cemaden.
- c) **Cemaden:** insere sobre o mapa base a localização das unidades do Cemaden no Brasil.

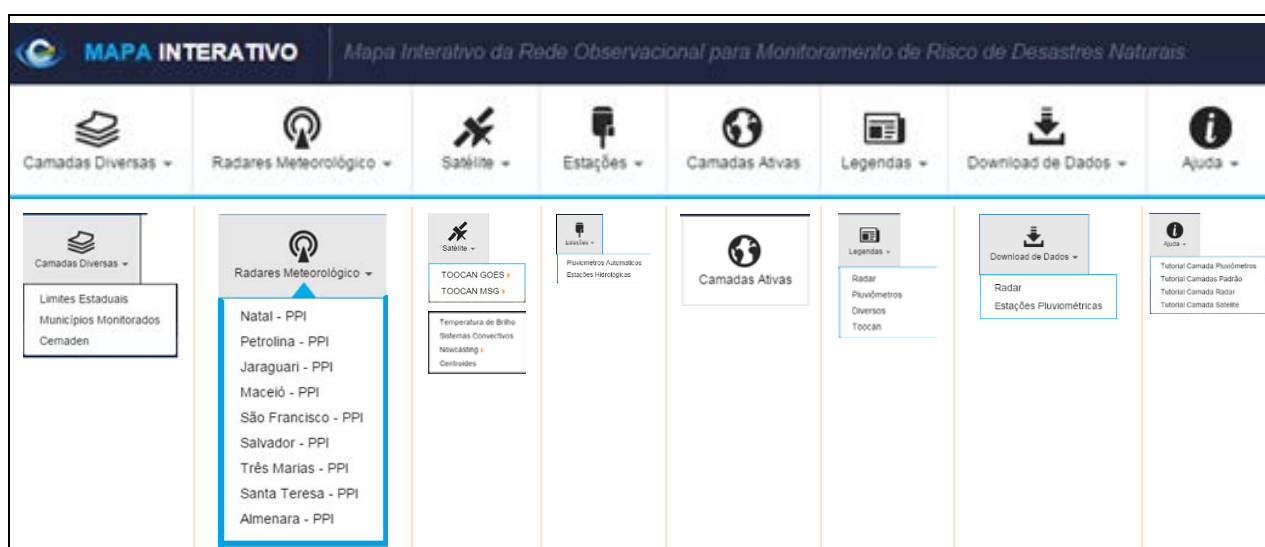


Figura 68: Detalhes do menu de camadas do Mapa Interativo.

#### 4.3.2.2 Radares meteorológicos

Uma vez acessada a camada Radar Meteorológico é possível selecionar as informações referentes a cada um dos radares da rede Cemaden. Atualmente, o Cemaden já possui nove radares instalados, sendo prevista a instalação de mais doze nos próximos anos (Tabela 12).

Tabela 12: Relação de radares meteorológicos do Cemaden.

Região	Município/Estado	Sigla	Status	
			Operacional	Previsto
Norte	-	-	-	-
Nordeste	Teresina (PI)	-	-	X
	Natal (RN)	NT1	X	-

	Imperatriz (MA)	-	-	X
	Patos (PB)	-	-	X
	Petrolina (PE)	PE1	X	-
	Maceió (AL)	MC1	X	-
	Bom Jesus (PI)	-	-	X
	Salvador (BA)	SV1	X	-
	Lençóis (BA)	-	-	X
	Luís Eduardo Magalhães (BA)	-	-	X
Centro-Oeste	Jaraguari (MS)	JG1	X	-
Sudeste	Almenara (MG)	AN1	X	-
	São Francisco (MG)	SF1	X	-
	Três Marias (MG)	TM1	X	-
	Santa Teresa (ES)	ST1	X	-
	Prata (MG)	-	-	X
	São Carlos (SP)	-	-	X
	São José dos Campos (SP)	-	-	X
Sul	Iporanga (SP)	-	-	
	Chapecó (SC)	-	-	X
	Porto Alegre (RS)	-	-	X

Quando se clica sobre um determinado radar meteorológico, é mostrado o seu raio de abrangência, sendo possível verificar se o município de interesse é ou não abrangido pelo referido radar. Além dessa informação, também é mostrada uma legenda na forma de palheta de cores que associa a refletividade do radar à taxa de chuva estimada para as localidades abrangidas.

No momento, somente os radares localizados nos municípios de Natal, Petrolina, Maceió e São Francisco contam com círculos concêntricos indicativos de distância (de 20 em 20 km), no Mapa Interativo.

A atualização das imagens do radar não é imediata; ao clicar sobre o radar desejado, deve-se aguardar até cerca de 5 minutos para que a atualização se complete.

Com as informações do radar meteorológico é possível acompanhar os sistemas atmosféricos que estão se dirigindo e ou atuando sobre o município monitorado.

#### 4.3.2.3 Satélite

O ícone de seleção dos produtos de satélite dá acesso aos dados dos seguintes satélites:

- GOES (do inglês, *Geostationary Operational Environmental Satellite*), da Administração Oceânica e Atmosférica Nacional dos Estados Unidos (NOAA);
- MSG (do inglês, *Meteosat Second Generation*), da Agência Espacial Europeia (ESA).

Os produtos do TOOCAN (Tracking of Organized Convection Algorithm using a tridimensional segmentation) podem ser gerados a partir da imagem infravermelha dos satélites GOES ou do MSG. Este algoritmo tem como objetivo identificar, rastrear e prever em três dimensões as células precipitantes. Assim, o algoritmo realiza a separação entre a parte convectiva e a estratiforme dos sistemas convectivos de mesoescala (MCS) e utiliza um modelo linear de crescimento e de dissipação destes núcleos, exibindo a evolução simétrica das superfícies de nuvens frias dos MCS. Este algoritmo e as imagens infravermelhas dos satélites têm garantido a prévia detecção dos sistemas convectivos no estágio inicial (crescimento) e, posteriormente, dos estágios de dissipação (Fiolleau e Roca, 2013).

São disponíveis os seguintes produtos TOOCAN:

- Temperatura de brilho:** A temperatura do topo das nuvens mais frias é realçada, sendo representados apenas os topos mais frios, os quais normalmente estão associados a núcleos convectivos. A temperatura dos topos, mostrada na legenda, varia entre 190 a

235 K. Para converter a temperatura de Kelvin para graus Celsius, deve-se subtrair 273 do valor original em Kelvin;

- b) **Sistema convectivo:** A partir de um limiar de temperatura de brilho previamente escolhido, é determinado o número de núcleos convectivos detectados pela segmentação do TOOCAN (indicados em diferentes cores), os seus centroides (apresentados em preto) e a direção para a que esses núcleos se deslocam;
- c) **Previsão de chuva de curtíssimo prazo (de 30, 60, 90 e 120 minutos):** opções para a análise da tendência de crescimento ou de dissipação dos núcleos convectivos detectados, bem como de sua direção;
- d) **Centroides:** apresentam informações sobre os núcleos convectivos detectados, tais como tamanho (km<sup>2</sup>), tamanho do núcleo frio (km<sup>2</sup>), temperatura mínima (K), duração (h), taxa de evolução (km<sup>2</sup>/h), velocidade (m/s), latitude, longitude e fração convectiva (%).

#### 4.3.2.4 Estações

O ícone Estações, do Menu de Camadas, permite acesso aos dados dos pluviômetros automáticos e das estações hidrológicas.

O pluviômetro automático é um equipamento usado para recolher, medir e transmitir automaticamente a informação sobre a quantidade de chuva precipitada durante um determinado tempo em um determinado local.

A estação hidrológica tem como finalidade medir o nível da água em um determinado ponto de um rio, bem como medir a quantidade de chuva ali precipitada. Ambas as informações são igualmente transmitidas de modo automático para o Cemaden.

Ambos os equipamentos, pluviômetro automático e estação hidrológica, estão cada qual associados a uma Plataforma de Coleta de Dados (PCD).

##### 4.3.2.4.1 Pluviômetros automáticos

Ao acessar a camada “Pluviômetros Automáticos”, a localização dos pluviômetros disponíveis é mostrada para todo o Brasil, bem como suas respectivas taxas de chuva acumulada nas últimas 24 horas. Da mesma forma, a legenda relativa à pluviometria é mostrada, com os valores das faixas de chuva associados à escala de cores (**Figura 69**).

Para melhor visualizar o município desejado, às vezes, é necessário ampliar ou diminuir a escala do Mapa Interativo. Isto se faz com o auxílio de um *box* contendo os ícones para ampliação do *zoom* (*zoom in*), diminuição do *zoom* (*zoom out*) e para carregamento da escala inicial do Mapa Interativo (**Figura 70**).



**Figura 69:** Legenda da camada pluviômetro automático.

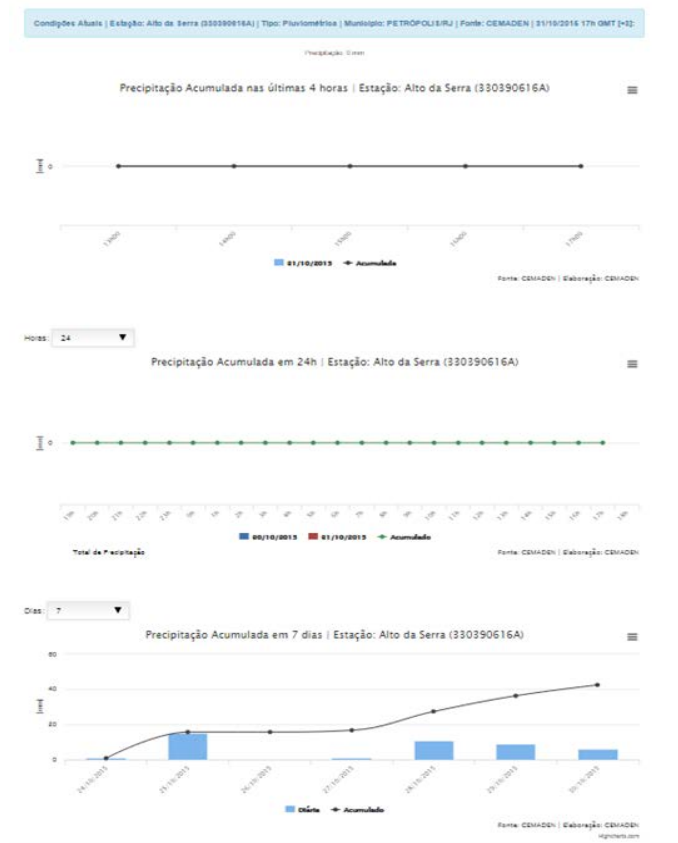


**Figura 600:** Ferramentas de zoom.

No Mapa Interativo, ao clicar-se sobre uma determinada estação, abrir-se-á uma nova aba com os dados de chuva acumulada para a estação selecionada, incluindo:

- a) Gráfico de chuva acumulada nas últimas 4 horas (mm/10 minutos);
- b) Gráfico de chuva acumulada nas últimas 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66, 72, 78, 84, 90 ou 96 horas (mm/hora);
- c) Gráfico de chuva acumulada nos últimos 7, 14, 21, 28 ou 35 dias (mm/dia);
- d) Tabela de chuva acumulada nos últimos 10 minutos, e 1, 6, 24, 72 e 96 horas.

Na **Figura 71a** estão mostrados os gráficos para a estação de Alto da Serra, do município de Petrópolis/RJ, enquanto que na **Figura 71b** está apresentada a tabela de chuva acumulada para todos os pluviômetros do município de Petrópolis/RJ. Ainda pelos dados da **Figura 71b**, é possível checar dados de estações próximas, bem como distinguir aquelas que no momento não estão temporariamente enviando dados, pois requerem manutenção.



(a)

UF	Cidade Petrópolis	Nome	Data	Último	1	6	24	72	96	Nível de Acumulado (mm/24h)	Gráficas	Tabela
RJ	PETRÓPOLIS	Estação do Brejal	03/09/15 16:00	0								
RJ	PETRÓPOLIS	Cometas										
RJ	PETRÓPOLIS	Estrada do Cantagato	19/12/15 17:00	0				0	0,63			
RJ	PETRÓPOLIS	Vale do Cuatã2	19/12/15 19:00	0				0	0			
RJ	PETRÓPOLIS	Saltinha Mineiro	05/12/14 12:10	0,4								
RJ	PETRÓPOLIS	Independência2	09/09/15 17:00	0								
RJ	PETRÓPOLIS	Estrada Petrópolis/Teresópolis	22/12/15 05:00	0	0	19,85	55,09	55,89				
RJ	PETRÓPOLIS	Moin	22/12/15 05:00	0		5,2	30,66	30,66				
RJ	PETRÓPOLIS	Vale do Cuatã	22/12/15 06:00	0	0	0	2,57	26,61	26,61			
RJ	PETRÓPOLIS	Independência	22/12/15 06:00	0	0	0	2,17	6,72	6,72			
RJ	PETRÓPOLIS	Rua Passara/Quitandinha	22/12/15 06:00	0	0	0	1,58	6,91	6,91			
RJ	PETRÓPOLIS	Rua Assunção/Quitandinha	22/12/15 05:20	0		0,99	1,19	6,39	6,79			
RJ	PETRÓPOLIS	Vila Condição	22/12/15 06:00	0	0	0	0,6	25,63	25,63			
RJ	PETRÓPOLIS	Alto da Serra	22/12/15 06:00	0	0	0,2	0,4	7,69	7,69			
RJ	PETRÓPOLIS	Moseta	22/12/15 06:00	0	0	0,2	0,2	23,64	23,64			
RJ	PETRÓPOLIS	Itaipua2	22/12/15 06:00	0	0	0	0	40,67	40,67			
RJ	PETRÓPOLIS	Rua Amazonas/Quitandinha	22/12/15 06:00	0	0	0	0	0	0			
RJ	PETRÓPOLIS	Areias	22/12/15 06:00	0	0	0	0	58,43	58,43			
RJ	PETRÓPOLIS	Itaipava	21/12/15 15:00	0				58,54	58,54			
RJ	PETRÓPOLIS	CIEP Bezelão137	22/12/15 06:00	0	0	0	0	30,49	30,49			
RJ	PETRÓPOLIS	Pedro do Rio	22/12/15 06:00	0	0	0	0	10,04	10,04			
RJ	PETRÓPOLIS	Alto da Serra	22/12/15 05:00	0				10,04	10,04			
RJ	PETRÓPOLIS	Estrada da Cachoeira	22/12/15 06:00	0	0	0	0	21,15	21,15			
RJ	PETRÓPOLIS	Areias 2	22/12/15 06:00	0	0	0	0	57,57	57,77			
RJ	PETRÓPOLIS	CIEP Siciliano 261	22/12/15 06:00	0	0	0	0	2,16	2,16			
RJ	PETRÓPOLIS	Vila Rica	22/12/15 06:00	0	0	0	0	25,85	25,85			
RJ	PETRÓPOLIS	Nogueira	22/12/15 06:00	0	0	0	0	49,93	49,93			

(b)

Figura 71: Chuva acumulada de pluviômetros do município de Petrópolis, RJ.

#### 4.3.2.4.2 Estações hidrológicas

Ao acessar a camada “Estações hidrológicas”, a localização das estações hidrológicas é mostrada para todo o Brasil, bem como suas respectivas taxas de chuva acumulada nas últimas 24 horas. Da mesma forma, a legenda relativa à pluviometria é mostrada, com os valores das faixas de chuva associados à escala de cores (Figura 72). As opções de zoom (Figura 73) são igualmente aplicáveis.

Clicando sobre a estação hidrológica desejada, será apresentada uma nova aba, com os seguintes conteúdos:

- Gráfico da chuva acumulada nas últimas horas (1, 3, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 72, 84 ou 96) (**Figura 72**);
- Gráfico do nível de água no curso d'água nas últimas horas (1, 3, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 72, 84 ou 96) (**Figura 73**);
- Imagens do leito do rio a montante da estação (**Figura 73**). Na maioria das vezes, nestas imagens, também se pode distinguir a margem do curso d'água.



**Figura 72:** (a) Chuva acumulada nas últimas 24 horas, e (b) nível do rio nas últimas 24 h, na estação hidrológica de Rio Negrinho, SC.



**Figura73:** Foto da câmara da estação hidrológica de Rio Negrinho, SC.

Os dados de nível d'água no rio e a foto são atualizados a intervalos de 10 em minutos (enquanto persistir a chuva continua) ou de hora em hora (caso ocorra o fim da chuva). A foto tem como finalidade auxiliar o monitoramento das margens do rio e permitir a visualização da onda de propagação de cheia passando pela estação hidrológica.

#### 4.3.2.5 Camadas Ativas

O ícone “camadas ativas” é acionado somente quando se deseja exibir a relação das camadas que estão ativas (sendo visualizadas) no momento. A partir deste *menu*, pode-se efetuar a desativação de camadas que não tenham utilidade na busca de dados para o município de interesse e ou que não estejam em uso no momento, as quais, por consequência, deixarão de serem exibidas no Mapa Interativo, até posterior ativação.

#### 4.3.2.6 Legendas

A a partir do menu de camada das “Legendas” pode-se acessar as legendas referentes ao radar meteorológico, estações (pluviômetros), satélite (Toocan), além da legenda das camadas diversas (**Figura 74**).



**Figura 74:** Camadas da aba Legenda.

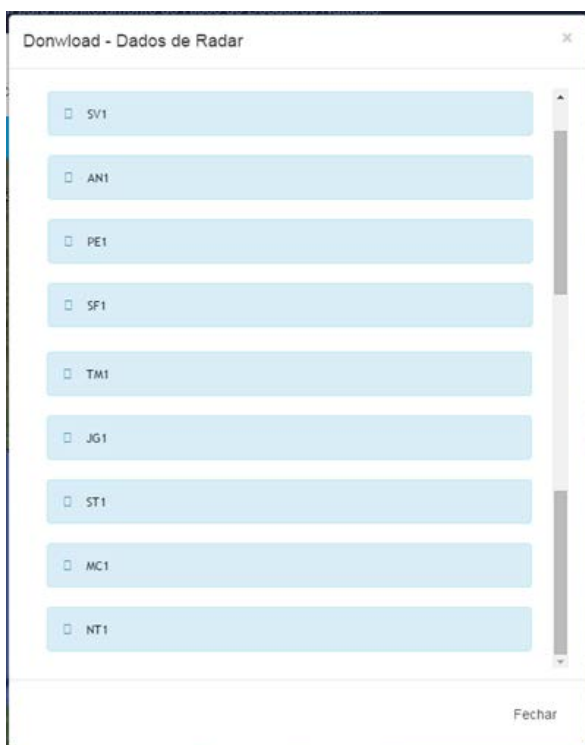
#### 4.3.2.7 Downloads de Dados

Por meio da camada de “Downloads de dados” pode-se obter os arquivos de dados dos pluviômetros automáticos e dos radares meteorológicos do Cemaden.

- a) No caso dos dados de radar, ao acionar o ícone radar, abre-se uma nova caixa de diálogo na qual é necessário indicar a sigla do radar desejado (**Figura 75**);
- b) Para os dados de pluviômetros, por sua vez, um conjunto de informações deve ser fornecido para que a coleta seja efetuada (**Figura 76**); são elas: (i) estado; (ii) mês; (iii) ano; (iv) nome do solicitante; (v) endereço eletrônico do solicitante. Depois de digitado corretamente o código alfanumérico informado e acionado o ícone “download”, uma mensagem eletrônica será transmitida ao solicitante com o *link* para acesso aos dados solicitados.

Cabe ainda comentar que, não para fins de monitoramento, mas de pesquisa científica, os dados podem ainda ser obtidos de instituições parceiras por intermédio dos WebServices (WS) desenvolvidos para disponibilização dos dados da rede de Plataformas de Coletas de Dados (PCDs) do Cemaden e redes parceiras (**Quadros 17 a 26**). Trata-se de uma forma mais simples e prática, na qual o usuário cadastrado efetua a busca e obtém o dado diretamente a partir da linha de comando do seu software preferido de navegação na rede mundial de computadores (tais como o *Internet Explorer* ou o *Google Chrome*).





**Figura 75:** Tela de opções de radares disponíveis para downloads de dados.



**Figura 76:** Tela de informações para downloads de dados de pluviômetro.

#### 4.1.2.8 Ajuda

Neste menu de camada, o usuário poderá acessar vários tutoriais de como usar as camadas padrão, radar, satélite e pluviômetros (estações).

Cada um dos tutoriais trata-se de animações que abordam de modo rápido os tópicos chave para o uso das principais funcionalidades do Mapa Interativo.

#### 4.3.3 Uso Mapa Interativo pela Defesa Civil

Para o monitoramento de chuva, os meteorologistas utilizam várias ferramentas disponíveis, de forma a realizar a correta identificação de fenômenos meteorológicos atuantes em uma dada região do País. Várias destas ferramentas são acessíveis por intermédio do Mapa Interativo, porém, outras devem ser acessadas de modo externo, como é o caso dos modelos de previsão de tempo e os sistemas de monitoramento de descargas atmosféricas (a maior parte dos quais de acesso gratuito), conforme discussão a seguir.

A previsão numérica de tempo realizada pelo modelo regional ETA, do CPTEC/INPE, é utilizada como base para saber qual sistema atmosférico está atuando, como Sistemas Frontais, Zonas de Convergência, áreas de baixa ou de alta pressão, entre outros. Modelos globais similares como o COSMO (Consortium for Small-Scale Modeling), utilizado pelo INMET, e o GFS (Global Forecast System), do National Centers for Environmental Prediction (NCEP), também são utilizados (Quadro 27).

Item	Descrição
Webservice	Identificação do tipo de Webservice para a consulta ( <b>Quadro 18</b> )
Chave	Chave de acesso para identificação do usuário
Início	Início do período a ser consultado (no formato AAAAMDDHHMM)
Fim	Fim do período a ser consultado (no formato AAAAMDDHHMM)
Rede	Identificação da rede ( <b>Quadro 19</b> )
Município	Código do IBGE para identificação do município
UF	Unidade Federativa referente à localização das PCDs (letras maiúsculas)
Tipo_PCD	Identificação do tipo da estação (PCD) que se deseja consultar ( <b>Quadro 20</b> )
Sensor	Identificação do sensor caso se deseje consultar valores de um sensor específico ( <b>Quadro 21 a 25</b> )
Exemplos de Busca	http://150.163.255.246:19393/dados_rede?chave=21004eaf21c8b109d23cdba014aef00037da8&rede=11&inicio=201412050000&fim=201412051000&uf=SP
	http://150.163.255.246:19393/dados_rede?chave=21004eaf21c8b109d23cdba014aef00037da8&rede=11&inicio=201412050000&fim=201412050500&uf=MG&tipo_pcd=1
	http://150.163.255.246:19393/dados_pcd?chave=21004eaf21c8b109d23cdba014aef00037da8&rede=11&inicio=201412050000&fim=201412050500&codigo=310620013A

**Quadro 18:** Dados para montagem de busca de dados via Webservice.

ID	Tipo de Consulta	Máximo Período para Consulta
PCD	Uma PCD das redes parceiras (http://150.163.255.246:19393/dados_pcd)	31 dias
Rede	Todas as PCDs das redes parceiras (http://150.163.255.246:19393/dados_rede)	24 horas

**Quadro 19:** Tipo de Webservice.

ID	Instituição	Sigla
3	Instituto Nacional de Meteorologia	INMET
9	Instituto Estadual do Ambiente	INEA
10	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos	CEARA/FUNCEME
11	Cemaden	Cemaden
12	SIMEPAR	SIMEPAR

**Quadro 20:** Redes parceiras.

ID	Descrição	ID	Descrição
1	Pluviométrica	6	Telemétrica
2	Meteorológica	7	Pesquisa
3	Hidrológica	8	Hidrometeorológica
4	Agrometeorológica	9	Fluviométrica
5	Acqua		

**Quadro 21:** Tipos de estação a ser investigada.

ID Sensor	Descrição	Frequência	ID Sensor	Descrição	Frequência
10	chuva	Horária	130	tempo_seco_min	Horária
40	bateria	Horária	140	tempo_seco_max	Horária
50	temperatura_interna	Horária	150	pressao_atmosferica	Horária
60	temperatura_ar	Horária	160	pressao_atmosferica_max	Horária
70	temperatura_ar_max	Horária	170	pressao_atmosferica_min	Horária
80	temperatura_ar_min	Horária	180	velocidade_vento	Horária
90	umidade_relativa	Horária	190	direcao_vento	Horária
100	umidade_relativa_max	Horária	200	velocidade_vento_max	Horária
110	umidade_relativa_min	Horária	210	radiacao_solar	Horária
120	tempo_seco	Horária			

**Quadro 22:** Sensores da Rede INMET.

ID Sensor	Descrição	Frequência
10	chuva	15 min
20	nível	15 min

**Quadro 23:** Sensores da Rede INEA.

ID Sensor	Descrição	Frequência
10	Chuva	Diária

**Quadro 24:** Sensores da Rede Funceme.

ID Sensor	Descrição	Frequência
10	Chuva	Horária

**Quadro 25:** Sensores da Rede Simepar.

ID Sensor	Descrição	Frequência	Tipo de Estação			
			Pluviométrica	Hidrológica	Agrometeorológica	Acqua
10	chuva	H*				
20	nível	H				
60	temperatura_ar	H				
90	umidade_relativa	H				
180	velocidade_vento	H				
190	direcao_vento	H				
210	radiacao_solar	H				
240	intensidade_precipitacao	H*				
260	nivel_min	H				
270	nivel_max	H				
280	saldo_radiacao	H				
290	temperatura_solo_nivel1	H				
300	temperatura_solo_nivel2	H				
310	temperatura_solo_nivel3	H				
320	temperatura_solo_nivel4	H				
330	umidade_solo_nivel1	H				
340	umidade_solo_nivel2	H				
350	umidade_solo_nivel3	H				
360	umidade_solo_nivel4	H				
370	temperatura_ar_max	D				
380	temperatura_ar_min	D				
390	umidade_relativa_max	D				
400	umidade_relativa_min	D				
410	velocidade_vento_max	D				
420	direcao_vento_na_velocidade_max	D				
430	direcao_vento_predominante	D				
440	temperatura_solo_nivel1_max	D				
450	temperatura_solo_nivel1_min	D				
460	temperatura_solo_nivel2_max	D				
470	temperatura_solo_nivel2_min	D				
480	temperatura_solo_nivel3_max	D				
490	temperatura_solo_nivel3_min	D				
500	temperatura_solo_nivel4_max	D				
510	temperatura_solo_nivel4_min	D				
520	umidade_solo_nivel1_max	D				
530	umidade_solo_nivel1_min	D				
540	umidade_solo_nivel2_max	D				
550	umidade_solo_nivel2_min	D				
560	umidade_solo_nivel3_max	D				
570	umidade_solo_nivel3_min	D				
580	umidade_solo_nivel4_max	D				
590	umidade_solo_nivel4_min	D				
600	precipitacao_acumulada	D				

Legenda: H - Horária  
D - Diária  
H\* - Horária quando não está chovendo, caso contrário, a cada 10 min

**Quadro 26:** Sensores da Rede Cemaden.

Instituição	Endereço na Rede Mundial de Computadores
ETA/CPTEC/INPE	<a href="http://previsaonumerica.cptec.inpe.br/golMapWeb/DadosPages?id=Eta15">http://previsaonumerica.cptec.inpe.br/golMapWeb/DadosPages?id=Eta15</a>
COSMO/INMET	<a href="http://www.inmet.gov.br/vime/">http://www.inmet.gov.br/vime/</a>
GFS/NCEP	<a href="http://wxmaps.org/pix/sa.vv.html">http://wxmaps.org/pix/sa.vv.html</a>

**Quadro 27:** Modelos de previsão meteorológica.

Orientando-se pelos modelos de previsão do tempo, as imagens de satélite são analisadas, sendo os satélites meteorológicos europeus METEOSAT e norte-americano GOES os mais utilizados (**Quadro 28**). Geralmente, as imagens no canal infravermelho são utilizadas, pois as áreas com topos de nuvens mais frios (cor branca, ou azul escuro e rosa, caso se utilize a imagem realçada) correspondem às áreas mais propensas a chuva e à presença de núcleos convectivos de chuva. As informações das imagens de satélite são muito úteis para decidir onde centralizar a atenção do monitoramento, devido à possibilidade de prévia visualização da banda de nuvens presentes em uma determinada região do Brasil.

Instituição	Endereço na Rede Mundial de Computadores
DSA/CPTEC/INPE	<a href="http://satelite.cptec.inpe.br/home/novoSite/index.jsp">http://satelite.cptec.inpe.br/home/novoSite/index.jsp</a>

**Quadro 28:** Imagens de satélite meteorológico GOES e Meteosat.

Para refinar ainda mais a análise, são utilizados os radares meteorológicos, tanto do Cemaden como de outras instituições tais como AlertaRio, Simepar, USP, UNESP e REDEMET (**Quadro 29**). Pelos radares meteorológicos, é possível visualizar o sinal refletido das gotas de chuva dentro da nuvem. Com isto, é analisada tanto a intensidade da chuva como o tamanho da área precipitante e a velocidade do deslocamento desta área precipitante.

Contudo, há um pequeno atraso desde o sinal ser transmitido pelo radar meteorológico e a informação processada chegar ao usuário. Para suprir este lapso, uma ferramenta muito utilizada como indicativo de tempestades severas é o sistema de monitoramento de descargas atmosféricas (**Quadro 30**). Além das ferramentas citadas no **Quadro 30**, há o produto da *Earth Networks*, que, porém, não é de acesso gratuito.

