

Capacitação em Gestão de Riscos – 2015
Organização e execução: UFRGS e CEPED/RS
Realização: Ministério da Integração Nacional
Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
Departamento de Minimização de Desastres

CAPÍTULO 4

ENXERGANDO OS COMPONENTES DO RISCO

Porto Alegre, julho de 2015

SUMÁRIO

4	Enxergando os componentes do risco	4
4.1	O risco e suas classificações	4
4.1.1	Risco instalado.....	4
4.1.2	Risco aceitável, risco tolerável e intolerável, risco residual.....	6
4.1.3	Outras definições e qualificações de risco.....	8
4.2	Identificando a suscetibilidade	9
4.3	Identificando a ameaça e o perigo	12
4.4	Identificando as vulnerabilidades.....	14
4.4.1	Vulnerabilidade física.....	15
4.4.2	Vulnerabilidade de função	16
4.4.3	Vulnerabilidade social	16
4.5	O uso de indicadores.....	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Feições de instabilidade: a) trincas em casas; b) degraus de abatimento no terreno; c) inclinação de postes, muros e árvores.....	5
Figura 2: Esquema representativo da diferenciação entre risco aceitável, tolerável e inaceitável. Fonte: adaptado de < http://www.ep-consult.co.uk/service/hse-risk-assessment/quantitative-risk-assessment >.....	8
Figura 3: Risco remanescente dos deslizamentos Bairro Independência, Petrópolis, Rio de Janeiro, 2013. Em amarelo estão demarcadas as cicatrizes dos escorregamentos e, em vermelho, os polígonos com risco remanescente. Fonte: DRM (2013).	9
Figura 4: Vulnerabilidade: a) escola vulnerável a ocorrência de solapamento de margem; b) vulnerabilidade à ocorrência de inundações. (Fonte: http://g1.globo.com e http://oestemania.net).....	15
Figura 5: Mapa ilustrando o IDH dos países, separados em quatro classificações. (Fonte: PNUD, 2012)	18

4 Enxergando os componentes do risco

Este tópico tem por objetivo possibilitar ao aluno:

- Compreender os diversos conceitos de risco: residual, instalado, aceitável, tolerável e intolerável;
- Reconhecer os indicadores fundamentais para a identificação da ameaça, suscetibilidade e perigo, para os diferentes tipos de processos;
- Compreender os diferentes tipos de vulnerabilidade e como os mesmos podem ser identificados;
- Compreender a importância da utilização de indicadores.

4.1 O risco e suas classificações

Como foi visto no cap. 2, risco é formalmente definido como um produto da probabilidade de ocorrência de uma ameaça (perigo) pelas consequências que isto provoca. Mas como, na maioria dos casos, a probabilidade de ocorrência dos eventos é difícil de calcular, assim como a estimativa dos prejuízos que eles causarão, a determinação do risco apresenta várias dificuldades.

Efetivamente, o risco é o parâmetro mais completo para a indicação da segurança frente aos desastres e, devido a sua ampla abrangência, é o último item a ser obtido em um processo de mapeamento, por exemplo. Em parte por estas razões, existem diversos entendimentos e classificações de risco que têm sido utilizadas de maneira alternativa, e desta forma se faz necessária uma discussão desses termos.

4.1.1 Risco instalado

O risco instalado pode ser compreendido como o risco efetivo, atual ou visível existente e percebido em áreas ocupadas. Essa terminologia foi inicialmente introduzida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) no mapeamento de deslizamentos urbanos no estado de São Paulo e atualmente é utilizada pela CPRM nos mapeamentos elaborados para o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais do Governo Federal (PPA 2012 – 2015).

A identificação do risco instalado é realizada com base na avaliação de evidências do terreno, ou seja, condições “visíveis” de que eventos adversos podem se repetir ou estão em andamento. Esta avaliação é realizada por meio de trabalhos e inspeções de campo. Nestes casos, não há uma análise rigorosa de probabilidade matemática ou do grau de perda dos elementos em risco, sendo uma avaliação empírica guiada por um conjunto de regras construídas a partir de experiências bem sucedidas (BRESSANI; COSTA, 2013). Este tipo de identificação de risco tem sido muito utilizada no Brasil e ajuda a reconhecer

situações críticas e a hierarquizar a aplicação de recursos em obras e outras medidas de redução de risco (Carvalho *et al.*, 2007).

Exemplo: No caso de deslizamentos, o risco instalado é identificado com base em feições de instabilidade (**Figura 1**) e considerando os agravantes que tendem a aumentar o risco, como por exemplo:

- Existência de trincas e degraus de abatimento em casas e no terreno;
- Inclinação de estruturas rígidas como postes, paredes e muros;
- Presença de blocos de rocha e matacões próximos à moradia;
- Depósitos de lixo e entulho na parte alta das encostas;
- Lançamento de águas servidas diretamente na superfície;
- Pequena distância das moradias ao topo ou base de taludes instáveis;
- Elevada inclinação da encosta;
- Existência de cortes muito íngremes e aterros de entulho ou de solo sem compactação;
- Presença de materiais instáveis (colúvios e de tálus saturados);
- Vazamento de água em tubulações.

Fonte: elaborado a partir de Carvalho *et al.* (2007)



Figura 1: Feições de instabilidade: a) trincas em casas; b) degraus de abatimento no terreno; c) inclinação de postes, muros e árvores.