Localmente, é sempre utilizada a informação dos pluviômetros automáticos, instalados nas mais diversas áreas do País, tanto pelo Cemaden como pelo INMET, Inea, AlertaRio e Funceme. Os endereços destas outras redes estão listados no **Quadro 31**.

Instituição	Endereço na Rede Mundial de Computadores
Simepar	<a href="http://simepar.br/site/internas/conteudo/monitoramento/radar/index.shtml">http://simepar.br/site/internas/conteudo/monitoramento/radar/index.shtml</a>
REDEMET	<a href="http://www.redemet.aer.mil.br/">http://www.redemet.aer.mil.br/</a>
AlertaRio	<a href="http://alertario.rio.rj.gov.br/?page_id=612">http://alertario.rio.rj.gov.br/?page_id=612</a>
USP	<a href="http://www.starnet.iag.usp.br/defesa_civil/radar_sp.php">http://www.starnet.iag.usp.br/defesa_civil/radar_sp.php</a>
UNESP	<a href="http://www.ipmet.unesp.br/index2.php?menu_esq1=&amp;abre=ipmet_html/radar/ppi.php">http://www.ipmet.unesp.br/index2.php?menu_esq1=&amp;abre=ipmet_html/radar/ppi.php</a>

**Quadro 29:** Dados de radar meteorológicos.

Instituição	Endereço
LPMAAT/INPE	<a href="http://www.inpe.br/elat">http://www.inpe.br/elat</a>
DSA/CPTEC/INPE	<a href="http://sigma.cptec.inpe.br/raio/">http://sigma.cptec.inpe.br/raio/</a>

**Quadro 30:** Dados de descargas elétricas.

Instituição	Endereço na Rede Mundial de Computadores
INMET	<a href="http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php">http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php</a>
AlertaRio	<a href="http://www.sistema-alerta-rio.com.br/?page_id=314">http://www.sistema-alerta-rio.com.br/?page_id=314</a>
Epagri/Ciram	<a href="http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=98&amp;Itemid=198">http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=98&amp;Itemid=198</a>
INEA	<a href="http://www.alertadecheias.com.br/chuva/bacia.html">http://www.alertadecheias.com.br/chuva/bacia.html</a>
Funceme	<a href="http://www.funceme.br/app/pcd">http://www.funceme.br/app/pcd</a>

**Quadro 31:** Fontes de dados de chuvas.

Vale ressaltar que todos os produtos do Mapa Interativo foram devidamente desenvolvidos e validados pelas equipes de analistas em desenvolvimento e pesquisadores das áreas de meteorologia e geociências do Cemaden. Estas equipes trabalham igualmente para aprimorá-los, visto que são utilizados diuturnamente pelos operadores do Cemaden.

Assim, uma vez conhecidos os limiares aplicáveis a uma dada área de risco (ver Capítulo 3 deste Manual), os operadores do Cemaden e da Defesa Civil podem usar os produtos descritos neste item 4.3 para monitorar e avaliar a evolução da chuva, decidindo, conforme seja o caso, sobre a necessidade de transmissão de um alerta ou de um alarme.



## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, M. G., HOLCOMBE, E. 2013. **Community-based landslide risk reduction: managing disasters in small steps**. Washington DC: International Bank for Reconstruction and Development /The World Bank. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVLPMAOPMENT/Resources/336387-1369969101352/Holcombe-et-al.pdf>>. Consulta em: 08.01.2016.

ANDERSON, M., HOLCOMBE, E. **Mosaic: community-based landslide risk reduction**. Disponível em <[www.youtube.com/watch?v=vEXBlwIx--A](http://www.youtube.com/watch?v=vEXBlwIx--A)>. Consulta em: 08.01.2016.

ANDERSON, M., HOLCOMBE, E., FLORY, R., RENAUD, J. P. 2008. Implementing low-cost landslide risk reduction: a pilot study in unplanned housing areas of the Caribbean. **Natural Hazards**, v.47, p.297-315.

MATOZINHOS, R. 2014. **NBR 15575 Edificações habitacionais - Desempenho**. 144p. Disponível em: <<http://abesc.org.br/wp-content/uploads/2016/07/nbr-15575-edif%3%8dcios-habitacionais-desempenho.pdf>>. Consulta em: 02.08.2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL. **Sistema de Comando em Operações - Guia de Campo**. Oliveira, Marcos de. Org. 61p. Disponível em: <[www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2014/09/Guia-Sistema-de-Comando-em-Opera%C3%A7%C3%B5es.pdf](http://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2014/09/Guia-Sistema-de-Comando-em-Opera%C3%A7%C3%B5es.pdf)>. Consulta em: 08.01.2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Organizadores: Celso Santos Carvalho, C. S.; Macedo, E. S.; Ogura, A. T. Brasília: MCID /IPT, 2007. 176p.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. Resolução Contran 210 de 13 de novembro de 2006. Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.denatran.gov.br/download/resolucoes/resolucao\\_210.rtf](http://www.denatran.gov.br/download/resolucoes/resolucao_210.rtf)>. Consulta em: 08.07.2017.

CORSINI, R. 2010. Trinca ou fissura? **Techne**, v. 160, Julho/2010. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>>. Consulta em: 08.01.2016.

FIOLLEAU, T.; ROCA, R. An algorithm for the detection and tracking of tropical mesoscale convective systems using infrared images from geostationary satellite. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 51: 4302-4315, 2013.

GARCIA, C.; FEARNLEY, C. Evaluating critical links in early warning systems for natural hazards. **Environmental Hazards**, 11:2. 123-137, 2012.

HAYKIN, S. **Neural Networks and Learning Machines**. Ney Jersey: Pearson, 2009. 938p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Ocupação de encostas**. Coordenação: Cunha, M. A. São Paulo: IPT, 1991. 216p.

INTRIERI, E.; GIGLI, G.; CASAGLI, N.; NADIM, F. *Landslide Early Warning System: toolbox and general concepts*. **Natural Hazards Earth System. Sci.**, 13, 85-90, 2013.

LIMA, D. S., SORENSEN, R. O. D. **Formação de Núcleos Comunitários de Defesa Civil (NUDECs)**. CARE Brasil 2012. 1ª edição. 82p. Disponível em: <[www.care.org.br/wp-content/uploads/2010/08/MANUAL\\_FormacaoNUDECs\\_CAREBrasil\\_FINAL.pdf](http://www.care.org.br/wp-content/uploads/2010/08/MANUAL_FormacaoNUDECs_CAREBrasil_FINAL.pdf)>. Consulta em: 08.01.2016.

Manual for Preparation of Early Warning and Evacuation System for Banjir Bandang. *PSN xx:2012*. 66p. Disponível em: <[www.jica.go.jp/project/english/indonesia/0800040/materials/pdf/outputs\\_12\\_01.pdf](http://www.jica.go.jp/project/english/indonesia/0800040/materials/pdf/outputs_12_01.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2014.

MASKREY, A. *Early Warning Programme National and Local Capabilities for Early Warning* International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR). Genebra, 1997, 33p.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). 2017. **What's the difference between weather and climate?** Disponível em: <[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/noaa-n/climate/climate\\_weather.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/noaa-n/climate/climate_weather.html)>. Acesso em: 13 jan. 2017.

OLIVEIRA, A. M. Assoreamento. In: **Curso de Geologia aplicado ao meio ambiente**. São Paulo. ABGE/IPT, 1995.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD - OPAS. **Gestión de la información y comunicación en emergencias y desastres: Guía para equipos de respuesta**. Washington, 140p. 2009.

OSANAI, N.; SHIMIZU, T.; KURAMOTO, K.; KOJIMA, S.; NORO, T.; *Japanese early-warning for debris flows and slope failures using rainfall indices with Radial Basis Function Network*. In: **Landslides**, September 2010, V.7, Issue 3, pp 325-338.

REIS, F. A. G. V. 2001. **Curso de geologia ambiental via internet**. Unesp/ICGE. Disponível em: <[www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/](http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/)>. Consulta em: 03.08.2017.

SALIBA JUNIOR, C. C. (2006). Trincas nas edificações. **Revista Obras on Line**, Jun-2006, p. 22-24. Disponível em: <[www.ibapemg.com.br/arquivos/download/15\\_arquivo.pdf](http://www.ibapemg.com.br/arquivos/download/15_arquivo.pdf)>. Consulta em: 08.01.2016.

SCAIONI, M. **Modern technologies for landslide monitoring and prediction**. Springer - Verlag Editors. Berlim Heidelberg, 2015.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Comunidade mais segura: Mudando hábitos e reduzindo os riscos de movimentos de massa e inundações**. Coordenação: Pimentel, J. Rio de Janeiro: CPRM, 2012. 27p.

THOMAS, E. **Trincas em edifícios - Causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, EPUSP, IPT, 1989. 194p.

CERRI, L. E. S. 1993. **Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes**. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP, Rio Claro. 197p.

UNITED NATIONS. United Nations Office for Disaster Risk Reduction - Regional Office for the Americas - UNISDR-AM. **The 'silent disaster of local losses'**. Panamá, 2013. Disponível em: <[www.unisdr.org/archive/35664](http://www.unisdr.org/archive/35664)>. Acesso em: 10 jan. 2014.

UNITED STATE GEOLOGICAL SURVEY - USGS. **Landslides preparedness**. Disponível em: <<http://landslides.usgs.gov/learn/prepare.php>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. **Mobilização comunitária para a redução de riscos de desastres**. Furtado, J. R. - Org. Florianópolis: CEPED UFSC, 2015. 86p. Disponível em: <[www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2015/12/Guia-de-Mobilizacao-Vers%C3%A3o-final.pdf](http://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2015/12/Guia-de-Mobilizacao-Vers%C3%A3o-final.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR. UNITED STATES GEOLOGICAL. 2004. **Landslide types and processes**. Survey Fact Sheet 2004-3072. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

WATANABE, R. M. 2010. **Trinca, fissura, rachadura, fenda?** Disponível em: <<http://www.ebanataw.com.br/roberto/trincas/index.php>>. Consulta em: 08.01.2016.

WEICHSPLMAGARTNER, J.; PIGEON, P. The role of knowledge in disaster risk reduction. **International Journal Disaster Risk Science**. 107-116, 2015.



## **ANEXOS**

**Anexo 1: Formulário para Coleta de Dados de Eventos Tipo 1 - Quedas, Tombamentos e Rolamentos de Blocos ou de Lascas de Rocha) e de Eventos Tipo 2 (Deslizamentos planares ou Deslizamentos rotacionais)**

**Anexo 2: Formulário para Coleta de Dados de Eventos Tipo 3 - Fluxo de detritos**

**Anexo 3: Indícios precursoros de eventos.**

**Anexo 4: Modelo de alerta.**

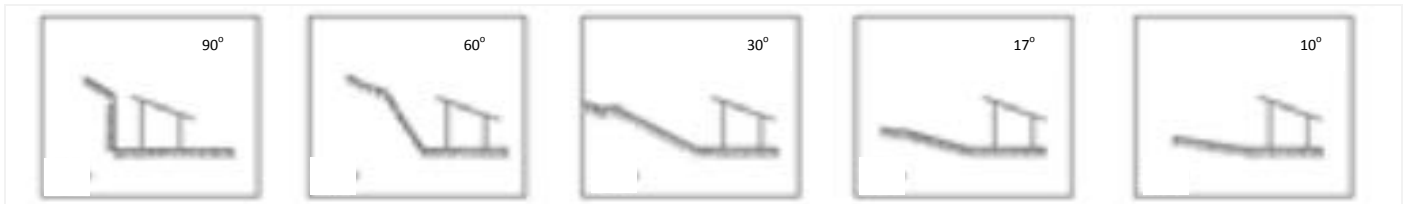
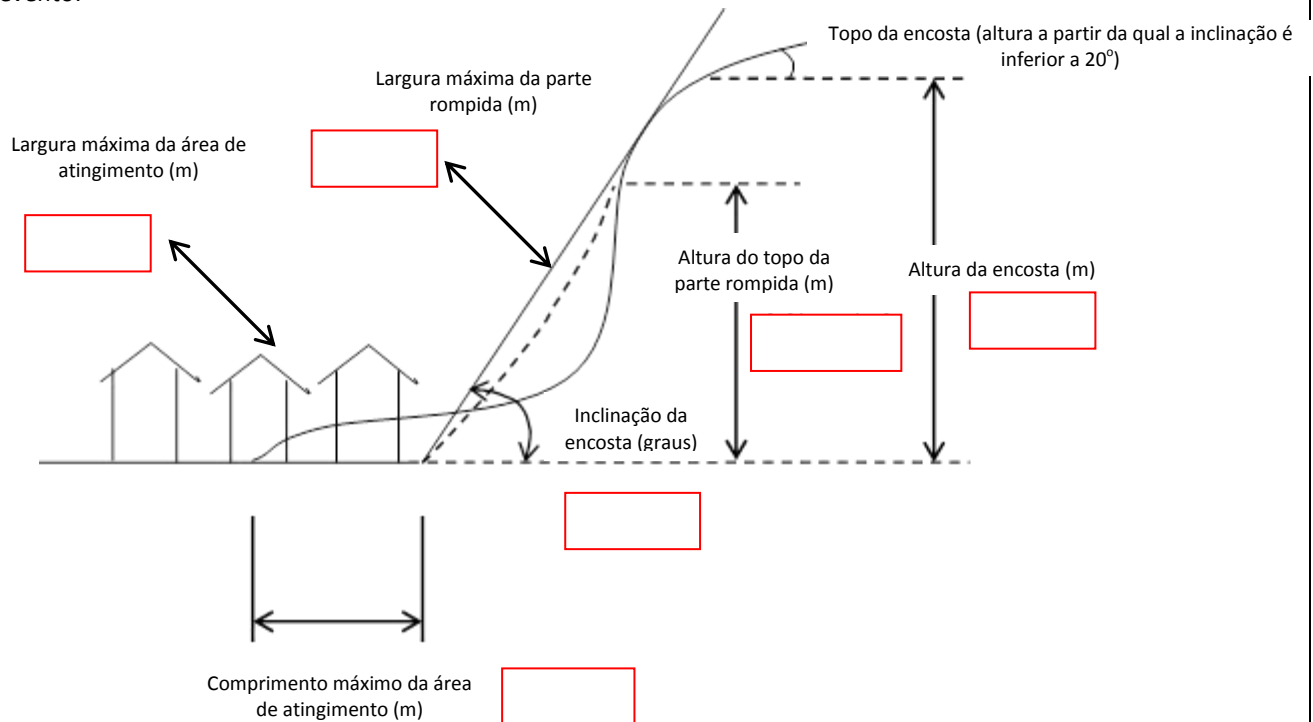
**ANEXO 1: FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DE EVENTOS TIPO 1 - QUEDAS, TOMBAMENTOS E ROLAMENTOS DE BLOCOS OU DE LASCAS DE ROCHA) E DE EVENTOS TIPO 2 (DESLIZAMENTOS PLANARES OU DESLIZAMENTOS ROTACIONAIS)**

<b>Nome do Município:</b>		Data do Relatório: ...../...../.....		
Dados do evento	Indique o tipo de evento, assinalando somente um dos tipos abaixo: ( ) <b>TIPO 1</b> - Quedas, tombamentos e rolamentos de blocos ou de lascas de rocha ( ) <b>TIPO 2</b> - Deslizamento planar ou Deslizamento rotacional			
	Local do evento (endereço completo): .....			
	Coordenadas: Latitude: ..... Longitude: .....			
	Ordem de predominância do material movimentado ( ) Solo ( ) Rocha ( ) Troncos ou árvores ( ) Entulhos ( ) Outros (0 - Ausente. 1 - Menor. 5 - Maior.)			
	Área fonte dos materiais movimentados: ( ) Base da encosta ( ) Meia encosta ( ) Topo da encosta			
Data do evento: ...../...../.....		Horário do evento: .....h:..... minutos		
Dados da Porção Afetada da Encosta	<b>Situação 1 - Encosta Natural</b> ( ) Mata ( ) Vegetação rasteira ( ) Outros		<b>Situação 2 - Encosta Antropizada</b> ( ) Corte ( ) Aterro ( ) Lixo ( ) Obras de contenção	
	Há registro de desastre anterior nesta encosta?		( ) Não. ( ) Sim. Data: ...../...../..... ( ) Fonte documentada. ( ) Informação verbal.	
Descrição dos Danos Materiais	Nº de edificações residenciais + não residenciais destruídas (Parcialmente/Totalmente destruídas)			
	Posição das edificações destruídas	Padrão construtivo das edificações destruídas		
		Alvenaria	Misto	Madeira
	Topo da Encosta	/	/	/
	Meio da Encosta	/	/	/
	Base da Encosta	/	/	/
Descrição adicional: (danos materiais não expressos acima, tais como: danos a rodovias, pontes, redes de água, redes de esgoto etc.): .....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
Descrição de Perdas Humanas	Números de Pessoas Afetadas			
	Mortos: .....		Desaparecidos: .....	
	Feridos: .....		Desabrigados: .....	
	Quantidade total de mortos + desaparecidos: em edificações residenciais e não residenciais		Quantidade total de mortos + desaparecidos: portadores de necessidades especiais	
	( ) Dentro da edificação (Andar: .....)		( ) Pessoas portadoras de necessidades especiais	
	( ) Fora da edificação		( ) Pessoas não portadoras de necessidades especiais	
	Nº de mortos + desaparecidos (Edificações Residenciais + Não Residenciais)			
	Posição das edificações destruídas	Padrão etário dos mortos + desaparecidos		
Crianças (0 > idade ≥ 12)		Jovens (12 > idade ≥ 24)	Adultos (24 > idade ≥ 60)	Idosos (Idade > 60)
Topo da Encosta				
Meio da Encosta				
Base da Encosta				
Descrição adicional: (perdas humanas não expressas acima) .....				
.....				
.....				
.....				
.....				

Deve ser preenchido um relatório para cada evento, conforme a disponibilidade de informações e entendimento do município.

Página 1/2

Dados do evento:



**Referência para o ângulo de inclinação de encosta (medido com a horizontal)**

Foto - Panorâmica da área fonte e de atingimento

Foto - Detalhe da área fonte

Foto - Detalhe da área de atingimento

Foto - Detalhe de indício precursor

Inserir fotos representativas de cada cenário. Caso existam mais fotos representativas, favor anexá-las ao formulário.

Deve ser preenchido um relatório para cada evento, conforme a disponibilidade de informações e entendimento do município.

Página 2/2

**ANEXO 2: FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS DE EVENTOS TIPO 3 - FLUXO DE DETRITOS**

<b>Nome do Município:</b>		Data do Relatório: ...../...../.....			
Dados do evento	Tipo de movimentos de massa: <b>TIPO 3</b> - Fluxo de detritos.				
	Local do evento (endereço completo): .....				
	Nome do curso d'água: .....				
	Coordenadas: Latitude: .....				
	Longitude: .....				
	Ordem de predominância do material movimentado ( ) Solo ( ) Rocha ( ) Troncos ou árvores ( ) Entulhos ( ) Outros (0 - Ausente. 1 - Menor. 5 - Maior.)				
Área fonte dos materiais movimentados: ( ) Base da encosta ( ) Meia encosta ( ) Topo da encosta					
Data do evento: ...../...../.....		Horário do evento: .....h:..... minutos			
Dados do curso d'água afetado	Largura média do curso d'água: ..... metros				
	( ) Curso d'água natural ( ) Curso d'água retificado ( ) Curso d'água canalizado				
	( ) Vale próximo à encosta ( ) Vale distante da encosta				
Há registro de desastre anterior neste vale?		( ) Não. ( ) Sim. Data: ...../...../..... ( ) Fonte documentada. ( ) Informação verbal.			
Descrição dos Danos Materiais	Nº de edificações residenciais + não residenciais destruídas (Parcialmente/Totalmente destruídas)				
	Posição das edificações destruídas	Padrão construtivo das edificações destruídas			
		Alvenaria	Misto	Madeira	
	Edificações na encosta	/	/	≤/	
	Edificações no vale	/	/	/	
	Descrição adicional: (danos materiais não expressos acima, tais como: danos a rodovias, pontes, redes de água, redes de esgoto etc.): .....				
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
.....					
Descrição de Perdas Humanas	Números de Pessoas Afetadas				
	Mortos: ..... Desaparecidos: .....		Mortos: ..... Desaparecidos: .....		
	Quantidade total de mortos + desaparecidos: em edificações residenciais e não residenciais ( ) Na edificação (Andar: .....) ( ) Fora da edificação		Quantidade total de mortos + desaparecidos: portadores de necessidades especiais ( ) Pessoas portadoras de necessidades especiais ( ) Pessoas não portadoras de necessidades especiais		
	Nº de mortos + desaparecidos (Edificações Residenciais e Não Residenciais)				
	Posição das edificações	Padrão etário dos mortos + desaparecidos			
		Crianças (0 > idade ≥ 12)	Jovens (12 > idade ≥ 24)	Adultos (24 > idade ≥ 60)	Idosos (Idade > 60)
	Edificações na encosta				
	Edificações no vale				
Descrição adicional: (perdas humanas não expressas acima) .....					
.....					
.....					
.....					
.....					

Deve ser preenchido um relatório para cada evento, conforme a disponibilidade de informações e entendimento do município.

Página 1/2

Dados do evento:

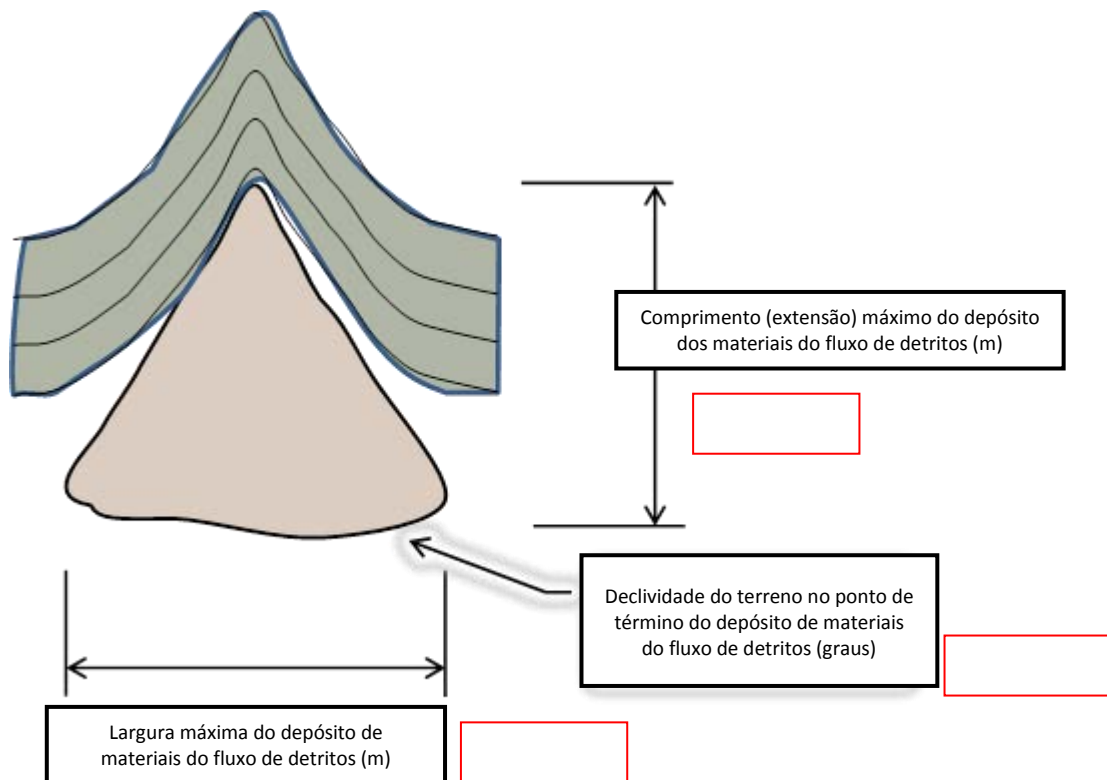


Foto - Panorâmica da área fonte e de atingimento

Foto - Detalhe da área fonte

Foto - Detalhe da área de atingimento

Foto - Detalhe de início precursor

Inserir fotos representativas de cada cenário. Caso existam mais fotos representativas, favor anexá-las ao formulário.

Deve ser preenchido um relatório para cada evento, conforme a disponibilidade de informações e entendimento do município.

Página 2/2

**ANEXO3: INDÍCIOS PRECURSORES DE EVENTOS.**

Processo	Indícios Precursores do Processo	Explicações
Deslizamento Planar	Formam-se trincas ou degraus na encosta.	Trata-se de fenômeno decorrente do aumento da pressão da água no interior da encosta, provocada pela elevação do nível d'água subterrânea. Isto faz com que a coesão do solo se reduza e surjam trincas e degraus ao longo das partes enfraquecidas da encosta. Há elevada possibilidade de deslizamento planar.
	Inicia-se a queda de pequenas pedras e/ou de pedregulhos da encosta.	Trata-se de fenômeno decorrente do aumento da pressão da água no interior da encosta, provocada pela elevação do nível d'água subterrânea. Isto faz com que a coesão do solo se reduza e que ocorra a queda de fragmentos e pedregulhos ao longo das partes enfraquecidas da encosta. Há elevada possibilidade de deslizamento planar.
	Ouvem-se estranhos ruídos da encosta, tremores e ruídos de solo.	Trata-se de fenômeno decorrente do aumento da pressão da água no interior da encosta, provocada pela elevação do nível d'água subterrânea. Isto reduz a coesão do solo no interior da encosta e um bloco desta começa a se deslocar causando o estrondo. Há elevada possibilidade de deslizamento planar.
	Ocorre abaulamento da encosta.	Trata-se de fenômeno decorrente do aumento da pressão da água no interior da encosta, provocada pela elevação do nível d'água subterrânea. Isto reduz a coesão do solo no interior da encosta e faz com que surja abaulamento da encosta. Há elevada possibilidade de deslizamento planar.
	A água da fonte, normalmente límpida, torna-se turva.	Trata-se de fenômeno vinculado ao surgimento de um novo caminho preferencial de escoamento da água subterrânea e/ou ao aumento da erosão causada pelo maior volume de água que escoar pelo subsolo. A ampliação das cavidades no interior da encosta pode acarretar sua instabilidade.
	Ocorre repentino aumento, redução ou completa secagem da água da nascente.	Idem ao anterior.
Fluxo de Detritos	Há deslizamento na encosta e/ou fluxo de detritos nas proximidades.	Em casos onde as encostas, córregos, relevos, geologia e os volumes de chuvas sejam semelhantes, quando houver deslizamento e/ou fluxo de detritos em uma encosta, há grande possibilidade de que ocorram os mesmos fenômenos nas encostas ou vales vizinhos.
	Ouvem-se sons de estalos da ruptura de árvores e de fluxo de matacões.	Trata-se de fenômeno no qual se ouvem sons da quebra de árvores e/ou o choque entre matacões, devido ao fluxo de detritos no montante do córrego.
	A água do córrego torna-se repentinamente turva e/ou transporta troncos e fragmentos de árvores.	Trata-se de fenômeno no qual, devido ao evento de fluxo de detritos no montante do córrego, há entrada de sedimentos e de troncos que para ali escoaram. Há elevada possibilidade de as áreas de jusante serem atingidas pelo fluxo de detritos.
	Apesar das chuvas persistentes, o nível da água no córrego se reduz repentinamente.	Trata-se de fenômeno no qual ocorre o represamento da água devido a deslizamentos a montante no córrego, provocando a obstrução do leito e a formação de uma barragem natural. Há grande possibilidade de fluxo de detritos quando da ruptura dessa barragem natural.
	Ocorrem estrondos estranhos nas encostas.	Trata-se de fenômeno decorrente do aumento da pressão da água no interior da encosta, provocada pela elevação do nível d'água subterrânea na parte interna da encosta ao longo das margens do córrego. Isto reduz a coesão do solo no interior da encosta e um bloco desta começa a se deslocar causando o estrondo. Há elevada possibilidade de deslizamento planar que pode ocasionar fluxo de detritos.
	Notam-se a odores estranhos (odor de terra, de algo queimando, de ácido, de vegetação etc.).	É possível que já tenha ocorrido deslizamento planar a montante no córrego e que os odores tenham sido gerados pelos choques entre matacões, areia e troncos que fluem para jusante.
	Há deslizamento de encosta e/ou queda de blocos ou de lascas de rocha nas proximidades da margem do córrego.	As encostas às margens do córrego são suscetíveis a deslizamentos. No caso de deslizamentos em grande escala, estes e transformarão em estopim para o fluxo de detritos.
O nível do córrego não diminui apesar da redução no volume de chuva.	Trata-se de fenômeno que pode significar um novo suprimento de água para o córrego ou ainda a excessiva surgência de água do subsolo. Pode se transformar em estopim para fluxo de detritos.	
Deslizamento Rotacional	Ocorrem vibrações ou tremores do solo.	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam abruptamente e causam vibrações ou tremores.
	Ocorrem vibrações ou tremores da casa.	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam abruptamente e causam deformações no solo, os quais, por sua vez, geram vibrações ou tremores e ruídos nas estruturas.
	Ouvem-se sons de ruptura de raízes na encosta.	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam abruptamente, causando a ruptura de raízes e gerando os ruídos correspondentes.
	Ocorrem vibrações das superfícies do solo.	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam abruptamente, causando vibrações na superfície do solo.
	Ouvem-se ruídos de atritos dos galhos de árvores (sem que haja ventania).	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam abruptamente, causando atritos entre os galhos das árvores.
	Origem e ampliação de trincas ou degraus na encosta.	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam, causando ou ampliando trincas e degraus no solo da encosta.
	Ocorrem irregularidades na superfície do solo.	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam, causando irregularidades na superfície do solo da encosta.
	Ocorrem fissuras, trincas no muro e pressão para o lado externo.	Trata-se de fenômeno no qual grandes blocos ou lascas de rocha da encosta se deslocam, causando fissuras e/ou trincas no muro, além de pressioná-lo para o lado externo.
	Ocorrem fissuras, rachaduras e trincas em rodovias pavimentadas e em túneis.	Trata-se de fenômenos que surgem em rodovias pavimentadas e em túneis afetados por grandes blocos de solo que se deslocam.
	Ocorre tração ou afrouxamento de cabos elétricos nos postes.	Trata-se de fenômeno no qual, devido à movimentação de grandes blocos de solo, ocorre desnivelamento entre o bloco que se desloca e as partes adjacentes do terreno, causando tração ou afrouxamento de cabos elétricos entre os postes.
	Ocorre deformação de edificações (dificuldades no fechamento das portas, folgas entre as paredes).	Trata-se de fenômeno no qual os grandes blocos de solo que se deslocam causam deformações e desnivelamento no solo nas partes adjacentes do terreno, ocasionando a deformação nas edificações.
	Surgimento de anormalidades em pontes.	Trata-se de fenômeno no qual os grandes blocos que se deslocam e causam desnivelamentos em pontes.
	Ocorre queda de blocos ou de lascas de rocha e pequenos desmoronamentos na encosta.	Trata-se de fenômeno que ocorre nas partes terminais do deslizamento rotacional na encosta, com quedas de rochas e pequenos desmoronamentos.
	Alterações abruptas no nível d'água subterrânea (descida ou elevação repentina).	Trata-se de fenômeno vinculado ao surgimento de um novo caminho preferencial de escoamento da água no interior do solo e/ou ao aumento da erosão causada pelo maior volume de água que escoar pelo subsolo. A ampliação das cavidades no interior da encosta pode acarretar sua instabilidade.
	Turvamento da água subterrânea.	Idem ao anterior.
	Alterações no volume de vazão da água de nascentes (secagem ou aumento repentino).	Idem ao anterior.
Aparece turbidez na água de nascentes.	Idem ao anterior.	
Surgimento de novas de nascentes.	Trata-se de fenômeno que pode ser interpretado como decorrente da repentina elevação do nível d'água subterrânea no interior da encosta. Isto aumenta a pressão da água no interior da encosta e eleva a força de deslizamento.	

Fonte: Gerência de Planejamento de Controle de Erosão/Departamento de Controle das Erosões (2005).

**ANEXO 4: MODELO DE ALERTA DETALHADO.**

1/2 (frente)

**ALERTA: 0035/2016****DATA:** 23/02/2016      **HORA:** 10:35**ATUALIZAÇÃO:** 2**ABRANGÊNCIA DO ALERTA:**

**ESTADO:** RJ  
**MUNICÍPIO:** Nova Friburgo  
**BLOCO:** Norte

**PROCESSO ALERTADO:** Deslizamento planar e fluxo de detritos.**NÍVEL DO ALERTA:** Muito Alto.**DESCRIÇÃO DE ALERTA:**

Eventos podem ser deflagrados a partir da próxima hora.

**ESTAÇÃO QUE EXCEDEU O LIMIAR:** Centro Fluminense**RECOMENDAÇÕES À DEFESA CIVIL:**

Proceder conforme o Plano de Contingência do Município para o cenário alertado.

**ORGANIZAÇÃO RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO:** Cemaden

Telefone: 55 (12) 3205-  
 Endereço eletrônico: operacao@cemaden.gov.br

**PREVISÃO DE TEMPO:**

É esperado que a chuva prossiga forte no Norte do estado do Rio de Janeiro, nas próximas 6 horas.

**PARA INFORMAÇÕES ADICIONAIS SOBRE O TEMPO:**

CPTEC      <http://tempo.cptec.inpe.br/tempo/in>  
 CIRAM      <http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php>  
 Cemaden      <http://www.Cemaden.gov.br/mapainterativo/#>

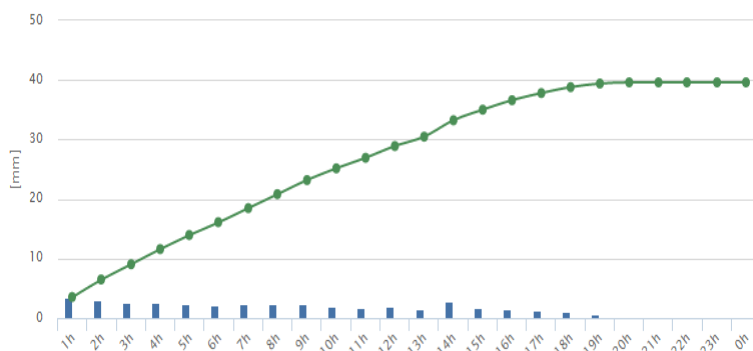
**SITUAÇÃO EM ÁREAS VIZINHAS**

DATA DA TRANSMISSÃO DO ALERTA	HORA	ATUALIZAÇÃO	ABRANGÊNCIA DO ALERTA	NÍVEL DO ALERTA
21/2/2016	22:16	1	Nova Friburgo – Bloco Norte	Alto
21/2/2016	23:08	1	Petrópolis	Alto
22/2/2016	10:35	2	Nova Friburgo – Bloco Norte	Muito Alto

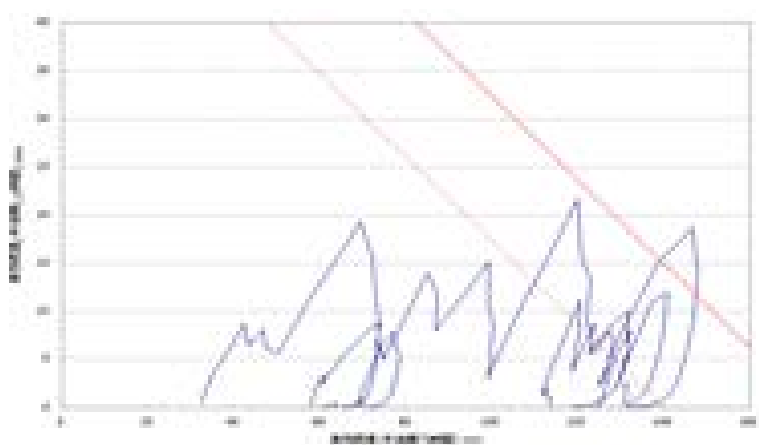
**IMAGENS DE RADAR**



**CHUVA ACUMULADA**



**CURVA COBRA**







# **MANUAL PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DE CONTINGÊNCIA MUNICIPAL PARA RISCOS DE MOVIMENTOS DE MASSA**



**PROJETO GIDES**  
**Projeto de Fortalecimento da Estratégia  
Nacional de Gestão Integrada em Riscos de  
Desastres Naturais**

## SUMÁRIO

1	PROJETO GIDES .....	6
2	PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	8
3	LEGISLAÇÃO .....	10
4	ETAPAS PARA A ELABORAÇÃO DO PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	13
4.1	ATIVIDADES INICIAIS PARA A ELABORAÇÃO DO PLANO DE CONTINGÊNCIA .....	13
4.1.1	A Decisão de Construir um Plano de Contingência.....	14
4.1.2	A Constituição de um Grupo de Trabalho (GT).....	14
4.2	A ELABORAÇÃO DO PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	17
4.2.1	Cenário de risco: elementos básicos e de interesse.....	18
4.2.1.1	Mapa das Áreas de Perigo e de Risco.....	20
4.2.1.2	Mapa da População Vulnerável.....	23
4.2.1.3	Rotas de Fuga .....	24
4.2.1.4	Pontos de Encontro e Abrigos.....	26
4.2.1.5	Sistema de Monitoramento e Alertas .....	30
4.2.1.5.1	Metodologia GIDES – Método Compartilhado.....	31
4.2.1.5.2	Vistorias In Loco .....	33
4.2.1.5.3	Relato de Ocorrências pela População.....	34
4.2.1.5.4	Avisos meteorológicos .....	34
4.2.1.6	Sistemas de Alarme (Comunicação com População) .....	35
4.2.2	Ações de Contingência (Tabela do Plano de Evacuação).....	38
4.2.2.1	Histórico .....	38
4.2.2.2	Ações de Preparação para Evacuação (Principal Produto).....	40
4.2.2.3	Exemplo de Aplicação da Metodologia .....	44
4.3	REALIZAÇÃO DE SIMULADOS .....	46
4.3.1	ORGANIZAÇÃO DE SIMULADOS.....	49
4.3.1.1	1º Passo – A Decisão de Realizar o Simulado. ....	49
4.3.1.2	2º Passo – A Definição de Cenário, Área de Risco e Modalidade.....	49
4.3.1.3	3º Passo – A Definição de Procedimentos e Ações a Serem Testados. ....	49
4.3.1.4	4º Passo – A Distribuição de Tarefas.....	50
4.3.1.5	5º Passo – A Definição das Ações de Mobilização para o Simulado. ....	50

4.3.1.6	6º Passo – A Definição do Roteiro Final Para o Simulado. ....	51
4.3.1.7	7º Passo – A Realização do Simulado. ....	51
4.3.1.8	8º Passo – Avaliação do Simulado. ....	52
4.3.1.9	9º Passo – Os Registros e a Atualização Documental. ....	53
4.4	AUDIÊNCIA PÚBLICA – APROVAÇÃO DO PLANCON .....	53
5	MÓDULO PLANCON DO S2ID .....	57
6	REFERÊNCIAS.....	61
7	ANEXOS.....	63
7.1	Anexo A – Tabela de correlação entre as ações de contingência com os níveis de alerta de desastres naturais da Defesa Civil Municipal de Blumenau/SC.....	63
7.2	Anexo B – Tabela de correlação entre as ações de contingência com os níveis de alerta de desastres naturais da Defesa Civil Municipal de Petrópolis/RJ. ....	64
7.3	Anexo C – Tabela de correlação entre as ações de contingência com os níveis de alerta de desastres naturais da Defesa Civil Municipal de Nova Friburgo/RJ.....	65
7.4	Anexo D – Tabela de correlação entre as ações de contingência com os níveis de alerta de desastres naturais da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina. ....	66
7.5	Anexo E – Tabela de correlação entre as ações de contingência com os níveis de alerta de desastres naturais do estado do Rio de Janeiro, através do CEMADEN-RJ (Centro Estadual de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais do Estado do Rio de Janeiro).....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas para a Elaboração do Plano de Contingência. Fonte: CENAD, 2017.....	13
Figura 2 – Fluxograma para decisão de construção do PLANCON e a definição do Grupo de Trabalho (GT) para elaboração deste documento. Fonte: CENAD, 2017. ....	16
Figura 3 – Fluxograma do Cenário de Risco que é composto pelos elementos básicos e de Interesse para elaboração do Plano de Contingência. Fonte: CENAD, 2017.....	17
Figura 4 – Fluxograma de interação entre os elementos básicos e de interesse (Cenário de Risco) que definem as Ações de Contingência. Fonte: CENAD, 2017. ....	18
Figura 5 – Tipos de movimento de massa. Fonte: Manual GIDES – CPRM, 2017. ....	20
Figura 6 – Etapas para elaboração das cartas de perigo e de risco a movimentos de massa. Fonte: Fonte: Manual GIDES – CPRM, 2017.....	21
Figura 7 – Exemplo de interação entre os mapas de perigo, vulnerabilidade e de risco a movimentos de massa. Fonte: Manual GIDES – CPRM, 2017.....	22
Figura 8 – Mapa com o traçado das rotas de fuga na área de risco do Bairro Fortaleza Alta até o local de abrigo (Escola Básica Municipal Helna Finardi Pegorim), Blumenau/SC. Fonte: Defesa Civil de Blumenau/SC, 2017. ....	26
Figura 9 – Ações distintas para gerenciamento dos abrigos ou locais de abrigamentos frente aos diferentes níveis de alertas elaborados pelo CEMADEN e emitidos pelo CENAD. Fonte: CENAD, 2017. ....	30
Figura 10 – Critérios Unificados para emissão de alertas e alarmes – Linhas de Referência – Fonte: Manual de Monitoramento e Alertas do CEMADEN – Projeto GIDES, 2017.....	32
Figura 11 – Definição das ações externas de contingência em função do tipo de alerta emitido (Muito Alto ou Máximo) e o tipo de alarme gerado para cada alerta. Fonte: CENAD, 2017. ....	37

Figura 12 – Primeira parte da tabela associando os níveis operacionais, os boletins meteorológicos, os tipos de alertas e alarmes à população e as formas de evacuação para cada nível de alerta elaborado pelo CEMADEN e emitido pelo CENAD. Fonte: CENAD, 2017. ....	41
Figura 13 – Segunda parte da tabela correlacionando as ações internas e externas de contingência das defesas civis municipais, estaduais e federal de preparação para evacuação para cada nível de alerta elaborado pelo CEMADEN e emitido pelo CENAD. Fonte: CENAD, 2017.....	42
Figura 14 – Tabela de Evacuação com ações de preparação para desmobilização da população das áreas de riscos a movimentos de massa. Fonte: CENAD, 2017.....	43
Figura 15 – Itens que deverão compor o kit/mochila para ser utilizada no processo de evacuação. Fonte: Defesa Civil – Governo do Rio de Janeiro. ....	45
Figura 16 – Ações de contingência de cada responsável (moradores, defesas civis municipal e estadual, centros de monitoramento e alerta (CEMADEN) e de gerenciamento de riscos e desastres (CENAD) ao receber o Alerta Alto. Fonte: CENAD, 2017. ....	46
Figura 17 – Fluxograma para Realização de Simulados. Fonte: CENAD, 2017.....	48
Figura 18 – Planejamento do simulado com ações, atribuições e responsabilidades. ....	50
Figura 19 – Fluxograma para realização de audiências públicas: avaliação, atualização, validação e assinatura do Plano de Contingência Municipal. Fonte: CENAD, 2017. ....	56
Figura 20 – Tela inicial do S2ID (Sistema Integrado de Informações sobre Desastres) onde consta o Módulo PLANCON (Plano de Contingência). Fonte: S2ID, 2017.....	57
Figura 21 – Inserção de cenário de risco, Módulo PLANCON do S2ID. Fonte: S2ID, 2017. ....	59

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1 – Mostra a alta vulnerabilidade física da edificação após movimento de massa na área de risco do Bairro Fortaleza Alta, Blumenau/SC. Fonte: Defesa Civil de Blumenau/SC, 2017. .. 23

Foto 2 – Exemplo de local para abrigo no município de Blumenau/SC durante o processo de evacuação dos moradores das áreas de risco: Escola Básica Municipal Helna Finardi Pegorim, Bairro Fortaleza Alta. Fonte: Defesa Civil de Blumenau/SC, 2017. .... 29

Foto 3 – Mostra a Geologia da Defesa Civil de Blumenau/SC realizando inspeção técnica de campo em áreas de perigo de movimento de massa. Fonte: Defesa Civil de Blumenau/SC, 2017. .... 33

Foto 4 – Mostra a realização de um Simulado de Mesa elaborado pela Defesa Civil de Blumenau/SC. Fonte: Defesa Civil de Blumenau/SC, 2017. .... 48

Foto 5 – Exemplo de cadastro dos moradores (simulado) ao chegar no local de abrigo (Escola Básica Municipal Helna Finardi Pegorim), após evacuação da área de risco no Bairro Fortaleza Alta, Blumenau/SC; Fonte: Defesa Civil de Blumenau/SC, 2017. .... 51

Foto 6 – Reunião técnica pós-simulado para avaliação do evento com a participação dos agentes de defesa civil municipal, autoridades e envolvidos neste processo. Fonte: Defesa Civil de Blumenau/SC, 2017. .... 52

## **1 PROJETO GIDES**

O Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada em Riscos de Desastres Naturais - GIDES é resultado da parceria firmada entre a Agência Brasileira de Cooperação - ABC e a Agência de Cooperação Internacional do Japão - JICA, com o envolvimento dos Ministérios das Cidades (MCid), da Integração Nacional (MI), da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), do Serviço Geológico do Brasil (CPRM/Ministério das Minas e Energia) e outras instituições Estaduais e Municipais.

Essa iniciativa de cooperação bilateral teve início em agosto de 2013 com duração prevista de quatro anos e quatro meses e objetiva fortalecer a capacidade de gestão de riscos e resposta a desastres de movimento de massa no Brasil. Para isso, o GIDES se divide em quatro (04) eixos estratégicos com desdobramento em seis (06) manuais:

### **EIXOS:**

1. Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa;
2. Monitoramento e Alerta;
3. Obras de Prevenção e Reabilitação;
4. Planejamento da Expansão Urbana.

### **MANUAIS:**

1. Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa – CPRM – Ministério das Minas e Energia;
2. Manual de Redução de Riscos de Desastres Aplicado ao Planejamento Urbano – Movimentos de Massa – Ministério das Cidades (MCid);
3. Manual Técnico para Elaboração, Transmissão e Uso de Alertas de Risco de Movimentos de Massa – CEMADEN – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC);
4. Manual para a Elaboração de Plano de Medidas Estruturais contra Rupturas em Encostas – Ministério das Cidades (MCid);
5. Manual Técnico de Contramedidas para Fluxo de Detritos – DRR (Departamento de Reabilitação e Reconstrução) / SEDEC (Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil) / MI (Ministério da Integração Nacional).
6. Manual para Elaboração do Plano de Contingência Municipal para Riscos de Movimento de Massa – CENAD (Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e

Desastres) /SEDEC (Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil) / MI (Ministério da Integração Nacional).

Inicialmente, tanto as metodologias de monitoramento e concepção de alertas, quanto àquelas ligadas as ações de contingência eram tratadas em um mesmo manual conjunto. Conforme amadurecimento da atuação conjunta entre as instituições e após discussões envolvendo todos os atores partícipes ao Projeto, concluiu-se pela divisão em dois manuais. Um manual que tratava dos critérios de elaboração de alertas, ficando a coordenação a cargo do CEMADEN; e outro manual que vinculava os níveis de alerta às ações de proteção e defesa civil, ficando a cargo do CENAD.

Conforme definição inicial, o escopo do Projeto GIDES está voltado para áreas suscetíveis a desastres de movimentos de massa. Especificamente sobre o presente manual, cabe ressaltar que contempla apenas ações de preparação para desastres, avançando até a etapa de evacuação da população, ou seja, até o abrigo completo dos moradores das áreas de risco. Essa definição é fruto do escopo inicial do Projeto, que não prevê ações de resposta.

Os Municípios de Petrópolis e Nova Friburgo, do Estado do Rio de Janeiro, e o Município de Blumenau, do Estado de Santa Catarina, foram escolhidos como pilotos na aplicação das proposições desenvolvidas no projeto, as quais ficam estabelecidas por meio de manuais específicos produzidos em cada eixo.

A construção dos manuais produzidos neste projeto foi viabilizada por meio do esforço de trabalho conjunto dos mencionados órgãos federais, com o envolvimento das instituições responsáveis em âmbito estadual e municipal. Todas as ações e produtos tiveram suporte e direcionamento proporcionado pelo apoio da *expertise* do governo do Japão.

No desenvolvimento dos trabalhos do Projeto GIDES e como fruto dos avanços institucionais obtidos, foi evidenciada a necessidade de produção de Manual específico para orientação a respeito do planejamento e elaboração de Plano de Contingência Municipal para Riscos de Movimento de Massa, instrumento este que avança em continuidade as ações desenvolvidas nos demais eixos do projeto.

Dessa forma, em vista das competências legais previstas no ordenamento nacional, coube à Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC o desenvolvimento deste Manual, bem como a coordenação das ações a ele relacionadas.



## 2 PLANO DE CONTINGÊNCIA

O objetivo de um Plano de Contingência é o de possibilitar uma atuação eficaz frente a um desastre, na tentativa de reduzir danos humanos e mesmo materiais, dependendo do caso.

O Plano de Contingência pode ser definido como o documento que registra o planejamento elaborado a partir do estudo de um ou mais cenários de risco de desastre e estabelece os procedimentos para ações de monitoramento, de alerta e alarme, assim como ações de preparação e resposta ao evento adverso.

Os Planos de Contingência devem ser elaborados para riscos específicos, ainda que não seja possível determinar com exatidão seus impactos. Para tanto, trabalha-se com cenários de riscos de forma a pensar em impactos potenciais e planejar aspectos de preparação e resposta: recursos necessários, ações e responsáveis.

Todo Plano de Contingência tem a função de preparar instituições, profissionais e a população para uma preparação e resposta efetiva. Seu desenvolvimento envolve a tomada de decisão de forma antecipada no que diz respeito à gestão dos recursos humanos e materiais a serem utilizados em uma situação emergencial.

Para a elaboração do Plano de Contingência são necessários dois itens primordiais: Cenário de Risco e Ações de Contingência (Figura 1). O primeiro refere-se ao estudo do **Cenário de Risco** compreendendo as áreas de perigo e risco; a população vulnerável; a definição das rotas de fuga; os pontos de encontro, abrigos e locais de abrigo; a definição dos sistemas de monitoramento e alerta; os sistemas de comunicação com a população (alarmes sonoros, luminosos, etc.) e o cadastro das instituições, dos recursos humanos e materiais. O segundo, **Ações de Contingência**, trata-se das ações de preparação e resposta a desastres de movimento de massa a partir da interação desses elementos básicos que compõem o cenário de risco, além de outros elementos de interesse.

É importante garantir que o planejamento seja participativo e, portanto, envolva um grupo formado por representantes de instituições públicas, da iniciativa privada e da sociedade civil. Todos esses representantes devem ter acesso fácil ao documento do Plano de Contingência, bem como ter ciência plena de suas atribuições e responsabilidades estabelecidas.

O planejamento prévio estabelecido no Plano de Contingência pode proporcionar uma redução no fator surpresa do evento adverso, permitindo a mobilização antecipada de profissionais e voluntários que farão a preparação dos recursos operacionais de resposta, socorro, assistência à população e restabelecimento de serviços essenciais, tais como ambulâncias, caminhões, equipamentos de busca e salvamento, barcos, hospitais, entre outros.

Importante destacar que, não basta a mera perspectiva teórica acerca do cenário de risco e das ações de contingência, é necessária a aferição constante do Plano de Contingência com a realidade, por meio da realização de simulados e de audiências públicas.

Versão Preliminar

### **3 LEGISLAÇÃO**

Dentro do processo de gestão de risco, o Plano de Contingência está associado às ações de preparação e resposta, sendo um dos instrumentos previstos na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC, que atribui a responsabilidade por sua execução aos municípios. Aos Estados e União cabe a função de apoiar essa execução local.

Ainda, segundo a PNPDEC, constante na Lei 12.608/12, a competência das gestões locais na elaboração do Plano de Contingência inclui sua avaliação e prestação anual de contas, por meio de Audiência Pública e a realização regular de Exercícios Simulados.

A legislação vigente aborda, de forma prática, alguns aspectos relacionados aos Planos de Contingência. De modo geral, há citações em duas leis, a 12.608/2012 e 12.340/2010 (alterada pela primeira e pela Lei 12.983/2014). A seguir, apresenta-se um apanhado, na citada legislação, de elementos que guardam relação com o tema de Planos de Contingência, acompanhados de breve comentário.

#### **LEI 12.608/2012**

A Lei 12.608/2012 institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e sobre o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC, dentre outras providências.

Um importante aspecto a ser destacado nessa lei é o conjunto de competências dos entes federativos quanto ao tema de gestão integrada de riscos e desastres.

Dentre essas competências, destacam-se algumas que de forma direta ou indireta guardam relação com as atividades atinentes aos Planos de Contingência, a exemplo das competências municipais estabelecidas na lei.

#### Art. 6º Compete à União:

IV - apoiar os Estados, o Distrito Federal e os Municípios no mapeamento das áreas de risco, nos estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre e nas demais ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação.  
*(Planos de Contingência são uma ação de preparação e resposta)*

#### Art. 7º Compete aos Estados:

VIII - apoiar, sempre que necessário, os Municípios no levantamento das áreas de risco, na elaboração dos Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil e na divulgação de protocolos de prevenção e alerta e de ações emergenciais.

#### Art. 8º Compete aos Municípios:

VIII - organizar e administrar **abrigos provisórios** para assistência à população em situação de desastre, em condições adequadas de higiene e segurança;

IX - **manter a população informada** sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres;

XI - realizar regularmente exercícios **simulados**, conforme Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil;

XII - promover a coleta, a distribuição e o controle de **suprimentos** em situações de desastre;

XVI - prover solução de **moradia temporária** às famílias atingidas por desastres.

#### LEI 12.340/2010

Dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil – SINDEC e sobre as transferências de recursos para ações de socorro, assistência às vítimas, restabelecimento de serviços essenciais e reconstrução nas áreas atingidas por desastre, sobre o Fundo Especial para Calamidades Públicas, dentre outras providências.

Dessa lei, podem-se extrair conceitos relacionados à elaboração e ao conteúdo mínimo para os Planos de Contingência.

Art. 3º-A - § 6º **O Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil será elaborado no prazo de 1 (um) ano, sendo submetido a avaliação e prestação de contas anual, por meio de audiência pública, com ampla divulgação. (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012).**

Art. 3º-A - § 7º **São elementos a serem considerados no Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil, a ser elaborado pelo Município: (Incluído pela Lei nº 12.983, de 2014).**

I - **indicação das responsabilidades** de cada órgão na gestão de desastres, especialmente quanto às ações de preparação, resposta e recuperação;

II - **definição dos sistemas de alerta a desastres**, em articulação com o sistema de monitoramento, com especial atenção dos radioamadores;

III - **organização dos exercícios simulados**, a serem realizados com a participação da população;

IV - organização do sistema de atendimento emergencial à população, incluindo-se a localização **das rotas de deslocamento e dos pontos seguros** no momento do desastre, bem como dos pontos de **abrigo** após a ocorrência de desastre;

V - definição das ações de **atendimento médico-hospitalar e psicológico** aos atingidos por desastre;

VI - cadastramento das **equipes técnicas e de voluntários** para atuarem em circunstâncias de desastres;

VII - localização dos centros de recebimento e organização da estratégia de distribuição de doações e suprimentos.

Art. 3º-B. **Verificada a existência de ocupações em áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos, o município adotar as providências para redução do risco, dentre as quais, a execução de Plano de Contingência e de obras de segurança e, quando necessário, a remoção de edificações e o reassentamento dos ocupantes em local seguro. (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012).**

## 4 ETAPAS PARA A ELABORAÇÃO DO PLANO DE CONTINGÊNCIA

A elaboração do **Plano de Contingência** requer a execução de uma sequência de 04 etapas e uma série de subetapas, conforme apresentado na (Figura 1). Este capítulo aborda o detalhamento de cada uma dessas etapas e subetapas:

### ATIVIDADES INICIAIS, ELABORAÇÃO DO PLANO PROPRIAMENTE DITO, SIMULADO e AUDIÊNCIA PÚBLICA.

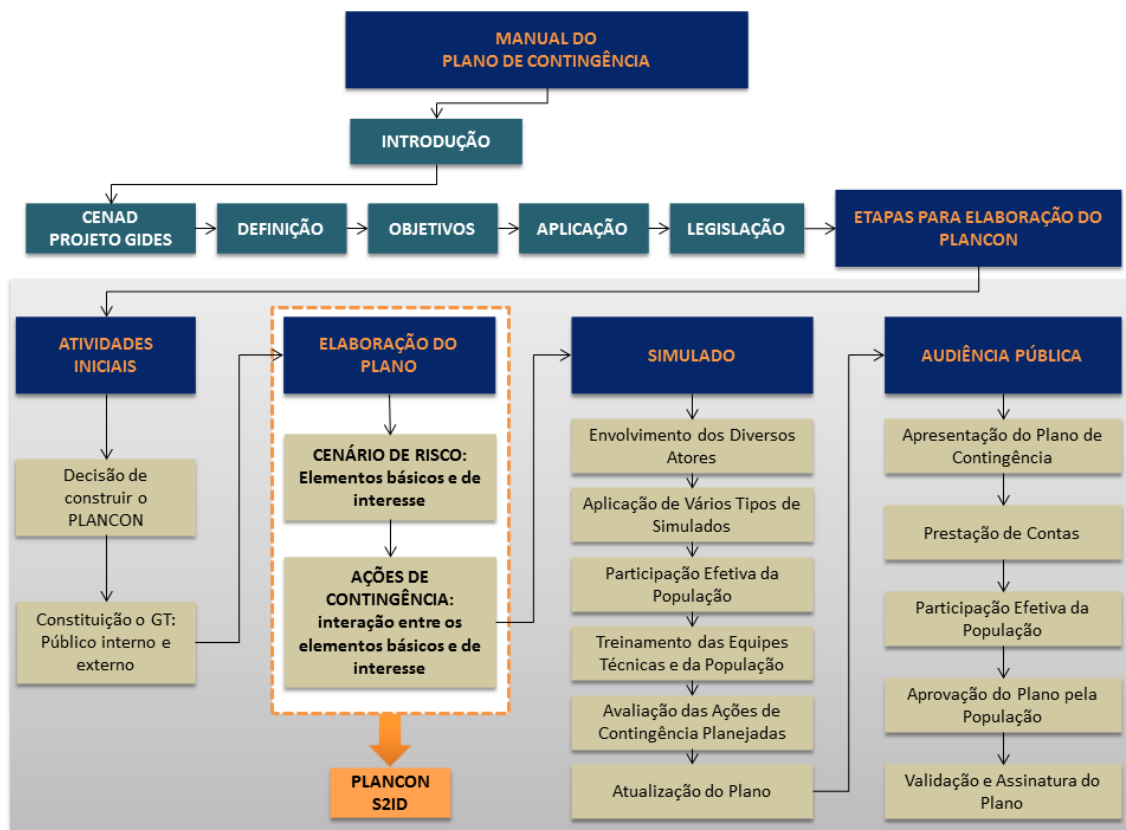


Figura 1 – Etapas para a Elaboração do Plano de Contingência. Fonte: CENAD, 2017.

### 4.1 ATIVIDADES INICIAIS PARA A ELABORAÇÃO DO PLANO DE CONTINGÊNCIA

Nesta etapa, serão abordados os procedimentos iniciais a serem realizados pela Defesa Civil quando for elaborar um **Plano de Contingência**, contemplando a tomada de decisão para a elaboração, a definição de profissionais e instituições envolvidas e a formalização de grupo de trabalho que participará da construção do plano (Figura 2).

#### **4.1.1 A Decisão de Construir um Plano de Contingência**

A construção de um Plano de Contingência deve gerar um documento dinâmico a ser constantemente atualizado. Por isso, é preciso saber antecipadamente que será necessário investir tempo e recursos para sua elaboração e revisão. Portanto, junto à decisão de elaborar um Plano de Contingência é preciso atender aos seguintes pré-requisitos (Figura 2):

- **Elaboração de um cronograma de trabalho:** inclui prazos e recursos. Esse cronograma deve conter a sequência de atividades que será apresentada a seguir, prevendo para cada uma delas o tempo de execução, a equipe envolvida e os recursos necessários.
- **Aprovação do cronograma:** a administração pública local deve aprovar o cronograma e apoiar todo o seu processo de execução, inclusive designando pessoas e recursos necessários a elaboração do Plano de Contingência.
- **Acesso a dados e estudos preliminares sobre o município:** mapa de risco, mapas geológicos de áreas suscetíveis a movimentos de massa, carta geotécnica, registros de estações de monitoramento pluviométrico, bem como dados históricos de ocorrência de desastres de movimento de massa, plano diretor, dados demográficos (IBGE), diagnósticos socioambientais, dados das equipes de saúde e assistência social, relatórios e vistorias de proteção e defesa civil e etc. Caso não haja dados disponíveis, será preciso prever a produção desses dados para que o Plano de Contingência seja feito de acordo com a realidade local. Aconselha-se procurar metodologias simplificadas para obtenção dos dados faltantes, até que os dados mais precisos sejam produzidos.

#### **4.1.2 A Constituição de um Grupo de Trabalho (GT)**

O planejamento é mais efetivo quando o processo é participativo e envolve todos que deverão atuar em conjunto no momento de uma emergência, sendo necessária a constituição de um Grupo de Trabalho. Quanto mais contribuições, melhor o resultado, mesmo que haja mais demanda de tempo e aumente a complexidade de mediação. Para realizar a mediação e os controles de tempo, é preciso que o Grupo de Trabalho tenha uma liderança, responsável por seu Plano de Atividades, agendamento de reuniões, sistematização e consolidação de informações e garantia de cumprimento dos objetivos (Figura 2).

Segundo a Cruz Vermelha<sup>1</sup>, os seguintes grupos devem ser envolvidos no Grupo de Trabalho:

- **Internamente:** gestores experientes, técnicos de campo, voluntários, equipe administrativa e de logística.
- **Parceiros externos:** outros órgãos de governo, organizações não governamentais (ONGs), sociedade civil, iniciativa privada.

O tamanho do grupo e as entidades que estarão ali representadas, entretanto, é algo muito particular à realidade de cada município. Em pequenos municípios, por exemplo, algumas funções são acumuladas, permitindo que o Grupo de Trabalho possa ser reduzido. O importante é garantir a presença de representantes que tenham, de um lado, poder decisório, e de outro, conhecimento efetivo. Em relação às áreas de atuação que podem ser envolvidas no planejamento do Plano de Contingência, incluem-se:

- Busca e salvamento;
- Ciência e Tecnologia;
- Comunicações;
- Controle de custo e avaliação de bens;
- Corpos de Bombeiros e Polícias Civil e Militar;
- Educação;
- Empresas, organizações não governamentais, instituições locais;
- Engenharia e evacuação;
- Entidades de classe;
- Guardas Municipais;
- Habitação e abrigos;
- Lideranças comunitárias e moradores de áreas de risco;
- Meio ambiente;
- Núcleos Comunitários de Proteção e Defesa Civil
- ONGs com atuação relacionada ao tema;
- Saúde e Saneamento;
- Segurança aérea e marinha;

---

<sup>1</sup> RED CROSS, 2012.



- Serviços de emergência médica, como SAMU;
- Socorro e emergência (comida, água, vestuário)<sup>2</sup>;
- Entre outros.

Uma vez definidos quais serão os integrantes do Grupo de Trabalho, e as confirmações de sua participação estejam todas realizadas, o responsável deverá indicar o começo da sequência de encontros e reuniões para que a elaboração do **Plano de Contingência (PLANCON)** tenha início efetivamente.

A primeira tarefa do grupo será a de concluir a coleta dos dados preliminares e prosseguir para sua análise. Serão, então, definidos os cenários de risco, por prioridade, em caso de cenários múltiplos, e os procedimentos para cada um deles. Também serão estabelecidos os critérios de validação, avaliação e revisão do plano.

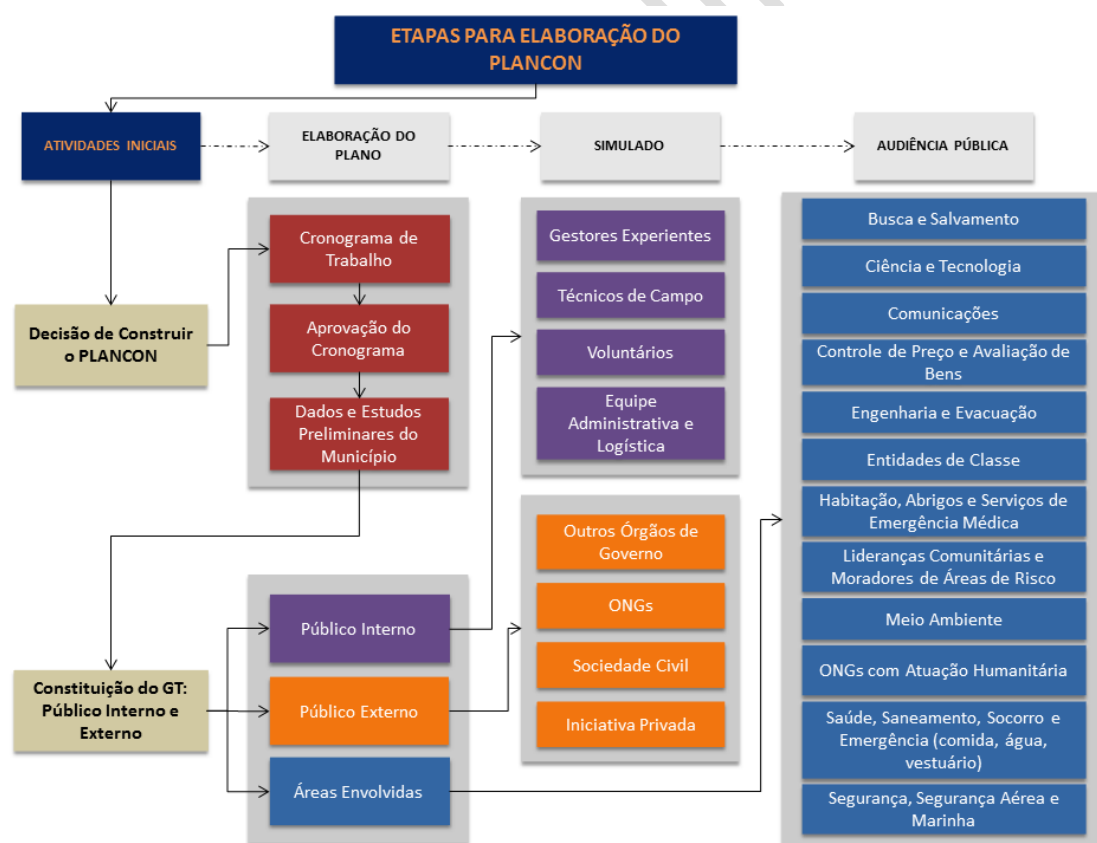


Figura 2 – Fluxograma para decisão de construção do PLANCON e a definição do Grupo de Trabalho (GT) para elaboração deste documento. Fonte: CENAD, 2017.

<sup>2</sup> Adaptado de RED CROSS, 2012.

## 4.2 A ELABORAÇÃO DO PLANO DE CONTINGÊNCIA

O **Plano de Contingência** é um documento e a sua elaboração deve contemplar elementos básicos e de interesse que compõe o **CENÁRIO DE RISCO** e, a interação entre estes elementos que definem as **AÇÕES DE CONTINGÊNCIA** – (Figura 3 e Figura 4).

### A – CENÁRIO DE RISCO (Figura 3)

1. Mapeamento das Áreas de Perigo e de Risco Suscetíveis a Movimento de Massa (CPRM);
2. Mapeamento da População Vulnerável (Física e Social);
3. Rotas de Fuga;
4. Pontos de Encontro, Abrigos e Outros Elementos de interesse;
5. Sistema de Monitoramento e Alerta (CEMADEN);
6. Sistema de Alarme.

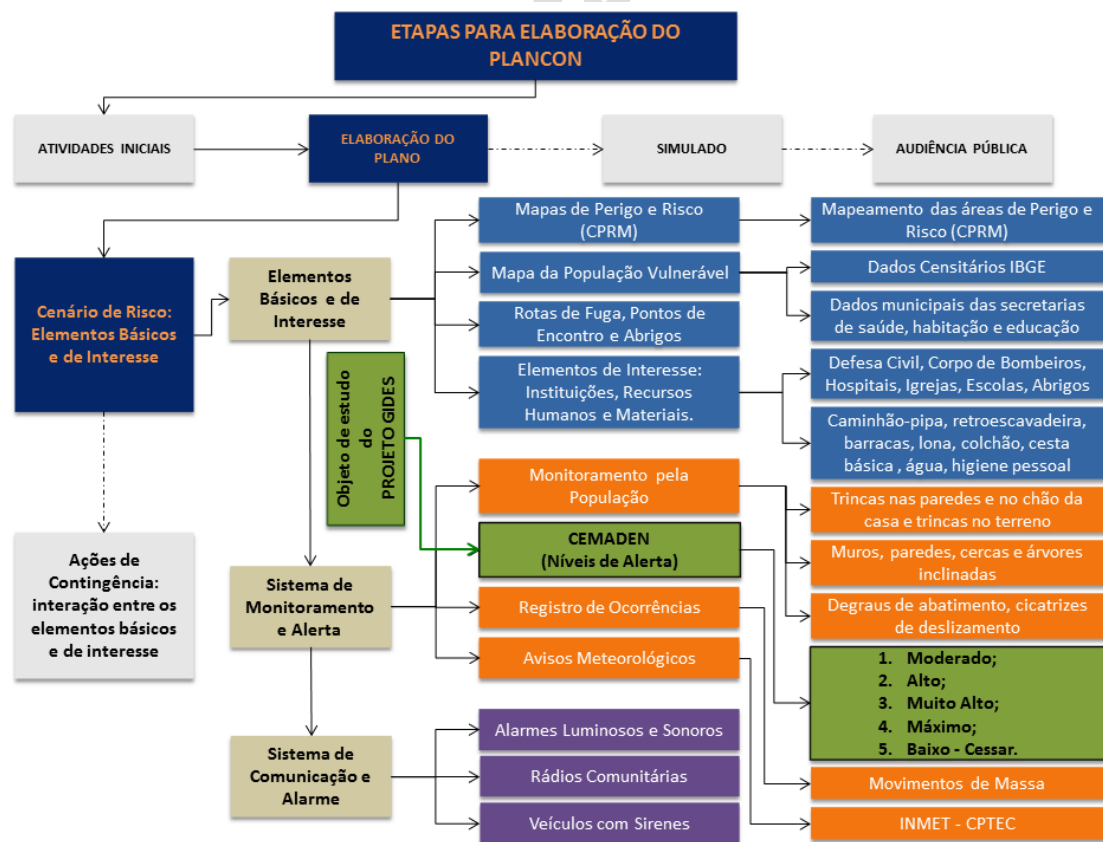


Figura 3 – Fluxograma do Cenário de Risco que é composto pelos elementos básicos e de Interesse para elaboração do Plano de Contingência. Fonte: CENAD, 2017.

## B – AÇÕES DE CONTINGÊNCIA

Interação entre os elementos básicos e de interesse para definição das ações de contingência do município frente às etapas de preparação a desastres (Figura 4).



Figura 4 – Fluxograma de interação entre os elementos básicos e de interesse (Cenário de Risco) que definem as Ações de Contingência. Fonte: CENAD, 2017.

### 4.2.1 Cenário de risco: elementos básicos e de interesse

O Cenário de Risco é o elemento primordial para a elaboração do Plano De Contingência e é constituído por elementos básicos e de interesse, tais como: mapeamento das áreas de risco a movimentos de massa; mapeamento da população vulnerável (física e social) nestas áreas de risco; definição das rotas de fuga a partir do conhecimento destes dois primeiros elementos; a definição dos pontos de encontro e dos abrigamentos; a definição dos sistemas de monitoramento e alerta e a definição dos sistemas de alarme. A partir do Cenário de Risco, é possível planejar ações necessárias para o atendimento à população alvo, ou seja, aos moradores expostos em áreas de risco (Figura 3).

Dependendo da especificidade e complexidade (densidade populacional, relevo, topografia, drenagem, solo, geologia, padrão construtivo, abrigos, rotas de fuga, entre outros) das áreas de risco do município, um Cenário de Risco pode incluir uma única área de risco, diversas áreas de risco ou até mesmo compreender todo o território municipal. Como subsídio para a definição, podem ser usados exemplificativamente os seguintes critérios: isocaracterísticas das áreas de risco, isocaracterísticas da vulnerabilidade da população (física e social), rotas de fuga, pontos de encontro (áreas seguras) e abrigos ou outros critérios que o município ou a defesa civil municipal julgarem necessários.

Deve-se levar em consideração a efetividade das ações de contingência a serem propostas frente à quantidade de pessoas dentro de cada Cenário de Risco, bem como a “Capacidade de Proteção e Resposta a Desastres” do órgão de Defesa Civil Municipal na gestão de todos os cenários definidos em um momento de desastre. Entende-se como “Capacidade de Proteção e Resposta a Desastres” a existência de:

1. Defesa Civil Municipal estabelecida legalmente;
2. Legislação Específica de Defesa Civil;
3. Recursos humanos e materiais (quantidade e tipos);
4. Núcleos comunitários de defesa civil;
5. PMRR (Plano Municipal de Redução de Riscos);
6. Abrigos, estoques de alimentos e cobertores, etc.;
7. Preparação de Simulados;
8. Fundos para utilizar em situações de emergência;
9. Cadastro de pessoas que estão em áreas de risco, entre outros.

O estudo do Cenário de Risco também deve incluir a identificação adequada de Rotas de Fuga, Pontos de Encontro e dos Abrigos adequados às necessidades da população vulnerável instalada nas áreas de risco. Da mesma forma podem ser identificados outros elementos de interesse existentes na área ou próximos que tenham potencial utilidade para as ações previstas no **Plano de Contingência**, tais como: locais para abrigos (abrigos próprios, escolas públicas e particulares, igrejas, quadras, hospitais, unidade básicas de saúde, etc.), instituições de segurança pública, entre outros.

#### 4.2.1.1 Mapa das Áreas de Perigo e de Risco

Nas áreas sujeitas a ocorrência de movimentos de massa, os cenários de risco serão as encostas íngremes devidamente identificadas e as áreas adjacentes que podem ser afetadas ou atingidas pelo processo analisado.

Como material de consulta para determinação dos cenários de risco serão utilizados mapas de perigo e/ou de risco realizados previamente por órgãos competentes. A metodologia de mapeamento no âmbito do Projeto GIDES é detalhada no Manual do Eixo “Avaliação e Mapeamento de Áreas de Risco”, coordenado pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil).

Uma mesma área pode estar exposta a diferentes riscos de movimentos de massa, por exemplo, deslizamento planar, deslizamento rotacional, fluxo de detritos e queda de blocos (Figura 5). Para construção do plano de contingência, neste projeto, não se faz necessário distinguir o tipo de movimento de massa, podendo agrupar todas as quatro (04) modalidades em apenas um cenário para facilitar a elaboração das ações de preparação para evacuação.

Essa área pode ser tratada como um cenário de risco único desde que as ações de contingência previstas para os diferentes riscos sejam as mesmas. Contudo, se os riscos existentes na área requerem ações de contingência distintas, é necessária também a distinção dos cenários.

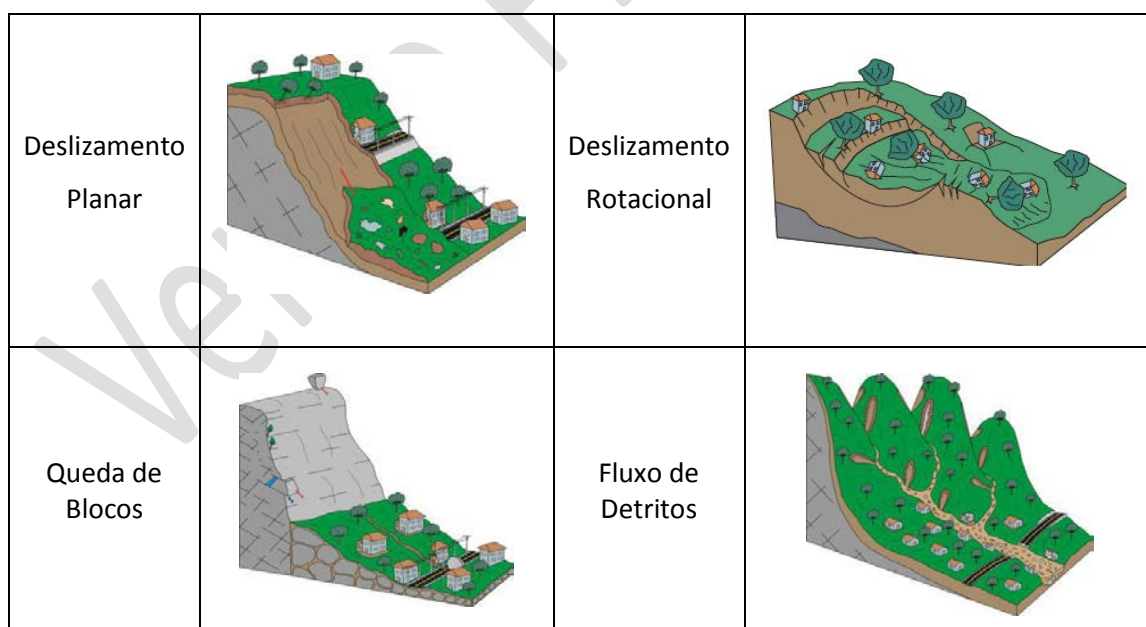
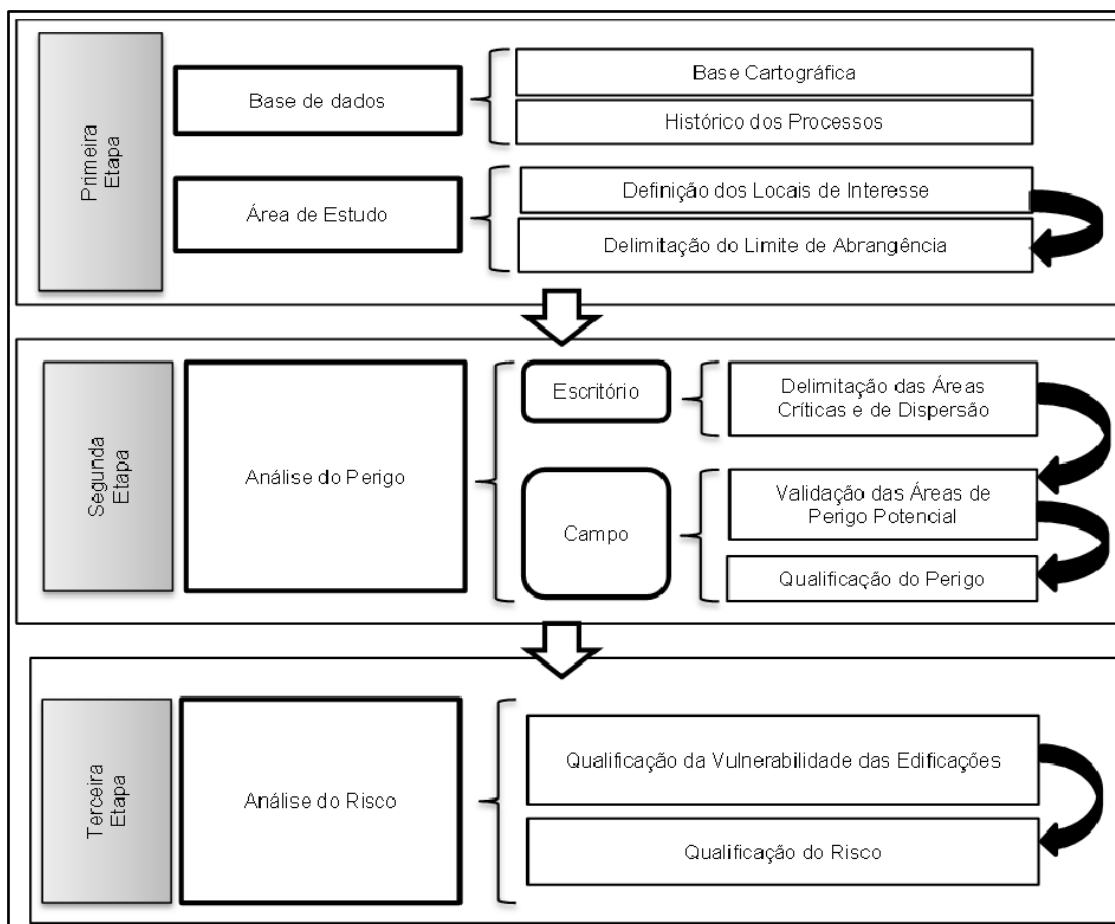


Figura 5 – Tipos de movimento de massa. Fonte: Manual GIDES – CPRM, 2017.

Para se chegar às cartas de Perigo e Risco a Movimentos de Massa foi desenvolvida uma sequência metodológica, dividida em três etapas, apresentada no fluxograma da (Figura

5). O quadro abaixo ilustra os movimentos de massa que compõem os cenários de risco abordados no escopo do projeto GIDES.



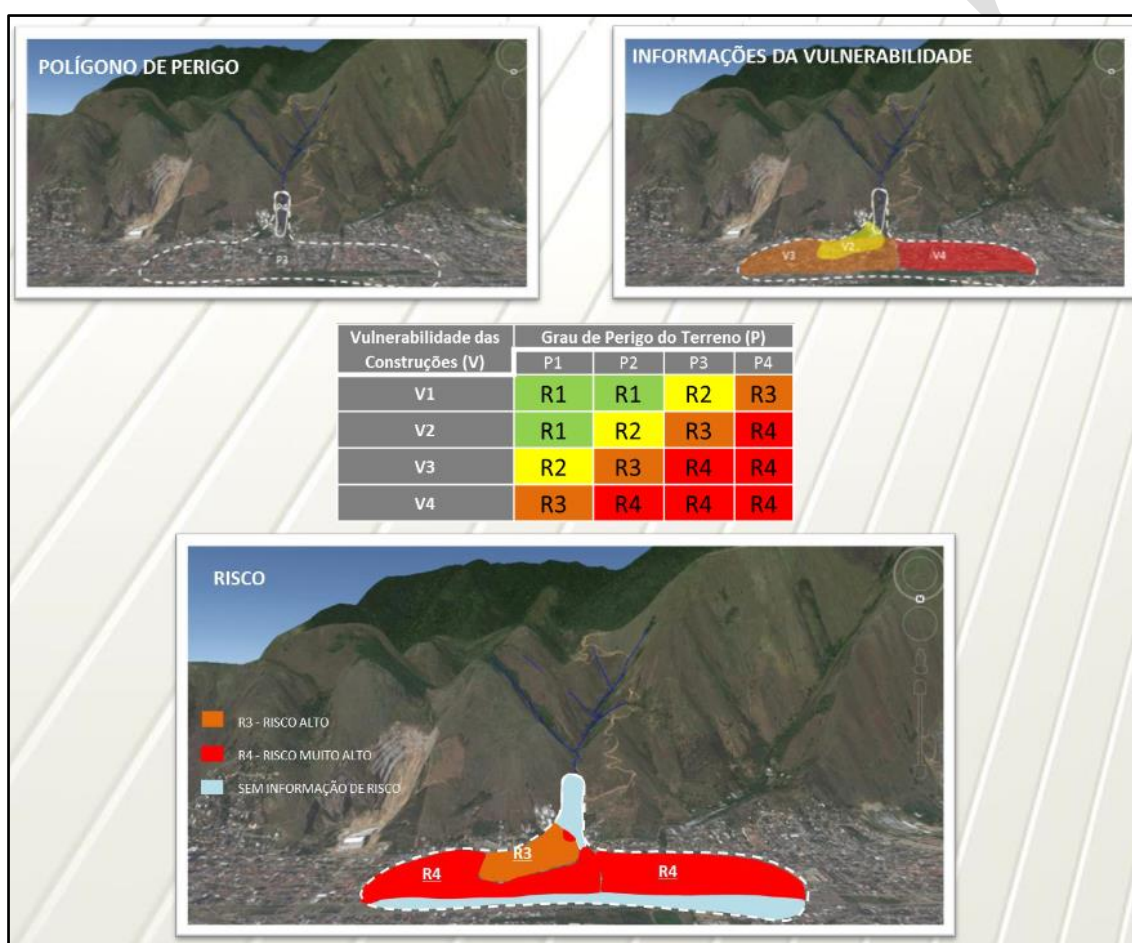
**Figura 6 – Etapas para elaboração das cartas de perigo e de risco a movimentos de massa. Fonte: Fonte: Manual GIDES – CPRM, 2017.**

A **PRIMEIRA ETAPA** é composta pelos levantamentos da base de dados e definição da área de estudo. É importante que, antes de se definir as áreas do município que receberão os mapeamentos de perigo e/ou de risco, os tomadores de decisão compreendam os processos geológicos aqui analisados. A coleta e compilação do histórico de ocorrência de movimentos pretéritos e a disponibilidade de base cartográfica adequada aos levantamentos irão fundamentar essa decisão (Figura 6).

A **SEGUNDA ETAPA** consiste em duas fases: trabalho de escritório e levantamento de campo. Em escritório, deve se aplicar os critérios topográficos para a identificação do perigo potencial e a delimitação das áreas onde pode ocorrer deflagração e/ou atingimento, relativas a cada tipo de movimento gravitacional de massa. A vistoria de campo deve inicialmente validar os critérios e as condições topográficas para então qualificar o grau de perigo, por meio

da avaliação dos indícios físicos de instabilidade do terreno. Essa etapa leva à produção da **CARTA DE PERIGO** (Figura 6).

A **TERCEIRA ETAPA** é constituída pela análise do risco, na qual a vulnerabilidade das edificações (vulnerabilidade física – Foto 1), passíveis a ser atingidas durante os movimentos gravitacionais de massa, será avaliada e devidamente correlacionada com as informações da carta de perigo desenvolvida na etapa anterior. O resultado final desta etapa é a **CARTA DE RISCO** (Figura 6).



**Figura 7 – Exemplo de interação entre os mapas de perigo, vulnerabilidade e de risco a movimentos de massa. Fonte: Manual GIDES – CPRM, 2017.**

Como unidade básica de planejamento, uma área de perigo ou de risco mapeada poderá ser utilizada integralmente como cenário para elaboração de um Plano de Contingência. Admite-se, porém, que uma mesma área de perigo ou de risco mapeada seja subdividida em diversos cenários distintos. Outra possibilidade é que várias áreas de perigo ou de risco

próximas entre si sejam agrupadas em um único cenário, caso haja entendimento de que o conjunto de ações de contingência para elas seja o mesmo.



Foto 1 – Mostra a alta vulnerabilidade física da edificação após movimento de massa na área de risco do Bairro Fortaleza Alta, Blumenau/SC. Fonte: Defesa Civil de Blumenau/SC, 2017.



Para mais informações sobre MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PERIGO E RISCO (Projeto GIDES), consulte o Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa da CPRM.

#### 4.2.1.2 Mapa da População Vulnerável

O Plano de Contingência tem como finalidade principal a tentativa de reduzir os danos humanos nas áreas de risco caso haja um movimento de massa de qualquer natureza e magnitude. Nessa perspectiva, o conhecimento da **População Vulnerável** é fundamental para a efetividade das ações de preparação para evacuação. A partir do conhecimento da população que está inserida numa área de impacto é que são dimensionados todos os recursos humanos e materiais necessários às Ações de Plano de Contingência.



Desse modo, é de suma importância o mapeamento das ocupações humanas acompanhado de um levantamento cadastral de detalhe a ser realizado nessas áreas de risco. É muito importante que se tenha definido o quantitativo populacional que reside nesses setores suscetíveis a movimento de massa, bem como a identificação de vulnerabilidades sociais tais como portadores de necessidade especiais, idosos e crianças, dentre outras. Essas limitações devem ser consideradas no planejamento das Rotas de Fuga e Pontos de Encontro.

O levantamento da **VULNERABILIDADE SOCIAL da POPULAÇÃO** pode ser feito por diferentes métodos, dentre eles:

1. Mapeamento cadastral em campo realizado com equipe própria do município ou através de contratação,
2. Utilizando os dados censitários do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística);
3. Usando as informações de cadastro de IPTU do município (Imposto Predial e Territorial Urbano);
4. Através dos dados das secretarias municipais de educação, habitação, etc.
5. Utilizando as informações dos serviços de assistência social, informações de programas de saúde básica domiciliar, entre outros.

Também é fundamental identificar nessas comunidades seus respectivos **líderes comunitários**. Eles podem ser peças-chave no processo de preparação da comunidade bem como fundamentais em uma situação de emergência real. Por vezes, esses representantes viabilizam acesso aos demais integrantes da comunidade, quebrando eventuais resistências, e apoiando nas atividades de sensibilização e conhecimento das condições e peculiaridades locais. É bastante desejável que esses líderes comunitários sejam capacitados e equipados para desempenharem o papel de liderar a comunidade em um momento de emergência, quando uma evacuação de área de risco se faça necessário. Sugere-se que os líderes comunitários tenham um processo de capacitação diferenciado e disponham de itens como lanternas, bandeirolas, colete, apito, megafone, sinalizador, lista de moradores, telefone celular ou rádio comunitário, dentre outros que podem vir a ser considerados.

#### ***4.2.1.3 Rotas de Fuga***

As rotas de fuga serão estabelecidas para cada cenário de risco e devem indicar o caminho mais seguro entre as áreas de risco ocupadas pela população e os pontos de encontro e/ou abrigos (Figura 8). Para definição das rotas de fuga, recomenda-se que cumpram alguns requisitos básicos:

- ✓ Pode utilizar tanto o mapa de perigo quanto o de risco elaborado com a metodologia do manual desenvolvido pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil) no Projeto GIDES. Lembrando que, de acordo com este manual, mapa de perigo considera apenas elementos de instabilidade do terreno (trincas, degraus/subsidência, árvores inclinadas, cicatrizes de deslizamento, etc.). A influência da presença humana (vulnerabilidade física) no terreno juntamente com a análise de instabilidade (perigo) define o mapa de risco;
- ✓ Preferencialmente devem ser traçadas em um trabalho conjunto entre agentes da defesa civil municipal e moradores das áreas de risco. Essa população alvo é a mais indicada para definir essas rotas de fuga, uma vez que, constitui-se de pessoas com conhecimento do seu ordenamento espacial (acessos, escadarias, concentrações de construções, etc.) de onde vivem;
- ✓ Deve evitar cruzar áreas de perigo que coloquem a população em risco durante a evacuação da área. Quando for impossível evitar que uma rota de fuga atravesse uma área de perigo recomenda-se que o trecho perigoso (susceptível a movimento de massa e até mesmo a inundação) seja devidamente identificado, sinalizado e de conhecimento da população alvo;
- ✓ Devem buscar trajetos que minimizem as dificuldades de deslocamento, evitando barreiras físicas, inclinações excessivas, transposições de obstáculos, levando em conta eventuais necessidades especiais de pessoas da comunidade;
- ✓ Devem permitir a saída da população das áreas de risco no menor tempo possível;
- ✓ Devem ser sinalizadas por meio da instalação de placas indicativas da direção a seguir e da distância a percorrer até ao ponto de encontro;
- ✓ As placas devem ser instaladas a cada mudança de direção ou em linha reta e, dentro do limite do alcance visual. Ou seja, estando em uma placa, deve-se enxergar a outra;
- ✓ As placas devem ser confeccionadas em material durável e pintadas em cores vivas utilizando tintas ou adesivos refletivos, facilitando sua visualização quando da utilização de lanternas durante períodos de pouca luz solar;
- ✓ Quando as condições permitirem, é desejável que haja iluminação artificial ao longo das rotas de fuga;
- ✓ Definir, entre a própria população residente dessas áreas de risco, equipe responsável por conduzir os moradores vulneráveis pelas rotas de fuga de forma adequada durante a evacuação.



**Figura 8 – Mapa com o traçado das rotas de fuga na área de risco do Bairro Fortaleza Alta até o local de abrigo (Escola Básica Municipal Helna Finardi Pegorim), Blumenau/SC. Fonte: Defesa Civil de Blumenau/SC, 2017.**

#### 4.2.1.4 Pontos de Encontro e Abrigos

##### **PONTOS DE ENCONTRO**

Os Pontos de Encontro são áreas seguras para onde os moradores de áreas de risco de movimentos de massa se deslocam no processo de evacuação, percorrendo rotas de fuga prioritariamente definidas no Plano de Contingência. Posteriormente, seguem para os abrigos mediante orientações e autorização dos agentes da Defesa Civil Municipal.

Seguem abaixo, alguns requisitos para definição dos Pontos de Encontro:

1. Preferencialmente, devem ser áreas externas aos setores de perigo e de risco de movimentos de massa mapeados pela CPRM;
2. Devem ser áreas seguras e definidas em conjunto com agentes da defesa civil municipal e moradores das áreas de perigo, além de outros atores envolvidos no gerenciamento de riscos e desastres do município. Informações locais são muito

- valiosas e aumentam o comprometimento das pessoas dessas áreas de risco com as ações contidas no plano de contingência;
3. As rotas de fuga também são um elemento importante para escolha dos Pontos de Encontro, uma vez que, interligam as residências em setores de risco com áreas seguras onde se concentrarão os vulneráveis no processo de evacuação;
  4. Áreas que acolherão as pessoas das áreas de perigo e de risco após a evacuação de suas residências e percorrer rotas de fuga pré-estabelecidas no plano;
  5. Os moradores permanecerão nos Pontos de Encontro até que agentes da defesa civil municipal, líderes comunitários ou NUPDECs capacitados e treinados repassem orientações a eles sobre as atuais condições geológicas, meteorológicas, das vias terrestres, dos rios, dos abrigos, etc.;
  6. Em seguida, os moradores poderão seguir para os abrigos desde que agentes da defesa civil municipal, líderes comunitários ou NUPDECs liberem este deslocamento em condições seguras de mobilização através das rotas de fuga;
  7. No momento da evacuação, não é necessário que os moradores das áreas de risco se dirijam primeiramente aos pontos de encontro para apenas em seguida ir aos abrigos. Caso o abrigo esteja mais próximo do Cenário de Risco que o Ponto de Encontro, as pessoas podem se locomover diretamente para o abrigo, desde que estabelecido no Plano de Contingência, sempre seguindo as rotas de fuga pré-estabelecidas;
  8. Deverão ser permanentemente identificados e atualizados, quando necessário. A localização dos Pontos de Encontro deverá ser divulgada a toda população que ocupa os cenários de risco;
  9. Nos Pontos de Encontro em que houver disponibilidade (espaço físico e seguro), podem ser alocados mantimentos e/ou equipamentos para servirem de apoio durante uma emergência (enquanto tiver presença de morador evacuado e no aguardo orientações da defesa civil municipal), tais como: lanternas, sinalizadores, alimentos não perecíveis, dentre outros.

## **ABRIGOS**

É conveniente identificar outros elementos de interesse existentes no entorno das áreas de risco ou dentro delas desde que sejam seguros e, que tenham potencial utilidade para as ações previstas no Plano de Contingência, tais como abrigos ou locais para abrigamentos.

Seguem abaixo, alguns requisitos para definição dos Abrigos ou Locais para Abrigamentos:

1. Um abrigo deve ser localizado em local seguro, interna ou externamente aos dos cenários de risco. Internamente, apenas quando definitivamente não tiver outro lugar seguro, próximo e no entorno das áreas de perigo e de risco;
2. As rotas de fuga devem ser de fácil acesso para que os moradores das áreas de risco possam se deslocar sem impedimentos, tanto dos pontos de encontro como de suas residências para os abrigos ou locais de abrigamentos;
3. Caso o município não possua ou não tenha condições de construir abrigo próprio, os pontos de encontro, nesses casos, podem servir de locais de abrigamentos temporários, desde que tenham estrutura adequada para tal;
4. A Defesa Civil Municipal deverá mapear todos os elementos de interesse dentro e no entorno dos Cenários de Risco, ou seja, instituições públicas (por exemplo, escolas) e privadas que podem servir de locais de abrigamentos, além de cadastrar os abrigos propriamente ditos, caso existam no município (Foto 2);
5. De acordo com a Lei Federal nº 12.608/2012, compete aos municípios organizar e administrar abrigos provisórios para assistência à população em situação de desastre, em condições adequadas de higiene e de segurança;
6. A Política Nacional de Assistência Social incluiu o gerenciamento de abrigos na Tipificação Nacional de Serviços Socioassistenciais, cabendo ao Assistente Social a responsabilidade de gerenciar os abrigos provisórios em calamidades públicas emergenciais;
7. O planejamento das ações de abrigo deve essencialmente garantir o provimento de água, alimentação, boas condições de higiene, saúde e segurança, além de elementos mínimos que garantam o respeito e a dignidade humana. Com essa concepção é necessário dar atenção a situações igualmente importantes, como considerar que a organização do espaço deve privilegiar a condição de aglutinação familiar ou de vizinhança. Em uma situação de abrigamentos, é de fundamental importância a garantia da segurança nas áreas evacuadas e interditadas por parte do Poder Público;




**Foto 2 – Exemplo de local para abrigo no município de Blumenau/SC durante o processo de evacuação dos moradores das áreas de risco: Escola Básica Municipal Helna Finardi Pegorim, Bairro Fortaleza Alta. Fonte: Defesa Civil de Blumenau/SC, 2017.**

8. Os abrigos ou locais de abrigamentos têm que prever ações de preparação para o processo de evacuação, antes mesmo do desastre se concretizar. Na iminência de um desastre de movimento de massa, os abrigos devem ser abertos e prontamente preparados para receber a população que venha a evacuar das áreas de risco;
9. A depender das proporções e da complexidade do cenário, esta ação pode ser subdividida em outras ações menores, como a mobilização da equipe responsável pelo abrigo, preparação do local para recebimento da população, abertura do abrigo e até mesmo a finalização das atividades do abrigo, após o desastre e do retorno à normalidade;
10. Caso um cenário de risco de movimento de massa se concretize, impossibilitando o retorno da população à suas casas, os moradores terão que permanecer no abrigo provisoriamente até que uma solução definitiva seja alcançada. Nesse caso, o abrigo deverá ter condições de dar suporte à população por todo esse período;
11. Para cada nível de “Alerta Alto e Muito Alto” emitido pelo CEMADEN existirá uma ação específica para a administração do abrigo ou locais de abrigamentos (Figura 9):

Critérios Padronizados para Correlação de Procedimentos de Alerta, Alarme e Evacuação contra Movimentos de Massa.			
Previsão e Alertas		PLANO DE EVACUAÇÃO PARA RISCOS DE MOVIMENTOS DE MASSA	
Comunicado à DCM (Cemaden/DCE/órgão Municipal)		Principais Ações de Preparação da Evacuação	
		DCM	
		Ações Externas	
Alerta	Gatilhos	Atividades	Responsável / Alvo da Ação
Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Curva Cobra atingindo ou acima da LPA, porém, abaixo da LPMA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acionar o Plano de Evacuação.</li> <li>Emitir <b>ALERTA DE PREPARAÇÃO PARA EVACUAÇÃO</b> para a população das Áreas de Risco (sirenes, SMS, mídias sociais, etc.).</li> <li>Mobilização externa da equipe técnica da DCM.</li> <li><b>PREPARAÇÃO DOS ABRIGOS OU LOCAIS DE ABRIGAMENTOS.</b></li> <li>Comunicação com os NUPDEC's e outros órgãos do município.</li> <li>Registrar ocorrências de movimentos de massa em campo.</li> </ul>	Autoridade competente. / Representantes municipais.
Muito Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Curva Cobra atingindo ou acima da LPMA, porém, abaixo da LC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emitir <b>ALARME PARA EVACUAÇÃO IMEDIATA</b> para a população das Áreas de Risco (sirenes, SMS, mídias sociais, etc.).</li> <li>Mobilização externa da equipe técnica da DCM.</li> <li><b>ABERTURA E GERENCIAMENTO DOS ABRIGOS OU LOCAIS DE ABRIGAMENTO.</b></li> <li>Registrar ocorrências de movimentos de massa em campo.</li> </ul>	Autoridade competente. / Moradores das áreas em risco.

LPA: Linha de Probabilidade Alta; LPMA: Linha de Probabilidade Muito Alta; LC: Linha Crítica.

**Figura 9 – Ações distintas para gerenciamento dos abrigos ou locais de abrigamentos frente aos diferentes níveis de alertas elaborados pelo CEMADEN e emitidos pelo CENAD. Fonte: CENAD, 2017.**



Para mais informações acerca da “Administração de Abrigos ou Locais de Abrigamentos”, acesse o “Livro Base” da SEDEC/MI (Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil / Ministério da Integração Nacional): <http://www.mi.gov.br> (Proteção e Defesa Civil – Publicações - Livro Plano de Contingência - Elaboração de Plano de Contingência - Livro Base).

#### 4.2.1.5 Sistema de Monitoramento e Alertas

Os sistemas de monitoramento e alerta visam ao acompanhamento de parâmetros técnicos relacionados a determinado tipo de risco, com objetivo de gerar alertas que antecipem um possível desastre, subsidiando assim ações de contingência de preparação e resposta.

Independente do sistema utilizado para prever e monitorar eventos críticos, os diferentes níveis de alertas gerados servem de gatilhos para a alteração do nível operacional da defesa civil ou tomada de ações de contingência específicas. Cabe ressaltar que ocorrências de movimentos de massa relatadas pela população ou verificadas por vistorias *in loco* por agentes da defesa civil municipal também são gatilhos que podem ser aplicados.

Para o escopo adotado no Projeto GIDES, voltado para riscos de movimentos de massa, foi proposto o método de alerta “Compartilhado” para o CEMADEN (Centro Nacional

de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), criado com base na experiência japonesa e adaptado para a realidade brasileira, com participação de todos os órgãos envolvidos. O resultado do método gera 05 níveis (Baixo Cessar, Moderado, Alto, Muito Alto e Máximo) de alertas (Figura 10) que foram utilizados para a correlação com as ações de contingência, conforme será abordado no Item 4.2.2.

#### 4.2.1.5.1 Metodologia GIDES – Método Compartilhado

Conforme supramencionado, o Método Compartilhado de Alertas para movimentos de massa foi produzido no âmbito do Projeto GIDES, tendo coordenação do CEMADEN. De maneira resumida, o método prevê o cruzamento entre o histórico de chuva em determinada localidade e o registro de ocorrências naquele período. Como resultado, têm-se as chuvas que registraram ocorrências e aquelas que não geraram ocorrências.

Esse resultado gera pontos em um gráfico de correlação entre níveis pluviométricos e são utilizados para chegar à linha crítica, ou seja, a linha que dividirá uma chuva que gera ocorrências e uma que não gera. Com a linha crítica traçada, chega-se às linhas dos diferentes níveis de alerta.



**Para mais informações sobre o Método Compartilhado (Projeto GIDES) de concepção de alertas, consulte o Manual de Monitoramento e Alerta do CEMADEN.**

Na Figura 10 abaixo, são mostrados os diferentes níveis de alerta, com a respectiva probabilidade de ocorrência de eventos de movimento de massa para cada nível, sendo que cada nível corresponde a um gatilho para a troca de nível operacional da defesa civil municipal e para ações de contingência.



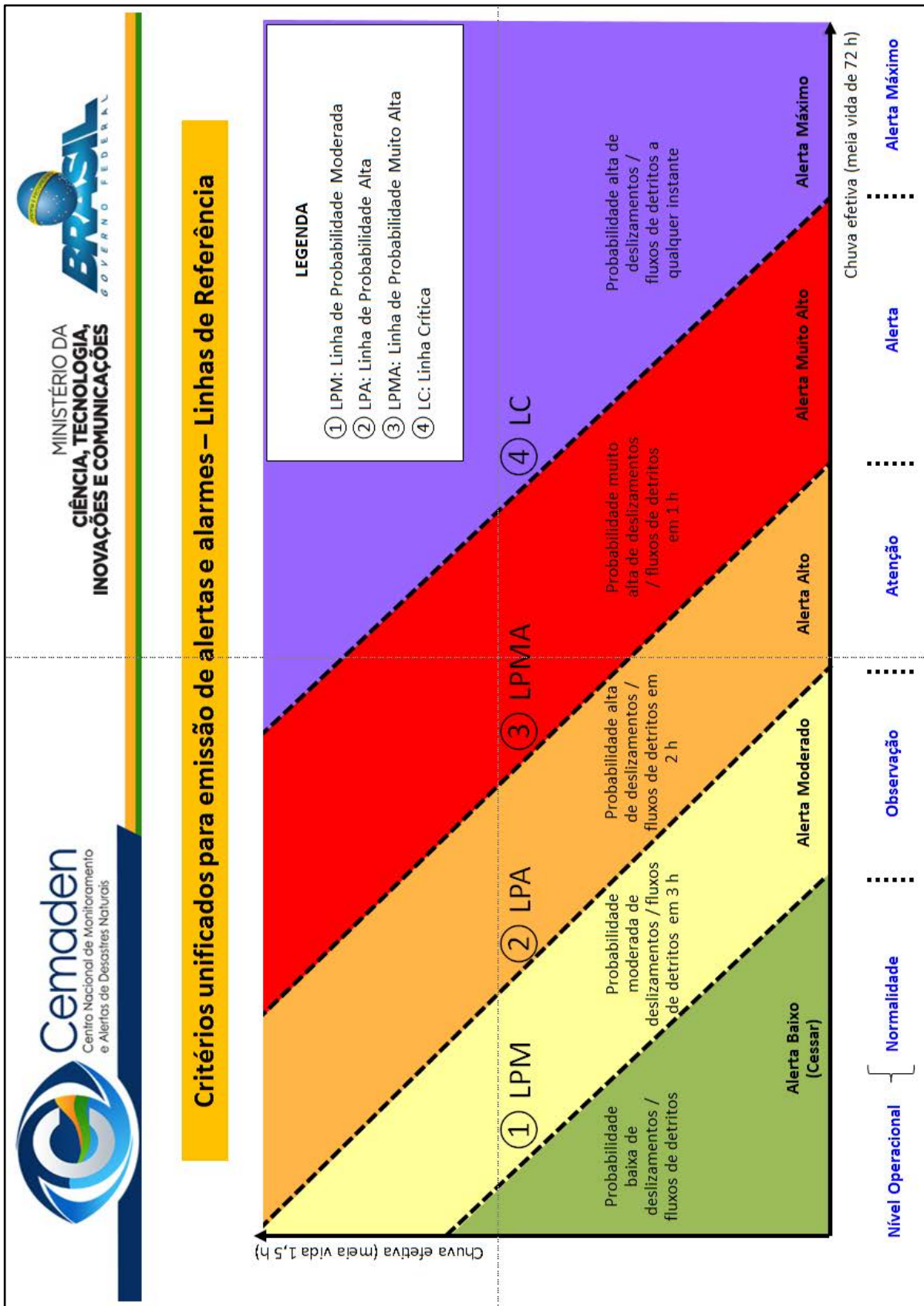


Figura 10 – Critérios Unificados para emissão de alertas e alarmes – Linhas de Referência – Fonte: Manual de Monitoramento e Alertas do CEMADEN – Projeto GIDES, 2017.

Cabe ressaltar que conforme legislação atual, o instrumento de alerta é produzido pelo CEMADEN e disseminado pelo CENAD aos órgãos de proteção e defesa civil do nível estadual e municipal acompanhado de proposta de ações contingência de preparação de desastres a serem aplicadas pelo município.

#### 4.2.1.5.2 Vistorias In Loco

Na perspectiva de um risco de desastre, as vistorias técnicas (Foto 3) prévias *in loco* devem ser iniciadas nos locais mais críticos, com intuito de identificar indícios de processos que podem deflagrar movimentos de massa (elementos de instabilidade do terreno, tais como trincas no terreno e na edificação; degraus de abatimento; árvores, muros e postes inclinados; cicatrizes de deslizamento; “embarrigamento” de muros e paredes; etc.) e, conseqüentemente ações pré-estabelecidas no Plano de Contingência, como por exemplo, a evacuação dos moradores das áreas de perigo e de risco mapeadas pela CPRM.



**Foto 3 – Mostra a Geologia da Defesa Civil de Blumenau/SC realizando inspeção técnica de campo em áreas de perigo de movimento de massa. Fonte: Defesa Civil de Blumenau/SC, 2017.**

As equipes técnicas de vistoria devem ser devidamente treinadas e capacitadas e devem possuir conhecimento adequado sobre as áreas de risco sob sua responsabilidade, visto que estarão expostas a perigos ao adentrar áreas com suscetibilidade de movimento de massa.

Para essa ação, com intuito de proteger as equipes técnicas, é importante que sejam determinadas condições para encerramento desta atividade. A título de exemplo, o procedimento de vistoria *in loco*, por agentes da defesa civil municipal, pode ser deflagrado na emissão de um Alerta Alto e encerrado caso seja emitido um Alerta Muito Alto, ocasião em que todos os técnicos e moradores receberão o Alerta para Evacuação Imediata, tratado adiante.

#### 4.2.1.5.3 Relato de Ocorrências pela População

Em algumas situações, mesmo antes da emissão de um alerta ou outro instrumento de gatilho, o relato de ocorrências de movimentos de massa por parte dos moradores de áreas e risco ou instrumentos de mídia pode dar início à deflagração de ações de contingência da Defesa Civil municipal.

Diante disso, é muito importante que a população possua um canal de comunicação com a Defesa Civil do município, preferencialmente por meio do telefone 199, por meio do qual essas informações deverão ser registradas, comunicando às equipes responsáveis sobre dados relevantes recebidos.

Se devidamente capacitados pelos agentes da Defesa Civil, os moradores das áreas de risco serão capazes de reconhecer elementos de instabilidade do terreno que podem deflagrar movimentos de massa, tais como: trincas no terreno e na edificação, degraus de abatimento, árvores, muros e postes inclinados, cicatrizes de deslizamento; “embarrigamento” de muros e paredes, ou outros indícios que merecem atenção especial dos responsáveis da Defesa Civil.

É importante que haja o registro das ocorrências em banco de dados, visando estudos posteriores, como por exemplo, refinamento dos limiares para geração de alertas mais precisos (CEMADEN); compreensão e retroanálise do evento de movimento de massa ocorrido (CPRM), se as ações de contingência internas e externas da defesa civil municipal foram efetivas ou precisam ser revisadas (DCM/DCE/CENAD), entre outras.

#### 4.2.1.5.4 Avisos meteorológicos

Órgãos de meteorologia em nível federal, estadual ou municipal, a partir de modelagem numérica e análise da situação atmosférica geram previsões de tempo adverso em formato de avisos ou boletins meteorológicos. Essas informações apresentam uma

antecedência maior (24 ou 48 horas) que um alerta de curto prazo, mas não possuem o mesmo detalhamento espacial.

Diante da especificidade de tais informações, os órgãos de proteção e Defesa Civil devem se valer de forma complementar nas atividades de monitoramento, podendo os avisos serem utilizados como gatilhos para ações de contingência que demandem um tempo maior para sua execução ou para manter a equipe interna de sobreaviso e prontamente mobilizável.

Na esfera federal, por exemplo, citam-se o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC como órgãos meteorológicos que geram avisos e boletins de condições adversas de tempo.

#### 4.2.1.6 *Sistemas de Alarme (Comunicação com População)*

O sistema de alarme tem a finalidade de comunicar a população vulnerável, em uma situação de emergência, sobre a necessidade de se preparar e se deslocar para um local seguro (ponto de encontro, abrigos ou locais de abrigamentos). Por isso, é de fundamental importância que esteja integrado ao sistema de alerta definido no município.

Para a definição de **Sistemas de Alarme** efetivos é necessário levar em conta alguns requisitos básicos:

- ✓ Ser de amplo conhecimento da comunidade e abranger toda a população vulnerável em determinada área de perigo e de risco;
- ✓ Possuir procedimento de acionamento bem definido, com regras claras e treinadas entre a equipe responsável;
- ✓ Garantir o seu pleno funcionamento, com revisões periódicas e meios alternativos para intercorrências previamente estabelecidos;
- ✓ Levar em conta a característica da população a ser alertada, prevendo, por exemplo, sinais luminosos para eventuais deficientes auditivos.

Os moradores das áreas de risco de movimentos de massa poderão receber os **ALARMES** do município de diversas formas, por exemplo, via:

1. Envio de mensagem SMS;
2. Redes sociais: *Facebook, WhatsApp, etc*;
3. Sinal sonoro (sirenes);
4. Sinal luminoso;

5. Apitos, megafones e sinais dos sinos de igrejas;
6. Canais de Rádio e/ou TV;
7. Veículos da DCM (carros de som, etc.);
8. NUPDECs (“Núcleos de Proteção e Defesa Civil” formados por lideranças comunitárias e moradores das áreas de risco);
9. Entre outras inúmeras formas de comunicação entre a DCM e o morador e isso depende da infraestrutura do município e da defesa civil municipal.

É ideal que a defesa civil busque construir canais de comunicação em tempo real com a população, inserindo-a em todas as suas ações, divulgando medidas de prevenção, dados de monitoramento e não apenas no acionamento isolado de alarmes. Essa medida contribui para a percepção de risco e torna a comunidade protagonista nas ações de proteção e Defesa Civil.

No Projeto GIDES, os principais gatilhos para ACIONAMENTO DO ALARME serão o ALERTA MUITO ALTO e o ALERTA MÁXIMO elaborados conforme a Metodologia GIDES descrita no Manual de Previsão e Alerta do CEMADEN. A emissão desses alertas desencadeará alarmes com ações de contingências (internas e externas) bem distintas da Defesa Civil municipal. Serão considerados os seguintes processos:

- Para desastres de Deslizamento Planar e Fluxo de Detritos, o critério utilizado para emissão de alertas será decorrente de parâmetros de precipitação, acumulado e previsão de precipitação;
- Para os Deslizamentos Rotacionais, o monitoramento será realizado por meio de instrumentação técnica e vistorias *in loco*, visto que não há parâmetro preciso que permita associar esse movimento a um limiar pluviométrico;
- Para a Queda de Blocos, ainda não é possível definir um critério técnico para emissão desse alerta. Contudo, trata-se do caso menos comum e representa apenas uma pequena fração dos desastres de movimentos de massa que ocorrem no país, devendo ser objeto de futuras pesquisas.

Previsão e Alertas		Nível Operacional		Alerta/Alarme à Populacional (DCM/DCE)		Evacuação da População das Áreas de Risco (DCM/DCE)		Principais Ações de Preparação da Evacuação DCM		
Comunicado à DCM (Cemaden/DCE/Órgão Municipal)		Nome		Nome		Nome		Ações Externas		
Alerta		Gatilhos		Gatilhos		Gatilhos		Atividades		
Alto	• Curva Cobrindo ou acima da LPA, porém, abaixo da LPMA.	Observação	• Vigência do Alerta Moderado. • Registro de evento precursor / ocorrência conforme potenciais (movimento de massa).	• Vigência do Alerta Alto. • Registro de evento precursor / ocorrência conforme potenciais esperados para este nível operacional.	- x -	• Vigência do Alerta Alto. • Registro de evento precursor / ocorrência de movimento de massa.	• Acionar o Plano de Evacuação. • Emitir <b>ALERTA DE PREPARAÇÃO PARA EVACUAÇÃO</b> para a população das Áreas de Risco (sirenes, SMS, mídias sociais, etc.). • Mobilização externa da equipe técnica da DCM. • Preparar os pontos de apoio e abrigos. • Comunicação com os NUPDEC's e outros órgãos do município. • Registrar ocorrências de movimentos de massa em campo.	Responsável	Alvo da Ação	Representantes municipais.
	• Curva Cobrindo ou acima da LPMA, porém, abaixo da LC.	Alerta	• Vigência do Alerta Muito Alto. • Registro de evento precursor / ocorrência conforme potenciais (movimento de massa).	• Vigência do Alerta Muito Alto. • Registro de evento precursor / ocorrência conforme potenciais esperados para este nível operacional.	Imediata	• Vigência do Alerta Alto. • Registro de evento precursor / ocorrência de movimento de massa.	• Emitir <b>ALARME PARA EVACUAÇÃO IMEDIATA</b> para a população das Áreas de Risco (sirenes, SMS, mídias sociais, etc.). • Mobilização externa da equipe técnica da DCM. • Abrir os pontos de apoio e abrigos. • Registrar ocorrências de movimentos de massa em campo.	Autoridade competente.	Moradores das áreas em risco.	
	• Curva Cobrindo ou acima da LC.	Alerta Máximo	• Vigência do Alerta Máximo. • Registro de evento precursor / ocorrência conforme potenciais (movimento de massa).	• Vigência do Alerta Máximo. • Registro de evento precursor / ocorrência conforme potenciais esperados para este nível operacional.	Obrigatória	• Vigência do Alerta Máximo. • Registro de evento precursor / ocorrência de movimento de massa.	• Emitir <b>ALARME DE EVACUAÇÃO OBRIGATORIA</b> para a população das Áreas de Risco (sirenes, SMS, mídias sociais, etc.). • Prover socorro e atendimento à população afetada. • Registrar ocorrências de movimentos de massa em campo.	Autoridade competente.	População atingida.	

LPMA: Linha de Probabilidade Moderada; LPA: Linha de Probabilidade Alta; LPMA: Linha de Probabilidade Muito Alta; LC: Linha Crítica.

Figura 11 – Definição das ações externas de contingência em função do tipo de alerta emitido (Muito Alto ou Máximo) e o tipo de alarme gerado para cada alerta. Fonte: CENAD, 2017.

A Figura 11 ilustra de forma clara e objetiva esse procedimento. Por exemplo, o CEMADEN elabora o nível de ALERTA MUITO ALTO para uma determinada área em um período chuvoso. Esse Alerta Muito Alto é repassado ao CENAD, conforme pactuado em protocolo. Posteriormente, o CENAD transmite esse Alerta Muito Alto às Defesas Cíveis municipal e estadual alvos com uma ação de contingência específica. A autoridade competente da Defesa Civil Municipal (DCM) decide se enviará ou não o ALERTA MUITO ALTO, através de um tipo de ALARME, aos moradores daquela área de risco a movimentos de massa. Para isso, a DCM dependerá ou não de algumas confirmações, tais como: confirmação da precipitação e do seu volume nos pluviômetros, vistoria em campo pelo agente da DCM, etc.

Caso positivo, ou seja, a autoridade competente da Defesa Civil Municipal (DCM) emita o ALERTA MUITO ALTO, o município entra em estado OPERACIONAL DE ALERTA e aciona o ALARME PARA EVACUAÇÃO IMEDIATA. Neste momento, os moradores das áreas de risco de movimentos de massa devem sair imediatamente de suas casas, percorrer as rotas de fuga pré-estabelecidas no plano de contingência até atingir aos pontos de encontro, abrigos ou locais de abrigamentos conforme definido anteriormente. Além disso, a DCM, por exemplo, mobiliza a sua equipe técnica externa, abre os pontos de encontro e abrigos ou locais de abrigo e, registra as ocorrências de movimentos de massa em campo.

#### **4.2.2 Ações de Contingência (Tabela do Plano de Evacuação)**

##### **4.2.2.1 Histórico**

Dada a complexidade e multiplicidade dos cenários de risco e desastres possíveis, as ações esperadas em um **Plano de Contingência** podem ser diversas, entretanto é possível listar as ações mais comuns e esperadas para **Cenários de Riscos de Movimentos de Massa**.

O principal foco das ações deve ser a proteção da vida, devendo as ações de proteção da população ser priorizadas ante a qualquer outra.

As ações realizadas antes ou na iminência de um desastre têm por objetivo evitar danos à população caso o cenário venha a se concretizar. Neste grupo estão inclusas as ações que visam preparar a população e instituições envolvidas para um possível desastre, como por exemplo: vistorias técnicas em áreas com risco conhecido, preparação de abrigos, evacuação de áreas de perigo, entre outras.

No Brasil não há uma padronização das ações internas e externas de contingência da Defesa Civil Municipal em relação aos níveis de alerta emitidos por órgãos públicos federais, estaduais ou até mesmo municipais.

Os nomes e quantidades de níveis de alerta para riscos de movimentos de massa variam de acordo o município e estado, bem como as ações internas e externas de contingência.

Os municípios de Petrópolis/RJ, Nova Friburgo/RJ, Blumenau/SC e os estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro foram escolhidos como pilotos na aplicação das metodologias desenvolvidas no Projeto GIDES. Cada ente possui uma tabela de correlação entre as ações internas e externas de contingência da Defesa Civil Municipal, Estadual e Federal de preparação para evacuação com os níveis de alerta e os níveis operacionais.

A Defesa Civil Municipal de Blumenau/SC trabalha com uma tabela (Anexo A) constituída de cinco (05) níveis de alerta (1 – Vigilância-Normalidade; 2 – Observação-Pré-Atenção; 3 – Atenção; 4 – Alerta; 5 – Alerta Máximo) que desencadeiam ações internas e externas de contingência da **Defesa Civil Municipal** de preparação para evacuação com sistema próprio de monitoramento e alerta (o Sistema ALERTABLU).

A Defesa Civil Municipal de Petrópolis/RJ baseia-se em uma tabela (Anexo B) composta também por cinco (05) níveis de alerta (1 – Vigilância; 2 – Vigilância para Atenção; 3 – Atenção; 4 – Atenção para Alerta; 5 – Alerta para Crise) com nomenclaturas diferentes das de Blumenau/SC. Porém, no caso deste município, além das ações internas e externas de contingência da **Defesa Civil Municipal** de preparação para evacuação acrescentam-se também as ações de **Defesa Civil do Estado e do Governo Federal** para cada nível de alerta.

Já a Defesa Civil Municipal de Nova Friburgo/RJ utiliza uma tabela (Anexo C) composta apenas por quatro (04) níveis de alerta (1 – Baixo; 2 – Moderado; 3 – Alto; 4 – Altíssimo) também com nomenclaturas diferentes em relação aos outros dois municípios. Além disso, este município diferencia-se de Blumenau/SC e Petrópolis/RJ porque trabalha com quatro (04) níveis operacionais (1 – Normalidade; 2 – Atenção; 3 – Alerta; 4 – Alerta Máximo) correlacionados aos quatro (04) níveis de alerta associando-se aos tipos de impactos, gatilhos, alarmes à população e de evacuação.

É importante ressaltar que, existe uma grande dificuldade comparativa destas tabelas supracitadas quando se refere aos níveis de alerta, uma vez que, os critérios de atingimento dos limiares para mudança de estágio variam de município para município em



função das suas particularidades tais como geológicas, pedológicas, topográficas, densidade populacional, estrutura de Defesa Civil municipal, entre outras.

Um dos grandes desafios do CENAD/SEDEC/MI no PROJETO GIDES foi a padronização destas tabelas numa metodologia única com objetivo de expandi-la a todos os outros municípios brasileiros. Este trabalho árduo e complexo de padronização foi possível devido a união de esforços dos entes envolvidos no projeto (CENAD/SEDEC/MI, Blumenau/SC, Petrópolis/RJ, Nova Friburgo/RJ, CEMADEN, além dos consultores japoneses da JICA).

Posteriormente, o estado do Rio de Janeiro representado pelo CEMADEN-RJ (Centro Estadual de Monitoramento e alerta de Desastres Naturais) e a Defesa Civil do Estado de Santa Catarina, representantes dos municípios pilotos, tiveram uma participação muito importante e efetiva neste trabalho de padronização das atividades de defesa civil.

O estado de Santa Catarina possui um fluxograma (Anexo D) bastante detalhado contendo 04 níveis bem distintos de avisos e alertas. As atividades em todos os níveis envolvem vários órgãos da administração pública que fazem um trabalho interativo para a definição mais adequada de ações internas de contingência do estado.

A tabela (Anexo E) utilizada pelo CEMADEN-RJ é composta apenas por critérios que permitem a mudança de três (03) estágios/níveis de alerta definidos pelo centro (1 – Vigilância; 2 – Atenção; 3 – Alerta) com três respectivas situações de riscos e cores (1 – Baixo/Verde; 2 – Moderado/Amarelo; 3 – Alto/Vermelho).

#### *4.2.2.2 Ações de Preparação para Evacuação (Principal Produto)*

Com a inserção dos estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina no processo, através das tabelas de correlação entre as ações de contingência com os níveis de alerta, aumentou-se a dificuldade e a complexidade de padronização dos cinco (05) fluxos apresentados por cada ente partícipe do Projeto GIDES. Após um (01) ano de muitas discussões e reuniões técnicas municipais, estaduais e federais – acerca de conceitos (por exemplo: alertas, avisos e alarmes), processos metodológicos (ações de contingências internas e externas da Defesa Civil Municipal), número de níveis de alertas, nomenclatura dos níveis operacionais e das formas de mobilização da população alvo das áreas de riscos a movimentos de massa – chegou-se a um consenso das **Ações de Preparação para Evacuação**. Estes conceitos e ações padronizados estão em uma tabela denominada de **PLANO DE EVACUAÇÃO** (Figura 12, Figura 13 e Figura 14).

Critérios Padronizados para Correlação de Procedimentos de Alerta, Alarme e Evacuação contra Movimentos de Massa.													
PLANO DE EVACUAÇÃO PARA RISCOS DE MOVIMENTOS DE MASSA													
Previsão e Alertas			Nível Operacional (2)				Boletim Meteorológico (DCE)		Alerta/Alarme à População (DCM/DCE)		Evacuação da População das Áreas de Risco (DCM/DCE)		
Alerta	Significado	Gatilhos (3)	Nome	Gatilhos	Impactos Potenciais	Nome	Gatilhos	Nome	Gatilhos	Nome	Gatilhos	Nome	Gatilhos
Baixo (Cessar)	Alerta de Probabilidade Baixa de Movimento de Massa (Cessar).	• Curva Cobra abaixo da LPM.	Normalidade	• Vigência do Alerta Baixo (Cessar)	• Nenhum evento precursor ou ocorrência.	- x -	- x -	- x -	- x -	- x -	- x -	- x -	- x -
Moderado	Alerta de Probabilidade Moderada de Movimento de Massa, em 3 h.	• Curva Cobra atingindo ou acima da LPM, porém, abaixo da LPA.	Observação	• Vigência do Alerta Moderado. • Registro de evento precursor/ ocorrência conforme impactos potenciais (movimento de massa).	• Movimento de massa (COBRADE 1.1.3)	Boletim Meteorológico de Observação.	• Previsão ≥ x mm/24 h, (movimento de massa).	- x -	- x -	- x -	- x -	- x -	- x -
Alto	Alerta de Probabilidade Alta de Movimento de Massa, em 2 h.	• Curva Cobra atingindo ou acima da LPA, porém, abaixo da LPMA.	Atenção	• Vigência do Alerta Alto. • Registro de evento precursor/ ocorrência conforme impactos potenciais (movimento de massa).	• Movimento de massa (COBRADE 1.1.3)	Boletim Meteorológico de Atenção.	• Previsão ≥ x mm/24 h, (movimento de massa).	Alerta de Preparação para Evacuação	• Vigência do Alerta Alto. • Registro de evento precursor/ ocorrência conforme impactos potenciais esperados para este nível operacional.	- x -	- x -	- x -	• Vigência do Alerta Alto. • Registro de evento precursor/ ocorrência de movimento de massa.
Muito Alto	Alerta de Probabilidade Muito Alta de Movimento de Massa, em 1 h.	• Curva Cobra atingindo ou acima da LPMA, porém, abaixo da LC.	Alerta	• Vigência do Alerta Muito Alto. • Registro de evento precursor/ ocorrência conforme impactos potenciais (movimento de massa).	• Movimento de massa (COBRADE 1.1.3)	Boletim Meteorológico de Alerta.	• Previsão ≥ x mm/24 h, (movimento de massa).	Alarme para Evacuação Imediata	• Vigência do Alerta Muito Alto. • Registro de evento precursor/ ocorrência conforme impactos potenciais esperados para este nível operacional.	Imediata			• Vigência do Alerta Muito Alto. • Registro de evento precursor/ ocorrência de movimento de massa
Máximo	Alerta de Probabilidade Máxima de Movimento de Massa, a qualquer instante.	• Curva Cobra atingindo ou acima da LC.	Alerta Máximo	• Vigência do Alerta Máximo. • Registro de evento precursor/ ocorrência conforme impactos potenciais (movimento de massa).	• Movimento de massa (COBRADE 1.1.3)	- x -	- x -	Alarme de Evacuação Obrigatória	• Vigência do Alerta Máximo. • Registro de evento precursor/ ocorrência conforme impactos potenciais esperados para este nível operacional.	Obrigatória			• Vigência do Alerta Máximo. • Registro de evento precursor/ ocorrência de movimento de massa.

(1): Para demais ações, tanto de mobilização como de desmobilização, consultar os respectivos Planos de Contingência e livro base de Gestão de Desastres e Ações de Recuperação. (2): Ações cujas repercussões alcançam predominantemente a DCM (internas) ou outros órgãos/população (externas). (3): LPM: Linha de Probabilidade Moderada; LPA: Linha de Probabilidade Alta; LPMA: Linha de Probabilidade Muito Alta; LC: Linha Crítica.

Figura 12 – Primeira parte da tabela associando os níveis operacionais, os boletins meteorológicos, os tipos de alertas e alarmes à população e as formas de evacuação para cada nível de alerta elaborado pelo CEMADEN e emitido pelo CENAD. Fonte: CENAD, 2017.

Critérios Padronizados para Correlação de Procedimentos de Alerta, Alarme e Evacuação contra Movimentos de Massa.													
PLANO DE EVACUAÇÃO PARA RISCOS DE MOVIMENTOS DE MASSA													
Previsão e Alertas		Principais Ações de Preparação da Evacuação (1)											
Comunicado do CEMADEN à DCM e DCE através do CENAD		Ações Internas (2)		Ações Externas (3)		DCM		DCE		Cemaden		Cenad	
Alerta	Significado	Gatilhos (4)	Responsável	Atividades	Responsável	Alvo da Ação	Responsável	Atividades	Responsável	Alvo da Ação	Responsável	Atividades	Responsável
Alerta	Alerta de Probabilidade Baixa de Movimento de Massa (Cessar).	• Curva Cobre a Probabilidade de Movimento de Massa da LPM, (Cessar).	Plano / Autoridade competente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitação interna da equipe técnica de defesa civil municipal.</li> <li>Efetuar o monitoramento meteorológico.</li> <li>Registrar ocorrências de movimento de massa no S2ID.</li> <li>Avaliar manutenção do nível operacional.</li> </ul>	Plano / Autoridade competente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efetuar testes dos sistemas de alerta e alarme.</li> <li>Avaliar rede de monitoramento.</li> <li>Realizar vistorias rotineiras de campo.</li> <li>Treinar os NUPDECs e a população das áreas de perigo.</li> <li>Registrar ocorrências de movimentos de massa em campo.</li> </ul>	Equipe de verificação e testes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>
Moderado	Alerta de Probabilidade Moderada de Movimento de Massa, em 3 h.	• Curva Cobre a Probabilidade de Movimento de Massa, em 3 h.	Plano / Autoridade competente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intensificar o monitoramento meteorológico.</li> <li>Avaliar a necessidade de mobilização interna da equipe de defesa civil municipal.</li> <li>Avaliar a necessidade de vistoria técnica de campo.</li> <li>Registrar ocorrências de movimento de massa no S2ID.</li> <li>Avaliar manutenção do nível operacional.</li> </ul>	Plano / Autoridade competente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>No caso de previsão 2 x mm/24 h, divulgar boletim meteorológico para a população das Áreas de Risco com recomendações gerais à população (levar para os sinais de movimentação do terreno, etc).</li> <li>Registrar ocorrências de movimentos de massa em campo.</li> </ul>	População.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enviar boletim meteorológico para a DCM, caso aplicável.</li> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>
Alto	Alerta de Probabilidade Alta de Movimento de Massa, em 2 h.	• Curva Cobre a Probabilidade de Movimento de Massa, em 2 h.	Plano / Autoridade competente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intensificar o monitoramento meteorológico.</li> <li>Mobilizar a equipe técnica interna da defesa civil municipal.</li> <li>Realizar vistorias técnicas de campo.</li> <li>Registrar ocorrências de movimento de massa no S2ID.</li> <li>Avaliar manutenção do nível operacional.</li> </ul>	Plano / Autoridade competente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ationar o Plano de Evacuação.</li> <li>Enviar ALERTA DE PREPARAÇÃO PARA EVACUAÇÃO para a população das Áreas de Risco (sirenes, SMS, mídias sociais, etc.).</li> <li>Mobilização externa da equipe técnica da DCM.</li> <li>Preparar os pontos de apoio e abrigos.</li> <li>Comunicação com os NUPDECs e outros órgãos do município.</li> <li>Registrar ocorrências de movimentos de massa em campo.</li> </ul>	Representantes municipais.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>
Muito Alto	Alerta de Probabilidade Muito Alta de Movimento de Massa, em 1 h.	• Curva Cobre a Probabilidade de Movimento de Massa, em 1 h.	Plano / Autoridade competente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intensificar o monitoramento meteorológico.</li> <li>Mobilizar a equipe técnica externa da defesa civil municipal.</li> <li>Avaliar a necessidade de vistoria (monitoramento, remoção e/ou interdição).</li> <li>Registrar ocorrências de movimento de massa no S2ID.</li> <li>Avaliar manutenção do nível operacional.</li> </ul>	Plano / Autoridade competente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enviar boletim meteorológico para a DCM, caso aplicável.</li> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Auxiliar na tomada de decisão da evacuação.</li> <li>Ationar o GRAC (5), caso solicitado.</li> </ul>	Moradores das áreas em risco.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>
Máximo	Alerta de Probabilidade Máxima de Movimento de Massa, a qualquer instante.	• Curva Cobre a Probabilidade de Movimento de Massa, a qualquer instante.	Plano / Autoridade competente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intensificar o monitoramento meteorológico.</li> <li>Ativar o gabinete de situação, no caso de evento de grande porte.</li> <li>Realizar vistorias técnicas de campo.</li> <li>Avaliar a necessidade de remoção e/ou interdição (Obrigatória).</li> <li>Avaliar a necessidade de apoio dos governos estadual e/ou federal.</li> <li>Registrar ocorrências de movimento de massa no S2ID.</li> <li>Avaliar manutenção do nível operacional.</li> </ul>	Plano / Autoridade competente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enviar boletim meteorológico para a DCM, caso aplicável.</li> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	População atingida.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manter atualizada a previsão de risco.</li> <li>Manter operacional a rede geohidrometeorológica.</li> <li>Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>

(1): Para demais ações, tanto de mobilização como de desmobilização, consultar os respectivos Planos de Contingência e Ações de Recuperação. (2): Ações cujas repercussões alcancem predominantemente a DCM (internas) ou outros órgãos/população (externas). (3): LPM: Linha de Probabilidade Moderada; LPA: Linha de Probabilidade Alta; LCM: Linha de Probabilidade Muito Alta; LC: Linha Crítica.

Figura 13 – Segunda parte da tabela correlacionando as ações internas e externas de contingência das defesas civis municipais, estaduais e federal de preparação para evacuação para cada nível de alerta elaborado pelo CEMADEN e emitido pelo CENAD. Fonte: CENAD, 2017.

Previsão e Alertas		Nível Operacional <sup>(1)</sup>		Boletim Meteorológico (DCE)		Alerta/Alertas à População (DCM/DCE)		Evação de População de Risco (DCM/DCE)		Principais Ações de Preparação de Evacuação <sup>(2)</sup>					
Alerta	Significado	Alerta	Garfios	Nome	Garfios	Nome	Garfios	Nome	Garfios	Ações Internas <sup>(3)</sup>	Ações Externas <sup>(4)</sup>	Alvo de Ação	DCE	Comedião	Cenário
Baixo (Cessar)	Alerta de Baixa de Movimento de Massa em 3h.	Normalidade	nenhum evento previsto ou ocorrência	-	-	-	-	-	-	Capacitação interna da equipe técnica de defesa civil municipal, monitoramento meteorológico, registrar ocorrências de monitoramento de nível operacional, analisar manutenção do nível operacional.	Paralisação	Equipe de verificação e testes, População	Mantém atualizada a previsão de risco, Mantém operacional a rede gerencial, Mantém operacional a rede operacional, Mantém operacional o sistema de apoio à decisão.	Mantém atualizada a previsão de risco, Mantém operacional a rede gerencial, Mantém operacional a rede operacional, Mantém operacional o sistema de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso necessário, apoiar a resposta, caso necessário, apoiar a resposta, caso necessário.
Moderado	Alerta de Probabilidade Alta de Movimento de Massa em 3h.	Observação	Vigília do monitoramento, Registro de eventos conforme plano operacional, Monitoramento de massa (CORBADE 1.1.3)	Previsão de 2 a 3 mm/24h (movimento de massa)	-	-	-	-	-	Identificar o monitoramento interno da equipe de defesa civil municipal, analisar a necessidade de monitoramento de nível operacional, registrar ocorrências de monitoramento de nível operacional, analisar manutenção do nível operacional.	Paralisação	População	Enviar boletim meteorológico para a DCM, Manter operacional a rede gerencial, Manter operacional a rede operacional, Manter operacional o sistema de apoio à decisão.	Mantém atualizada a previsão de risco, Manter operacional a rede gerencial, Manter operacional a rede operacional, Manter operacional o sistema de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso necessário, apoiar a resposta, caso necessário, apoiar a resposta, caso necessário.
Alto	Alerta de Probabilidade Alta de Movimento de Massa em 3h.	Atenção	Vigília do monitoramento, Registro de eventos conforme plano operacional, Monitoramento de massa (CORBADE 1.1.3)	Previsão de 2 a 3 mm/24h (movimento de massa)	-	-	-	-	-	Identificar o monitoramento meteorológico interno da equipe de defesa civil municipal, analisar a necessidade de monitoramento de nível operacional, registrar ocorrências de monitoramento de nível operacional, analisar manutenção do nível operacional.	Paralisação	População	Enviar boletim meteorológico para a DCM, Manter operacional a rede gerencial, Manter operacional a rede operacional, Manter operacional o sistema de apoio à decisão.	Mantém atualizada a previsão de risco, Manter operacional a rede gerencial, Manter operacional a rede operacional, Manter operacional o sistema de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso necessário, apoiar a resposta, caso necessário, apoiar a resposta, caso necessário.
Muito Alto	Alerta de Probabilidade Muito Alta de Movimento de Massa em 1h.	Alerta	Vigília do monitoramento, Registro de eventos conforme plano operacional, Monitoramento de massa (CORBADE 1.1.3)	Previsão de 2 a 3 mm/24h (movimento de massa)	-	-	-	-	-	Identificar o monitoramento meteorológico interno da equipe de defesa civil municipal, analisar a necessidade de monitoramento de nível operacional, registrar ocorrências de monitoramento de nível operacional, analisar manutenção do nível operacional.	Paralisação	População	Enviar boletim meteorológico para a DCM, Manter operacional a rede gerencial, Manter operacional a rede operacional, Manter operacional o sistema de apoio à decisão.	Mantém atualizada a previsão de risco, Manter operacional a rede gerencial, Manter operacional a rede operacional, Manter operacional o sistema de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso necessário, apoiar a resposta, caso necessário, apoiar a resposta, caso necessário.
Máximo	Alerta de Probabilidade Máxima de Movimento de Massa em 1h.	Alerta Máximo	Vigília do monitoramento, Registro de eventos conforme plano operacional, Monitoramento de massa (CORBADE 1.1.3)	Previsão de 2 a 3 mm/24h (movimento de massa)	-	-	-	-	-	Identificar o monitoramento meteorológico interno da equipe de defesa civil municipal, analisar a necessidade de monitoramento de nível operacional, registrar ocorrências de monitoramento de nível operacional, analisar manutenção do nível operacional.	Paralisação	População	Enviar boletim meteorológico para a DCM, Manter operacional a rede gerencial, Manter operacional a rede operacional, Manter operacional o sistema de apoio à decisão.	Mantém atualizada a previsão de risco, Manter operacional a rede gerencial, Manter operacional a rede operacional, Manter operacional o sistema de apoio à decisão.	Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso necessário, apoiar a resposta, caso necessário, apoiar a resposta, caso necessário.

(1) Para sensores ativos de mobilização como de desmobilização, consultar os respectivos Planos de Contingência e Plano de Gestão de Desastres e Ações de Recuperação. (2) Ações coloridas correspondem a DCM (internas) ou outros órgãos/população (externas). (3) DCM: Linha de Probabilidades Médias; LPA: Linha de Probabilidades Baixas; CA: Linha Crítica.

Figura 14 – Tabela de Evacuação com ações de preparação para desmobilização da população das áreas de riscos a movimentos de massa. Fonte: CENAD, 2017.

Entende-se que esta **TABELA DE PLANO DE EVACUAÇÃO**, fruto da fusão e padronização de cinco (05) tabelas de correlação entre as ações de contingência e os níveis de alerta, é o principal produto do Manual de Plano de Contingência elaborado pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD/SEDEC/MI).

#### 4.2.2.3 Exemplo de Aplicação da Metodologia

Em um dado momento, o CEMADEN monitora uma determinada área num período chuvoso e o centro elabora um alerta para um município. O CEMADEN envia o **Alerta Alto** (Alerta de Probabilidade Alta de Movimento de Massa, em 2h, quando a curva cobra atingir a LPA (Linha de Probabilidade Alta)) para o CENAD.

O CENAD, por sua vez, encaminha este **Alerta Alto** para município alvo e ao seu respectivo estado. O município recebe este alerta e decide se o repassará ou não à população das áreas de risco de movimentos de massa em função de alguns fatores, tais como: confirmação da precipitação e de sua magnitude, vistoria de campo por parte do agente de defesa civil, etc. Caso positivo, o Alerta Alto é transmitido aos moradores das áreas de risco e o município aciona as **Ações** referentes ao **Nível Operacional de Atenção** (Vigência do Alerta Alto) e cada responsável tem suas atribuições como mostra a (Figura 14).

O morador da área de risco de movimentos de massa poderá receber este **Alerta Alto/Alerta de Preparação para Evacuação** do município de diversas formas e vias:

1. SMS;
2. Redes sociais: Facebook, WhatsApp, etc.;
3. Sinal sonoro;
4. Sinal luminoso;
5. Rádio e/ou TV;
6. Veículos da DCM;
7. NUPDECs (“Núcleos de Proteção e Defesa Civil” formados por lideranças comunitárias e moradores das áreas de risco);
8. Entre outras inúmeras formas de comunicação entre a DCM e o morador que depende da infraestrutura do município e da defesa civil municipal.

O morador deve iniciar, imediatamente, as ações de **Preparação para Evacuação** assim que receber o comunicado de **Alerta Alto/Alerta de Preparação para Evacuação** do município. Ou seja, deverá conferir agilmente seu kit/mochila (Figura 15) preparado anteriormente

conforme recomendação no plano de contingência municipal, contendo – Fonte: Plano de Contingência da Família – Defesa do estado do Rio de Janeiro:

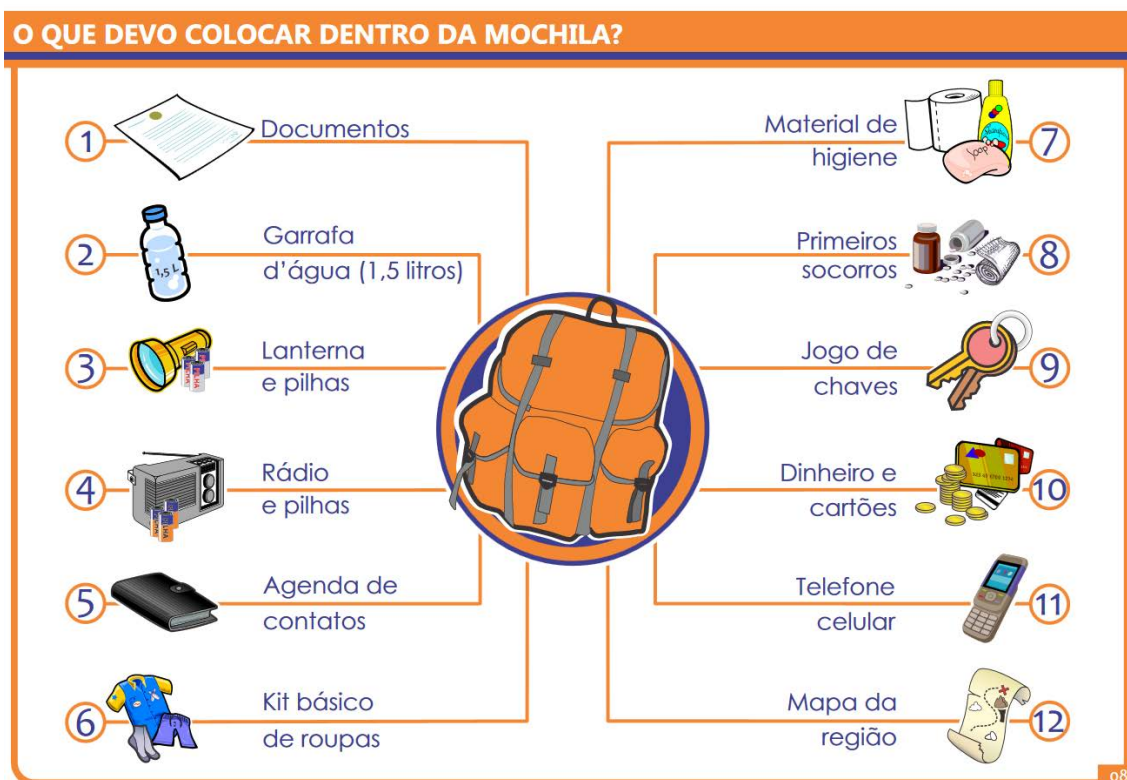


Figura 15 – Itens que deverão compor o kit/mochila para ser utilizada no processo de evacuação.  
Fonte: Defesa Civil – Governo do Rio de Janeiro.

Em seguida, o morador ficará de prontidão até receber o **Alerta Muito Alto/Alarme para Evacuação Imediata** quando de fato terá que desocupar seu imóvel imediatamente, percorrendo rotas de fuga pré-estabelecidas até atingir aos pontos de encontro ou abrigos (Figura 16).

Nível de Alerta <b>ALTO</b>	Nível Operacional <b>ATENÇÃO</b>	
<b>MORADOR</b>	Recebe Alerta de Preparação para Evacuação	
<b>DEFESA CIVIL MUNICIPAL (DCM)</b>	Ações Internas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Intensificar o monitoramento meteorológico;</li> <li>✓ Mobilizar a equipe técnica interna da defesa civil municipal;</li> <li>✓ Realizar vistorias técnicas de campo;</li> <li>✓ Registrar ocorrências de movimento de massa no S2ID;</li> <li>✓ Avaliar manutenção do nível operacional.</li> </ul>
	Ações Externas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Acionar o Plano de Evacuação;</li> <li>✓ Emitir <b><u>ALERTA DE PREPARAÇÃO PARA EVACUAÇÃO</u></b> para a população das Áreas de Risco (sirenes, SMS, mídias sociais, etc.);</li> <li>✓ Mobilização externa da equipe técnica da DCM;</li> <li>✓ Preparar os pontos de encontro e abrigos;</li> <li>✓ Comunicação com os NUPDECs e outros órgãos do município;</li> <li>✓ Registrar ocorrências de movimentos de massa em campo.</li> </ul>
<b>DEFESA CIVIL ESTADUAL (DCE)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Emitir boletim meteorológico para a DCM, caso aplicável;</li> <li>✓ Manter atualizada a previsão de risco;</li> <li>✓ Acionar o GRAC, caso solicitado.</li> </ul>	
<b>CEMADEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Manter atualizada a previsão de risco;</li> <li>✓ Manter operacional a rede geohidrometeorológica;</li> <li>✓ Manter operacional os sistemas de apoio à decisão.</li> </ul>	
<b>CENAD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Acompanhar a situação e apoiar a resposta, caso solicitado e aplicável.</li> </ul>	

Figura 16 – Ações de contingência de cada responsável (moradores, defesas civis municipal e estadual, centros de monitoramento e alerta (CEMADEN) e de gerenciamento de riscos e desastres (CENAD) ao receber o Alerta Alto. Fonte: CENAD, 2017.

### 4.3 REALIZAÇÃO DE SIMULADOS

O processo de planejamento do Plano de Contingência só será efetivo se os responsáveis pelas ações de contingência listadas no plano e a população situada em um cenário de risco definido souberem o que esperar e o que fazer antes, durante e depois de um desastre. É preciso treinar as populações que vivem em áreas de risco, bem como as equipes envolvidas, para os Planos de Contingência. Por isso, é de grande importância a realização de simulados em todos os cenários de risco definidos no plano de contingência.

A realização de simulados é uma atividade que deve estar prevista como parte das etapas de avaliação e revisão do Plano de Contingência. Trata-se de colocar em prática o plano, visando aperfeiçoar o documento final, com os objetivos de (Figura 17): **treinar todos os envolvidos para a execução de seus papéis; avaliar as condições de execução; revisar e atualizar o documento a partir das constatações de campo.**

Os Simulados, considerados como exercícios e treinamentos, podem ser organizados de diversas maneiras, envolvendo todos os grupos e todas as ações previstas no Plano de Contingência, ou apenas parte delas. Assim, as ações podem ser direcionadas especificamente para uma população adulta, para as equipes de atendimento e/ou para os voluntários. Alguns simulados podem ainda ser realizados para setores específicos do Plano de Contingência, tais como avaliação dos danos e necessidades, abrigos, busca e salvamento, preparação comunitária, e /ou atendimento de saúde emergencial. Seguem alguns tipos de simulados (Figura 17):

- **De mesa (Foto 4);**
- **De acionamento;**
- **Internos;**
- **Externos.**

Como se observa, pelas diferentes modalidades, os grupos envolvidos na realização de um Simulado podem variar de acordo com a sua abrangência, mas devem sempre considerar aqueles envolvidos na execução do Plano de Contingência, como por exemplo: **Busca e Salvamento; Ciência e Tecnologia; Comunicações; Controle de Preço e Avaliação de Bens; Corpos de Bombeiros e Polícias Civil e Militar; Empresas, Organizações Não Governamentais, Instituições Locais; Engenharia e Evacuação; Entidades de Classe; Guardas Municipais; Habitação e Abrigos; Lideranças Comunitárias e Moradores de Áreas de Risco; Meio ambiente; Núcleos Comunitários de Proteção e Defesa Civil; ONGs com Atuação Humanitária; Saúde e Saneamento; Segurança Aérea e Marinha; Serviços de Emergência Médica, como SAMU; Socorro e Emergência (comida, água, vestuário).**





Foto 4 – Mostra a realização de um Simulado de Mesa elaborado pela Defesa Civil de Blumenau/SC. Fonte: Defesa Civil de Blumenau/SC, 2017.

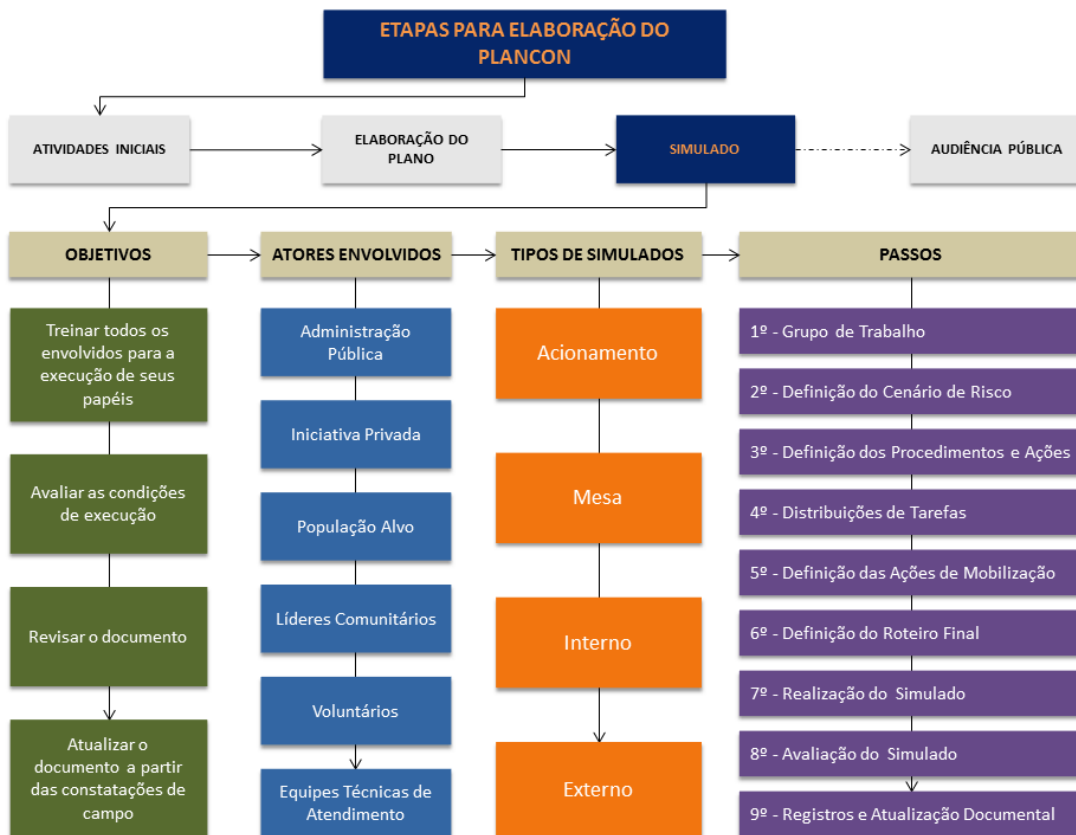


Figura 17 – Fluxograma para Realização de Simulados. Fonte: CENAD, 2017.

#### **4.3.1 ORGANIZAÇÃO DE SIMULADOS**

Segue abaixo um passo-a-passo (9) – (Figura 17) – para organização do simulado, independente da modalidade que tenha sido escolhida para a realização do treinamento:

##### *4.3.1.1 1º Passo – A Decisão de Realizar o Simulado.*

Neste passo, é importante decidir a periodicidade de realização dos simulados bem como as atribuições e responsabilidades. A primeira tarefa é a formação do Grupo de Trabalho (GT), que da mesma forma como na elaboração do Plano de Contingência, será responsável pelo Planejamento do Simulado. Em seguida, deverá ser elaborado um cronograma que preveja todas as etapas entre o planejamento, a realização e o encerramento do simulado.

##### *4.3.1.2 2º Passo – A Definição de Cenário, Área de Risco e Modalidade.*

A primeira tarefa do Grupo de Trabalho é a de escolher entre os cenários existentes no Plano de Contingência, qual será testado, em que localidade e de que maneira (entre as quatro modalidades já apresentadas). Importante considerar os princípios do Protocolo Nacional conjunto para proteção integral a crianças e adolescentes, pessoas idosas e pessoas portadoras de necessidades especiais em situação de riscos e desastres.

##### *4.3.1.3 3º Passo – A Definição de Procedimentos e Ações a Serem Testados.*

Após a definição da modalidade do simulado e do cenário de risco, será preciso definir quais os procedimentos e ações previstas no Plano de Contingência serão treinados e testados. Diversas são as opções de treinamento e teste, a exemplo dos itens seguintes: **Alerta aos órgãos envolvidos e à comunidade; Atendimento a grupos com necessidades especiais; Atendimento ao cidadão e à imprensa; Busca e salvamento; Cadastramento dos afetados; Envolvimento de voluntários; Evacuação da área de risco; Gerenciamento de abrigos; Gerenciamento de donativos; Instalação de posto de comando; Primeiros socorros e atendimento pré-hospitalar; Remoção de animais domésticos; Rotas de fuga utilizadas pela comunidade; Segurança e proteção dos bens da comunidade; Sistema de alarme, etc.**

Para cada um dos procedimentos ou ações a serem testados, recomenda-se que seja elaborado o seguinte quadro de planejamento (Figura 18):

<b>Alerta aos órgãos envolvidos e a Comunidade</b>	
Órgão responsável:	Inserir o nome do responsável
Descrição das atividades	Inserir quais serão as medidas a serem adotadas pelo órgão
Tempo estimado de execução da atividade:	Inserir o tempo necessário para adotas as atividades propostas (início e fim da atividade)
Desmobilização da atividade	Definir quando a atividade está encerrada

Fonte: SEDEC/MI, sem data.

**Figura 18 – Planejamento do simulado com ações, atribuições e responsabilidades.**

#### 4.3.1.4 4º Passo – A Distribuição de Tarefas.

Uma vez definidos o cenário, a modalidade, os procedimentos e ações, e os órgãos envolvidos é o momento de distribuir as tarefas para a “Realização do Simulado”. A grande diferença entre o simulado e uma ocorrência real, é que no primeiro caso existem observadores e avaliadores orientados somente a fazer verificações entre o que acontece durante o treinamento e o que está planejado. Sua função, portanto, não é a de executar qualquer ação nem interferir no andamento do simulado, mas apenas observar e registrar o seu andamento.

Por conta disso, a distribuição de tarefas em um simulado normalmente se organiza em três grandes equipes: **EQUIPE DE TREINAMENTO; EQUIPE DE OBSERVAÇÃO E AVALIAÇÃO E; EQUIPE DE SUPORTE**. Cada equipe deve ser facilmente identificada para que não haja qualquer confusão. Sugere-se, por exemplo, a utilização de camisetas, coletes, crachás, faixas ou similares de diferentes cores, a fim de que qualquer pessoa possa reconhecer com rapidez a qual equipe cada envolvido pertence.

#### 4.3.1.5 5º Passo – A Definição das Ações de Mobilização para o Simulado.

Até este ponto, as reuniões de planejamento do simulado já produziram as definições sobre o que vai ocorrer e quem será responsável por cada atividade. Entretanto, por enquanto, apenas o Grupo de Trabalho responsável pelo planejamento sabe desse roteiro. Para que a informação possa ser amplamente divulgada, é o momento de planejar a etapa de mobilização para o Simulado, em que todos os envolvidos devem conhecer em detalhes como irá

acontecer o simulado. Assim, é importante que o Grupo de Trabalho monte um cronograma com a antecedência necessária para promover as seguintes ações de mobilização: **COMUNICAÇÃO OFICIAL AOS ÓRGÃOS DE RESPOSTA; REUNIÕES COMUNITÁRIAS; AMPLA DIVULGAÇÃO; e PRODUÇÃO DE MATERIAL DE ORIENTAÇÃO.**

#### 4.3.1.6 6º Passo – A Definição do Roteiro Final Para o Simulado.

A última tarefa de planejamento é a definição de um roteiro completo do Simulado, detalhando cada um dos itens planejados, de maneira a facilitar a preparação para o treinamento. O ideal é que o roteiro esteja dividido em três partes: **PREPARAÇÃO DO SIMULADO; REALIZAÇÃO DO SIMULADO; e PÓS-SIMULADO.**

#### 4.3.1.7 7º Passo – A Realização do Simulado.

A realização do Simulado nada mais é do que a operacionalização do seu planejamento. Em geral, os Simulados têm início com uma reunião de abertura, desdobram-se com a encenação da ocorrência do desastre (Foto 5) e são finalizados com uma reunião de encerramento.



Foto 5 – Exemplo de cadastro dos moradores (simulado) ao chegar no local de abrigo (Escola Básica Municipal Helna Finardi Pegorim), após evacuação da área de risco no Bairro Fortaleza Alta, Blumenau/SC; Fonte: Defesa Civil de Blumenau/SC, 2017.

#### 4.3.1.8 8º Passo – Avaliação do Simulado.

Em todas as modalidades de Simulados, é importante escolher pessoas para apontar tecnicamente aspectos positivos e oportunidades de melhoria em relação à execução dos procedimentos e ações previstos no Plano de Contingência (Foto 6).



**Foto 6 – Reunião técnica pós-simulado para avaliação do evento com a participação dos agentes de defesa civil municipal, autoridades e envolvidos neste processo. Fonte: Defesa Civil de Blumenau/SC, 2017.**

Para produzir essas informações, indica-se a adoção de formulários padronizados para o registro de dados tanto quantitativos como qualitativos. É importante estabelecer um método padronizado para avaliação dos simulados, de modo que se possam comparar os exercícios entre diferentes comunidades, avaliar os avanços alcançados com o exercício em uma mesma localidade, redefinir estratégias utilizadas, reavaliar o plano de contingência local, subsidiar as ações executadas pelas agências envolvidas, entre outros aspectos relevantes.

Como modelo de formulário, pode-se adotar uma simples tabela que descreva cada um dos procedimentos do Plano de Contingência que foram treinados, além de um campo para que o avaliador dê um parecer quantitativo e um campo para um parecer qualitativo.

#### 4.3.1.9 9º Passo – Os Registros e a Atualização Documental.

Ao final da reunião de encerramento do Simulado, dois de seus objetivos já podem ser considerados cumpridos: o de treinamento das equipes e das comunidades e avaliação das condições de execução do Plano de Contingência. O terceiro objetivo, entretanto, ainda precisa ser atendido, que é o de revisão e atualização do Plano de Contingência.

Dependendo da modalidade de simulado, principalmente se foi escolhida a de Simulados Externos, não se recomenda que essa atividade seja realizada no mesmo dia do treinamento. Assim, é recomendável que o Grupo de Trabalho preveja uma reunião final para produzir todos os registros e atualização documental com calma.

Espera-se que um simulado produza a seguinte documentação: **REGISTROS DE TREINAMENTO; REGISTROS DE AVALIAÇÃO E; ATUALIZAÇÃO E REVISÃO DO PLANO DE CONTINGÊNCIA**. Não se considera que seja necessário realizar uma nova audiência pública a cada atualização dos dados de cadastro do Plano de Contingência (telefones, contatos das instituições, etc.).



Para mais informações acerca de instruções para “Realização de Simulados”, a Defesa Civil Municipal pode acessar o Livro Base para Elaboração de Plano de Contingência da SEDEC/MI (Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Ministério da Integração Nacional) através do endereço <http://www.mi.gov.br>: Proteção e Defesa Civil – Publicações - Livro Plano de Contingência - Elaboração de Plano de Contingência - Livro Base.

#### 4.4 AUDIÊNCIA PÚBLICA – APROVAÇÃO DO PLANCON

Uma vez concluído o desenvolvimento do Plano de Contingência para riscos de movimento de massa, há um passo essencial antes de sua implantação efetiva, que é a aprovação do documento final. Os planejadores devem incentivar que o plano de contingência passe por aprovação formal (validação) por parte daqueles que devem implantar seus procedimentos, incluindo a sociedade civil, considerando que os mesmos participaram de sua elaboração.

Além disso, o plano deve ser amplamente distribuído e comunicado à sociedade, aos órgãos públicos centrais e regionais, a voluntários e agências reguladoras. As principais formas de cumprir esse passo são a consulta pública e a audiência pública.

**CONSULTA PÚBLICA:** pode ser feita disponibilizando-se o documento na página de internet da prefeitura, por exemplo, e incentivando que qualquer parte interessada possa fazer comentários, sugestões e contribuições ao documento dentro de um período pré-determinado. As consultas públicas normalmente são feitas antes das audiências públicas, e as contribuições devem passar por aprovação na plenária desta última.

**AUDIÊNCIA PÚBLICA:** é uma exigência legal e a última etapa após a elaboração do Plano de Contingência para Riscos de Momentos de Massa, como parte do processo participativo. Esta audiência é regida pela Constituição Federal de 1988 e pela Lei 12.608, de 10 de abril de 2012. As audiências de avaliação e prestação de contas estão previstas no art. 22, §6º, da Lei nº 12.608/12: "O Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil será elaborado no prazo de 1 (um) ano, sendo submetido à avaliação e prestação de contas anual, por meio de audiência pública, com ampla divulgação".

A etapa de audiência pública demanda uma estreita relação entre a administração pública e população inserida nas áreas de risco e a sociedade civil em geral. Quando o envolvimento da sociedade civil ocorre desde o início do planejamento, as audiências são espaços de diálogo mais tranquilos e organizados. Por outro lado, se a população apenas toma conhecimento das decisões previstas no plano no momento da audiência, é mais provável que haja conflitos de ideias e necessidade de adequações.

A audiência pública passa basicamente por quatro (04) etapas: avaliação, atualização, validação e assinatura. A validação consiste na formalização do plano pelas instituições que assumiram responsabilidades em sua execução. Deve ser realizada uma reunião em que haja a leitura do documento final (incluindo qualquer modificação ocorrida em consultas e audiências públicas). Após a leitura, os representantes de cada instituição devem assinar a Folha de Validação, que fará parte do documento final.

Detalhadamente, seis passos devem ser seguidos para realização da audiência pública (Figura 19):

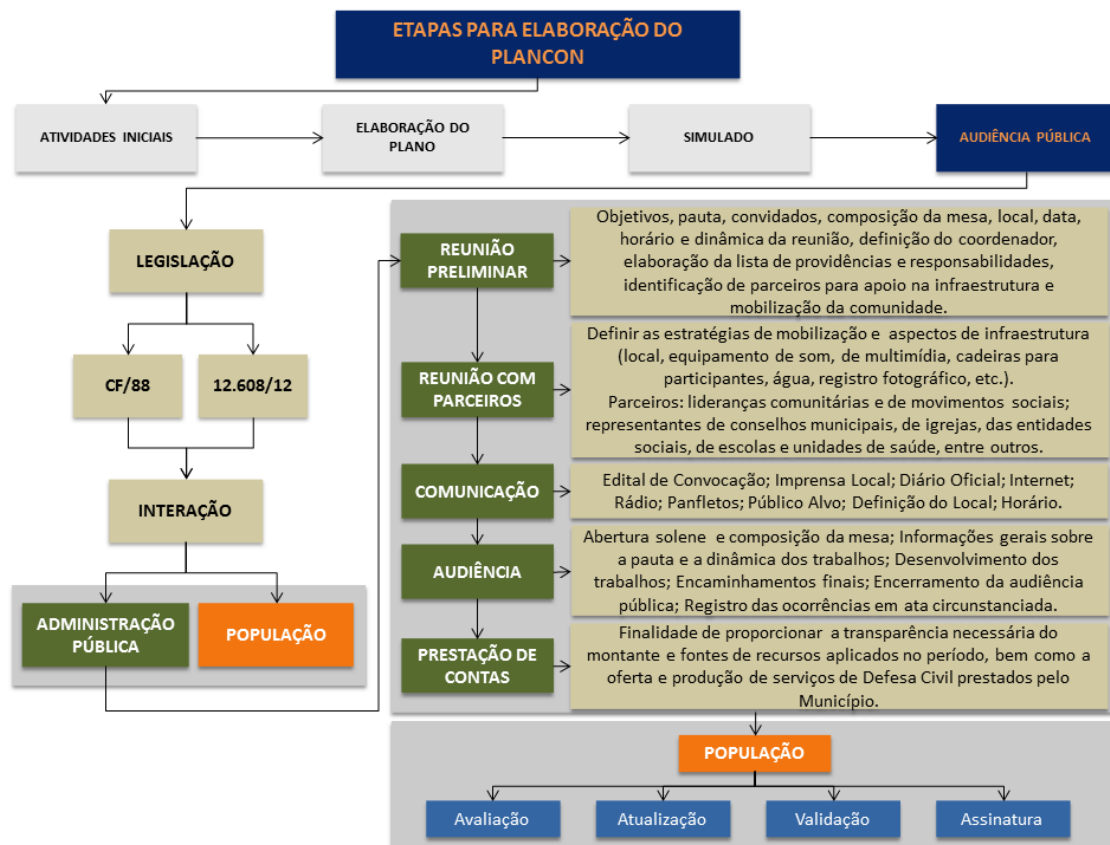
1. **Reunião preliminar:** Objetivos, pauta, convidados, composição da mesa, local, data, horário e dinâmica da reunião, definição do coordenador, elaboração da lista de providências e responsabilidades, identificação de parceiros para apoio na infraestrutura e mobilização da comunidade;

2. Reunião com Parceiros: Definir as estratégias de mobilização e aspectos de infraestrutura (local, equipamento de som, de multimídia, cadeiras para participantes, água, registro fotográfico, etc.);
3. Parceiros: Lideranças comunitárias e de movimentos sociais; representantes de conselhos municipais, de igrejas, das entidades sociais, de escolas e unidades de saúde, entre outros;
4. Comunicação: Edital de Convocação; Imprensa Local; Diário Oficial; Internet; Rádio; Panfletos; Público Alvo; Definição do Local; Horário;
5. Audiência: Abertura solene e composição da mesa; Informações gerais sobre a pauta e a dinâmica dos trabalhos; Desenvolvimento dos trabalhos; Encaminhamentos finais; Encerramento da audiência pública; Registro das ocorrências em ata circunstanciada;
6. Prestação de Contas: Finalidade de proporcionar a transparência necessária do montante e fontes de recursos aplicados no período, bem como a oferta e produção de serviços de Defesa Civil prestados pelo Município.



Para mais informações acerca de instruções para “Realização de Audiências Públicas”, a Defesa Civil Municipal pode acessar o Livro Base para Elaboração de Plano de Contingência da SEDEC/MI (Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Ministério da Integração Nacional) através do endereço <http://www.mi.gov.br>: Proteção e Defesa Civil – Publicações - Livro Plano de Contingência - Elaboração de Plano de Contingência - Livro Base.





**Figura 19 – Fluxograma para realização de audiências públicas: avaliação, atualização, validação e assinatura do Plano de Contingência Municipal. Fonte: CENAD, 2017.**

## 5 MÓDULO PLANCON DO S2ID

Em junho de 2016, a SEDEC/MI disponibilizou, por meio do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), o módulo de “Plano de Contingência” (PLANCON), desenvolvido em parceria com o Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPED/UFSC), para auxiliar os municípios no desenvolvimento de Planos de Contingência (Figura 20).

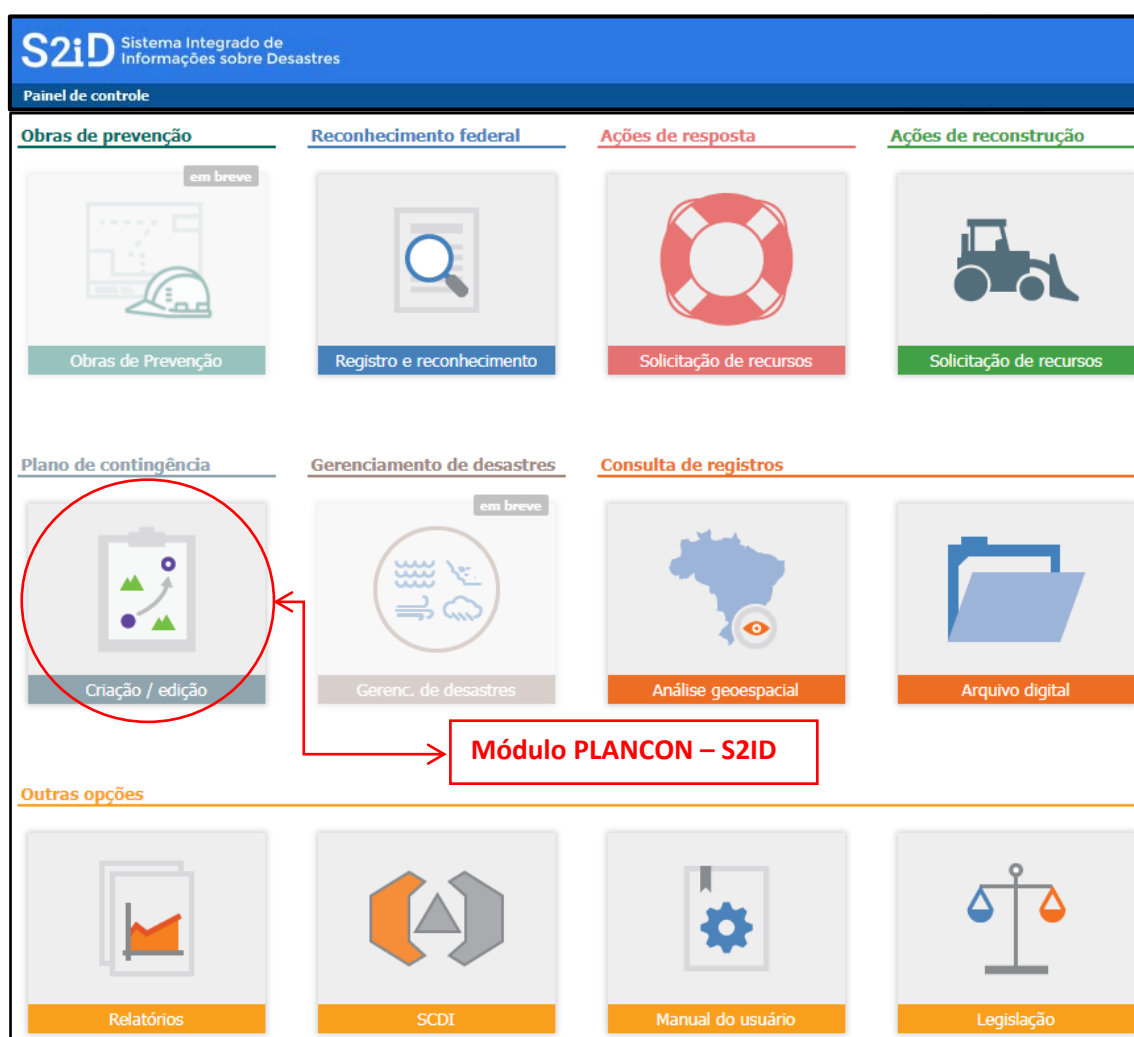


Figura 20 – Tela inicial do S2ID (Sistema Integrado de Informações sobre Desastres) onde consta o Módulo PLANCON (Plano de Contingência). Fonte: S2ID, 2017.

Este sistema, com funcionamento *online* e que segue as premissas dos manuais de apoio da SEDEC, permite que o município determine quais são os cenários de risco existentes em seu território e cadastre as ações que deverão ser tomadas para cada um destes cenários.

O sistema permite o cadastramento de qualquer tipo de desastre e o município tem liberdade para determinar a abrangência do cenário.

Para auxiliar na definição do cenário de risco, passo inicial para concepção do Plano de Contingência para desastres de movimentos de massa, o PLANCON acessa em tempo real a base de setorização de riscos da CPRM, disponibilizando aos usuários do PLANCON os limites das áreas de risco já setorizadas.

As informações cadastradas no S2ID/PLANCON são também disponibilizadas no sistema de Gerenciamento de Desastres do S2ID, permitindo que, durante um desastre, o município visualize os cenários de risco existentes, coordene os recursos disponíveis e cadastre informações sobre ocorrências registradas.

Todos os planos cadastrados no sistema ficam disponíveis para o Governo Federal e também para o Governo do Estado no qual o município está inserido, permitindo que em situações de desastre estes entes federados possam conhecer o Plano de Contingência do Município e prestar auxílio nas ações necessárias.

A interface do sistema está dividida em três abas que guiam o usuário no preenchimento do plano:

1. **Cenários de risco:** trata-se da primeira aba a ser preenchida, sendo possível inserir, atualizar e remover cenários de risco, conforme mostrado na Figura 21. Está subdividida em:
  - a. Inserção de setores de risco: polígono livre, por setor mapeado ou município inteiro;
  - b. Informações básicas do cenário: nome, descrição, resumo de histórico, componentes críticos, monitoramento, alerta e alarme;
  - c. Abas internas: informações básicas, descrição do risco, planejamento, limiares, anexos;
  - d. Remoção de cenários;
  - e. Duplicação de cenários;
  - f. Instituições e recurso.

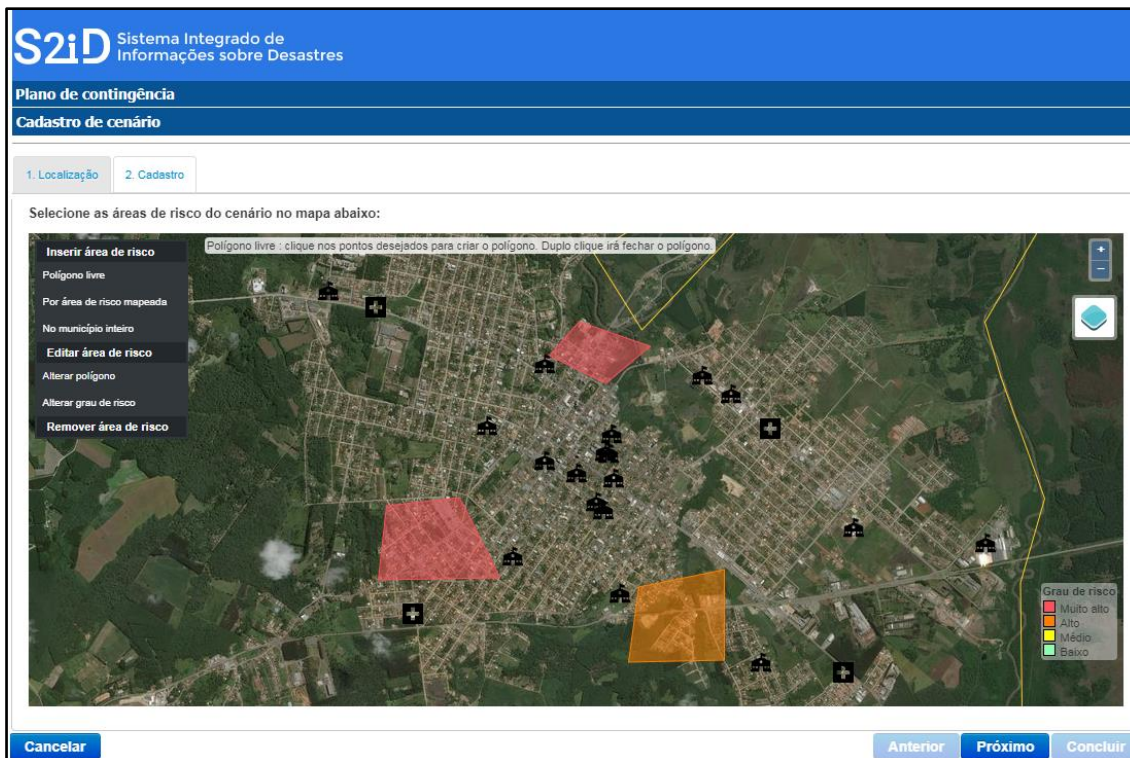


Figura 21 – Inserção de cenário de risco, Módulo PLANCON do S2ID. Fonte: S2ID, 2017.

2. **Instruções e recursos:** trata-se da segunda aba a ser preenchida, onde é possível gerenciar as instituições que fazem parte do Plano de Contingência. Está subdividida em:
  - a. Cadastro de instituições: localização, nome, endereço, e-mails, telefones;
  - b. Edição de instituições;
  - c. Remoção de instituições;
  - d. Responsável por uma instituição;
  - e. Cadastro de recursos: nome, tipo, detalhamento, quantidade, descrição, localização;
  - f. Edição de recursos;
  - g. Remoção de recursos.
  
3. **Documento:** após finalizar o cadastro de cenários, instituições e recursos, além de inserir as ações de contingência a serem efetuadas, o próximo passo consiste em configurar o documento do plano de contingência, sendo possível visualizar um resumo do que já foi preenchido e o que ainda falta preencher. Cada atualização no Plano é salva automaticamente no sistema, sendo

possível atualizar sempre as informações necessárias e gerar diversas versões para o Plano de Contingência.



Para mais informações acerca da elaboração do “Plano de Contingência” através do MÓDULO PLANCON do S2ID, acesse o guia completo no seguinte endereço: S2ID (<https://s2id.mi.gov.br/>) ou pelas orientações básicas no site da SEDEC/MI (Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Ministério da Integração Nacional): <http://www.mi.gov.br> (Proteção e Defesa Civil – Publicações - Livro Plano de Contingência - Elaboração de Plano de Contingência - Livro Base).

Versão Preliminar

## 6 REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012**. Acesso em fevereiro de 2013. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm)

BRASIL. **Lei n. 12.340, de 1º de dezembro de 2010**. Acesso em agosto de 2016. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12340.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12340.htm)

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Guia de orientações para elaboração de exercícios simulados de preparação para os desastres**. Florianópolis, 2011. Acesso em setembro de 2014. Disponível em: [http://www.mi.gov.br/pt/c/document\\_library/get\\_file?uuid=759c31f7-57ad-469e-b29c-1fcda78f5e91&groupId=10157](http://www.mi.gov.br/pt/c/document_library/get_file?uuid=759c31f7-57ad-469e-b29c-1fcda78f5e91&groupId=10157)

CASTRO, A.L.C. **Manual de planejamento em defesa civil**. Volume II. Brasília, sem data.

CEPED UFSC. **Atlas brasileiro de desastres naturais**: volume Brasil. 2ª edição. Florianópolis, 2013. Acesso em outubro de 2014. Disponível em: <http://150.162.127.14:8080/atlas/Brasil%20Rev%202.pdf>

CEPED UFSC. **Gestão de desastres e ações de recuperação**: curso de capacitação, módulo III. Florianópolis, 2014. Acesso em junho de 2016. Disponível em: <http://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2013/02/livro-completo-1-1.pdf>

Lucena, Rejane. **Manual de Formação de NUDECS**. Brasil, 2005: Acesso em outubro de 2017. Disponível em:

Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa – CPRM – Ministério das Minas e Energia.

Manual de Redução de Riscos de Desastres Aplicado ao Planejamento Urbano – Movimentos de Massa – Ministério das Cidades (MCid).

Manual Técnico para Elaboração, Transmissão e Uso de Alertas de Risco de Movimentos de Massa – CEMADEN – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

Manual para a Elaboração de Plano de Medidas Estruturais contra Rupturas em Encostas – Ministério das Cidades (MCid).

Manual Técnico de Contramedidas para Fluxo de Detritos – DRR (Departamento de Reabilitação e Reconstrução) / SEDEC (Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil) / MI (Ministério da Integração Nacional).

RED CROSS. **Contingency planning guide**. 2012. Acesso em agosto de 2015. Disponível em: <http://www.ifrc.org/PageFiles/40825/1220900-CPG%202012-EN-LR.pdf>.

SEDEC. **Roteiro para organização do simulado de preparação para desastres**. Brasília, sem data.

UFRGS; CEPED/RS. **Capacitação em Gestão de Riscos**. Porto Alegre, 2015.

Versão Preliminar

## 7 ANEXOS

### 7.1 Anexo A – Tabela de correlação entre as ações de contingência com os níveis de alerta de desastres naturais da Defesa Civil Municipal de Blumenau/SC.

NÍVEL	GATILHO	INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	AÇÕES INTERNAS DA DCM		AÇÕES EXTERNAS DA DCM		ALVO DA EMISSÃO
			ATIVIDADES	EQUIPE	ATIVIDADES	EMISSOR	
VIGILÂNCIA - NORMALIDADE	XXX	XXX	ACOMPANHAR O MONITORAMENTO METEOROLÓGICO.	Sobreaviso - DC e Alertablu	EMITIR BOLETINS METEOROLÓGICOS PERIODICAMENTE, MANTER A REDE DE MONITORAMENTO EM FUNCIONAMENTO, ATUALIZAÇÃO DE SITE, VISTÓRIAS.	ALERTA BLU	DEFESA CIVIL E COMUNIDADE
OBSERVAÇÃO - PRE-ATENÇÃO	ATINGIMENTO DOS CRITÉRIOS DOS LIMIARES PARA ESTÁGIO DE OBSERVAÇÃO	PREVISÃO E MONITORAMENTO METEOROLÓGICA, HIDROLÓGICA, OU GEOLÓGICA. LIMIARES. INFORMAÇÕES EXTERNAS	MOBILIZAÇÃO DA EQUIPE. MONITORAMENTO METEOROLÓGICO EXTENDIDO. AVALIAÇÃO DA ESCALA DE PLANTÃO.	DC E ALERTABLU	EMITIR BOLETINS METEOROLÓGICOS PERIODICAMENTE, MANTER A REDE DE MONITORAMENTO EM FUNCIONAMENTO, ATUALIZAÇÃO DE SITE, VISTÓRIAS.	ALERTA BLU E DC	DEFESA CIVIL E COMUNIDADE
ATENÇÃO	ATINGIMENTO DOS CRITÉRIOS DOS LIMIARES PARA ESTÁGIO DE ATENÇÃO. AVALIAÇÃO DE OCORRÊNCIAS	PREVISÃO E MONITORAMENTO METEOROLÓGICA, HIDROLÓGICA, OU GEOLÓGICA. LIMIARES. INFORMAÇÕES EXTERNAS	COMUNICAÇÃO COM OS NUDECS, ATORES DO PLANO DE CONTINGÊNCIA	MONITORAMENTO O 24H, DCE ALERTABLU	VISORIAS NOS LOCAIS DE OCORRÊNCIA. ACIONAMENTO DE ÓRGÃOS DE RECUPERAÇÃO. DIVULGAÇÃO EM MÍDIA SOCIAL.	DC	LOCAIS DAS OCORRÊNCIAS
ALERTA	ATINGIMENTO DOS CRITÉRIOS DOS LIMIARES PARA ESTÁGIO DE ALERTA. AVALIAÇÃO DE OCORRÊNCIAS	PREVISÃO E MONITORAMENTO METEOROLÓGICA, HIDROLÓGICA, OU GEOLÓGICA. LIMIARES. INFORMAÇÕES EXTERNAS	ABERTURA DOS PONTOS DE APOIO, COMUNICAÇÃO COM OS NUDECS, ATORES DO PLANO DE CONTINGÊNCIA (GRAC)	DC	ATENDIMENTOS DOS ATINGIDOS, ACIONAMENTO DE ÓRGÃOS DE RECUPERAÇÃO. PREPARAÇÃO DE EVACUAÇÃO.	DC	MORADORES DAS ÁREAS DE RISCO
ALERTA MÁXIMO	ATINGIMENTO DOS CRITÉRIOS DOS LIMIARES PARA ESTÁGIO DE ALERTA MÁXIMO. AVALIAÇÃO DE OCORRÊNCIAS	PREVISÃO E MONITORAMENTO METEOROLÓGICA, HIDROLÓGICA, OU GEOLÓGICA. LIMIARES. INFORMAÇÕES EXTERNAS	ATIVAÇÃO DO GABINETE DE CRISE, COMUNICAÇÃO COM O ESTADO E COM O GOVERNO FEDERAL	DC	ATENDIMENTOS DOS ATINGIDOS, ACIONAMENTO DOS ABRIGOS. ACIONAMENTO DE ÓRGÃOS DE RECUPERAÇÃO. EVACUAÇÃO.	DC	POPULAÇÃO ATINGIDA



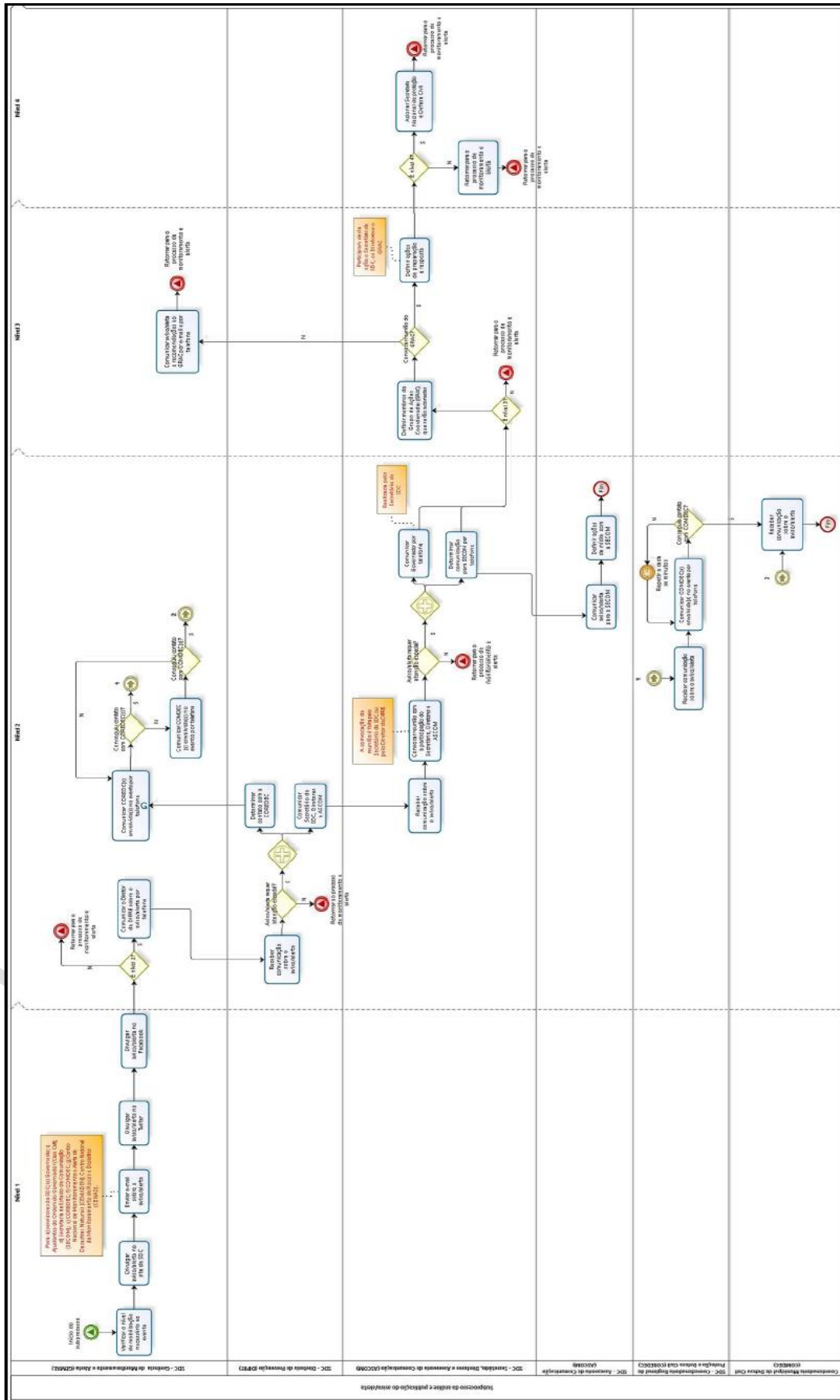
7.2 Anexo B – Tabela de correlação entre as ações de contingência com os níveis de alerta de desastres naturais da Defesa Civil Municipal de Petrópolis/RJ.

NÍVEL	GATILHO	INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	AÇÕES INTERNAS DA DCM		AÇÕES EXTERNAS DA DCM			AÇÕES DA DCE	AÇÕES DO GOVERNO FEDERAL
			ATIVIDADES	EQUIPE	ATIVIDADES	EMISSOR	ALVO DA EMISSÃO		
VIGILÂNCIA	XXX	XXX	ACOMPANHAR O MONITORAMENTO METEOROLÓGICO, FISCALIZAR O FUNCIONAMENTO DA SIRENE	PLANTÃO	XXX	XXX	EMITIR BOLETINS METEOROLÓGICOS PERIÓDICAMENTE, CAPACITAÇÃO DE EQUIPE TÉCNICA, MANTER A REDE DE MONITORAMENTO DE RISCO GEODROMOMETEOROLÓGICO EM FUNCIONAMENTO	ACOMPANHAMENTO DA SITUAÇÃO	
VIGILÂNCIA PARA ATENÇÃO	AVISO METEOROLÓGICO	INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS	MOBILIZAÇÃO DA EQUIPE	DIRETOR DE OPERAÇÕES	AGENTE DE DEFESA CIVIL	POPULAÇÃO	COMUNICAR O MUNICÍPIO, CONTINUAR O MONITORAMENTO GEODROMOMETEOROLÓGICO, AGUARDAR NOVA POSIÇÃO DA DCM	ACOMPANHAMENTO DA SITUAÇÃO	
ATENÇÃO	MONITORAMENTO COMPLEMENTAR	VOLUME DE CHUVAS, ANÁLISE DE RADARES, ETC	MOBILIZAÇÃO DA EQUIPE, PREPARAÇÃO DOS PONTOS DE APOIO	DIRETOR DE OPERAÇÕES	XXX	XXX	AGUARDAR A POSIÇÃO DA DCM	ACOMPANHAMENTO DA SITUAÇÃO	
ATENÇÃO PARA ALERTA	ALERTA ALTO	VOLUME DE CHUVAS, ANÁLISE DE RADARES, ETC	ABERTURA DOS PONTOS DE APOIO, COMUNICAÇÃO COM AS NUDECS, AGENTES DE SAÚDE, ATORES DO PLANO DE CONTINGÊNCIA	RESPONSÁVEIS PELO GERENCIAMENTO DE RISCO	XXX	XXX	COMUNICAR O MUNICÍPIO, CONTINUAR O MONITORAMENTO GEODROMOMETEOROLÓGICO, AGUARDAR NOVA POSIÇÃO DA DCM. CASO A DCM SOLICITE APOIO DO ERJ, ACIONAR O GRAC (GRUPO DE AÇÕES COORDENADAS)	ACOMPANHAMENTO DA SITUAÇÃO	
ATENÇÃO PARA ALERTA	ALERTA MUITO ALTO OU REGISTRO DE OCORRÊNCIAS	ALERTA PARA PREPARAÇÃO DE EVACUAÇÃO EMITIDO PELO CEMADEN	ATIVAÇÃO DO PLANO DE CONTINGÊNCIA, MOBILIZAÇÃO DE EQUIPE	RESPONSÁVEIS PELO GERENCIAMENTO DE RISCO	DIRETOR DE OPERAÇÕES COM ANUÊNCIA DO PREFEITO	MORADORES DAS ÁREAS AMARELAS	COMUNICAR O MUNICÍPIO, CONTINUAR O MONITORAMENTO GEODROMOMETEOROLÓGICO, AGUARDAR NOVA POSIÇÃO DA DCM. CASO A DCM SOLICITE APOIO DO ERJ, ACIONAR O GRAC (GRUPO DE AÇÕES COORDENADAS). AUXILIAR NA TOMADA DE DECISÃO DA EVACUAÇÃO, ENVIAR INSUMOS DE ACORDO COM A NECESSIDADE.	ACOMPANHAMENTO DA SITUAÇÃO	
<b>OCCORRÊNCIA DE DESASTRE</b>									
ALERTA PARA CRISE	DESASTRE	XXX	ATIVAÇÃO DO GABINETE DE CRISE, COMUNICAÇÃO COM O ESTADO E COM O GOVERNO FEDERAL	RESPONSÁVEIS PELO GERENCIAMENTO DE RISCO	DIRETOR DE OPERAÇÕES	POPULAÇÃO ATINGIDA	CONTINUAR O MONITORAMENTO GEODROMOMETEOROLÓGICO, AGUARDAR NOVA POSIÇÃO DA DCM. CASO A DCM SOLICITE APOIO DO ERJ, ACIONAR O GRAC (GRUPO DE AÇÕES COORDENADAS). ENVIAR INSUMOS DE ACORDO COM A NECESSIDADE DO MUNICÍPIO	POSSIBILIDADE DE APOIO COMPLEMENTAR PARA ATIVIDADES DE RESPOSTA	


7.3 Anexo C – Tabela de correlação entre as ações de contingência com os níveis de alerta de desastres naturais da Defesa Civil Municipal de Nova Friburgo/RJ.

QUADRO RESUMO DE AÇÕES COORDENADAS - SECRETARIA MUNICIPAL DE DEFESA CIVIL DE NOVA FRIBURGO											
NOME	PREVISÃO E ALERTAS		NÍVEL OPERACIONAL			PLANO DE CONTINGÊNCIA DE MOVIMENTAÇÃO DE MASSAS				AÇÕES EXTERNAS	
	SIGNIFICADO	GATILHO	NOME	GATILHO	IMPACTO	ALARME A POPULAÇÃO	EVACUAÇÃO DA POPULAÇÃO DE ZONAS DE ALTO RISCO	ATIVIDADES	RESPONSÁVEIS	ATIVIDADES	RESPONSÁVEIS
BAIXO	<ul style="list-style-type: none"> <li>TEMPO NORMAL</li> <li>BAIXÍSSIMA PROBABILIDADE DE MOVIMENTO DE MASSA</li> </ul>	PREVISÕES METEOROLÓGICAS CPTC/CEMADEN NACIONAL E ESTADUAL INEA	NORMALIDADE	SEM REGISTRO DE EVENTO PRECURSOR	NORMAL	X	X	MONITORAMENTO METEOROLÓGICO	GERENTE DE OPERAÇÃO E PLANTÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>EFETUAR TESTES MENSAIS DO SISTEMA DE SIRENES</li> <li>TRABALHAR PREVENÇÃO JUNTO ÀS COMUNIDADES</li> </ul>	EQUIPE EXTERNA DE AGENTES DE DEFESA CIVIL
MODERADO	ALERTA DE INÍCIO DE CHUVAS FORTE OU CONTÍNUAS E CONTÍNUAS	PREVISÕES METEOROLÓGICAS CPTC/CEMADEN NACIONAL E ESTADUAL INEA APONTANDO CHUVAS CONTÍNUAS OU FORTES	ATENÇÃO	REGISTRO DE PEQUENOS EVENTOS PRECURSORES	<ul style="list-style-type: none"> <li>PEQUENOS DESLIZAMENTOS PLANARES</li> <li>PEQUENAS ESTRUTURAS DESTRUIDAS (MUIROS, ÁRVORES ETC)</li> </ul>	ENVIO DE SMS E AVISO DE VOZ EMITIDO PELAS SIRENES	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>INTENSIFICAR O MONITORAMENTO METEOROLÓGICO</li> <li>ENVIO DE SMS E AVISO ATRAVÉS DAS SIRENES</li> <li>MOBILIZAÇÃO DA EQUIPE</li> </ul>	GERENTE DE OPERAÇÃO E PLANTÃO	MONITORAMENTO DE ENCOSTAS COM TÉCNICOS A CAMPO	CORPO DE ENGENHEIROS
ALTO	ALERTA DE CONTINUIDADE DAS CHUVAS POR TEMPO PROLONGADO SOMADO A PREVISÃO DE ALTA PLUVIOSIDADE HORÁRIA E ALTOS ACUMULADOS MENSIS COM PROBABILIDADE DE MOVIMENTO DE MASSA	PREVISÕES METEOROLÓGICAS CPTC/CEMADEN NACIONAL E ESTADUAL INEA APONTANDO CONTINUIDADE DAS CHUVAS POR TEMPO PROLONGADO SOMADO A PREVISÃO DE ALTA PLUVIOSIDADE MM/HORA E SOLOS COM ALTOS ACUMULADOS MENSIS	ALERTA	REGISTRO DE EVENTOS E OCORRÊNCIAS DE IMPACTO MÉDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>CASAS ATINGIDAS</li> <li>ENCHENTES</li> </ul>	ALERTA DE PREPARAÇÃO PARA EVACUAÇÃO		<ul style="list-style-type: none"> <li>INTENSIFICAR E REFINAR MONITORAMENTO METEOROLÓGICO</li> <li>EQUIPES DE CAMPO MOBILIZADAS E EM AÇÃO</li> <li>EQUIPE INTERNA (ABERTURA DE PONTOS DE APOIO) EM AÇÃO</li> <li>ACIONAR PLANO DE CHAMADAS</li> </ul>	GERENTE DE OPERAÇÃO E PLANTÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>ATUAÇÃO DE EQUIPE DE CAMPO EM OCORRÊNCIAS</li> <li>PREPARAR EVACUAÇÃO</li> </ul>	EQUIPE EXTERNA DE AGENTES DE DEFESA CIVIL E CORPO TÉCNICO
ALTÍSSIMO	ALERTA DE AUMENTO SIGNIFICATIVO DE PLUVIOSIDADE COM SUPERPOSIÇÃO DE CHUVAS HORÁRIAS FORTES E INTERMITENTES COM IMINÊNCIA DE MOVIMENTOS DE MASSA	PREVISÕES METEOROLÓGICAS CPTC/CEMADEN NACIONAL E ESTADUAL INEA DE AUMENTO SIGNIFICATIVO DE PLUVIOSIDADE COM SUPERPOSIÇÃO DE CHUVAS HORÁRIAS FORTES E INTERMITENTES	ALERTA MÁXIMO	REGISTRO DE QUANTIDADE ALTA DE EVENTOS DE IMPACTOS GRAVES	<ul style="list-style-type: none"> <li>CASAS DESTRUIDAS</li> <li>FUXO DE DETRITOS</li> <li>DESLIZAMENTOS PLANARES E ROTACIONAIS</li> </ul>	REALIZAÇÃO DE EVACUAÇÃO	IMEDIATA	<ul style="list-style-type: none"> <li>MANter INTENSIFICADO O MONITORAMENTO COM ACOMPANHAMENTO O DA PREVISÃO DE RISCO</li> <li>ATIVAR O GABINETE DE CRISE</li> </ul>	GERENTE DE OPERAÇÃO E PLANTÃO	PROMOVER EVACUAÇÃO	EQUIPE EXTERNA DE AGENTES DE DEFESA CIVIL E CORPO TÉCNICO

7.4 Anexo D – Tabela de correlação entre as ações de contingência com os níveis de alerta de desastres naturais da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina.



7.5 Anexo E – Tabela de correlação entre as ações de contingência com os níveis de alerta de desastres naturais do estado do Rio de Janeiro, através do CEMADEN-RJ (Centro Estadual de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais do Estado do Rio de Janeiro).

CENTRO ESTADUAL DE MONITORAMENTO E ALERTA DE DESASTRES NATURAIS	
CRITÉRIOS	
<p><b>ESTÁGIO</b></p> <p><b>VIGILÂNCIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sem chuva ou ocorrência de chuva fraca, ocasionalmente moderada (entre 0 e 5 mm/h);</li> <li>Chuva acumulada menor que 70 mm/24h e/ou 110 mm/96h.</li> </ul>	
<p><b>ESTÁGIO</b>  <b>ESTÁGIO</b></p> <p><b>CRITÉRIOS</b></p>	
<b>VIGILÂNCIA</b>	<p><b>ATENÇÃO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ocorrência de chuva moderada, ocasionalmente forte (entre 5 e 25 mm/h);</li> <li>Ocorrência de chuva fraca, com chuva acumulada maior que 70 mm/24h e/ou 110 mm/96h.</li> </ul>
<b>VIGILÂNCIA OU ATENÇÃO</b>	<p><b>ALERTA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quando <b>NÃO</b> há acumulado e o pluviômetro atinge o índice de 1h sem registro em 24 horas ou 96 horas;</li> <li>Quando o acumulado em 24 horas atinge o índice associado ao valor de 1h;</li> <li>Quando o acumulado em 96 horas atinge o índice associado ao valor de 1h;</li> <li>Quando os valores em 1h, 24h e 96h atingirem os índices;</li> <li>Quando os valores em 24h e 96h atingirem os índices, simultaneamente e ainda com previsão de chuva.</li> </ul>
<b>ATENÇÃO</b>	<p><b>VIGILÂNCIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sem chuva ou ocorrência de chuva fraca, ocasionalmente moderada (entre 0 e 5 mm/h);</li> <li>Chuva acumulada menor que 50 mm/24h e/ou 90 mm/96h.</li> </ul>
<b>ALERTA</b>	<p><b>VIGILÂNCIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sem chuva ou ocorrência de chuva fraca (entre 0 e 5 mm/h);</li> <li>Chuva acumulada menor que 50 mm/24h e/ou 90 mm/96h.</li> </ul>
<b>ALERTA</b>	<p><b>ATENÇÃO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sem chuva ou ocorrência de chuva fraca (entre 0 e 5 mm/h);</li> <li>Chuva acumulada maior que 50 mm/24h e/ou 90 mm/96h.</li> </ul>
<p><b>OBS: Para fazer o retorno de estágio deverá seguir os dois critérios simultaneamente.</b></p>	

NÍVEIS DE ALERTA	SITUAÇÃO DE RISCOS	COR REPRESENTATIVA
VIGILÂNCIA	BAIXO	VERDE
ATENÇÃO	MODERADO	AMARELO
ALERTA	ALTO	VERMELHO