Exemplo: Nos processos hidrológicos de inundações e enxurradas, o risco instalado é identificado com base em indicadores de que os mesmos podem ser desencadeados, como por exemplo:

- Registros anteriores da ocorrência de inundações e enxurradas na área;
- Registro do atingimento de cotas máximas dos corpos de água (em casas ou construções);
- Assoreamento visível dos rios e arroios devido a desmatamento das margens;
- Impermeabilização de grandes áreas a montante;
- Presença de lixo e entulho nos canais de drenagem;
- Ocupação desordenada de terrenos próximos ao das margens das drenagens;
- Forma do terreno.

Se em determinado local os indicadores mostrados nos itens anteriores forem em grande número, e em posições e severidade críticas, envolvendo residências, população ou infraestruturas, se define que essa área apresenta um determinado grau de risco instalado.

Para obter maiores informações sobre a identificação do risco instalado de deslizamento, assista o vídeo elaborado pelo IPT, disponível no "Saiba Mais".

É importante salientar que, embora a identificação do risco instalado tenha grande sucesso no gerenciamento de muitos dos riscos urbanos, ela representa uma avaliação dos processos que estão "em andamento" (adaptado de Bressani e Costa, 2013). O seu grande problema é que, se o processo é mais raro ou não apresenta evidências anteriores, como enxurradas de grande porte, corridas de detritos como as que ocorreram na Serra Fluminense em 2012, tempestades e tornados, estas técnicas de identificação do risco não serão efetivas e outros estudos serão necessários (veja adiante).

4.1.2 Risco aceitável, risco tolerável e intolerável, risco residual

O **risco aceitável** é aquele que uma determinada sociedade ou população aceita como admissível, após considerar todas as consequências associadas ao mesmo. Em outras palavras, é o risco que a população exposta a um evento está preparada para aceitar sem se preocupar com a sua gestão (FELL et al., 2008 ou tradução de MACEDO e BRESSANI, 2014). Neste caso, a sociedade não considera que sejam justificáveis gastos para reduzir o risco, já que não considera o mesmo relevante. Esta escolha nem sempre está baseada em critérios e estudos técnicos, o risco aceitável advém de uma percepção geral da sociedade, e esta varia ao longo do tempo e com a experiência das pessoas com desastres (BRESSANI e COSTA, 2013). Por isto, é importante ter em mente que, quando um indivíduo ou uma sociedade "aceita" um risco, isso não significa que o mesmo é muito pequeno ou inexistente.

O **risco tolerável**, por outro lado, é aquele com que a sociedade tolera conviver, mesmo tendo que suportar alguns prejuízos ou danos, porque isto permite que usufrua de certos benefícios, como por exemplo, a proximidade do local de trabalho ou a determinados serviços. Assim, constitui-se de um risco para o qual não são feitos esforços efetivos para sua redução (FELL et al., 2008). Questões sociais e econômicas podem levar uma população a tolerar um risco maior do que outras comunidades (há várias situações em áreas inundáveis, por exemplo).

O risco tolerável é sempre maior do que o risco aceitável, embora na prática seja difícil definir os limites ou diferenciação numérica. Como risco tolerável é o risco aceito pela sociedade por questões sociais e/ou econômicas, mudanças no cenário econômico local ou na frequência de acidentes podem alterar esta percepção do risco tolerável e seus limites (BRESSANI; COSTA, 2013).

Por decorrência, define-se o **risco intolerável** como o risco que não pode ser tolerado ou aceito pela sociedade, uma vez que os benefícios ou vantagens proporcionadas pela convivência não compensam os danos e prejuízos potenciais. Assim como os riscos aceitável e tolerável, ele varia conforme a percepção do indivíduo ou da sociedade, sendo que a mesma atividade ou evento para uma determinada pessoa pode representar um risco intolerável enquanto que para outra pode ser um risco tolerável ou até mesmo aceitável (pular de paraquedas, por exemplo). A Figura 2 representa esta diferença conceitual entre os riscos aceitável, tolerável e inaceitável.

A escolha de qual o limite entre o risco tolerável e aceitável exige um elevado grau de responsabilidade técnica e política e deve levar em consideração as consequências sociais e econômicas de cada uma das opções de ação possíveis, em termos de custo/benefício. Esta razão custo/benefício tende a aumentar na medida em que cresce o nível de qualidade de vida e, conseqüentemente, o nível de exigência da sociedade a altos níveis de proteção e de um baixo grau de risco (MORAES, 2013). Os fatores que influenciam na percepção do risco tolerável, intolerável e aceitável pelas comunidades serão abordados no Capítulo 6.

O **risco residual** é o risco ainda permanece num local mesmo após a implantação de programas de redução de risco. De uma maneira geral, é preciso entender que sempre existirá um risco residual, uma vez que o risco pode ser gerenciado e/ou reduzido com medidas de mitigação, seja com medidas estruturais ou não-estruturais, mas o risco não pode ser completamente eliminado (BRESSANI; COSTA, 2013). Este risco residual dependerá do porte destas medidas, sejam elas educativas, estruturais ou de legislação, frente à magnitude dos perigos. Neste aspecto, é indiscutível que o Japão fez ao longo dos anos uma série de grandes investimentos em medidas de proteção contra ondas de maremotos (tsunamis), exatamente para reduzir muito este risco residual. Mas infelizmente o maremoto que atingiu o Japão em 2011 mostrou que o risco residual naquele caso ainda existia, e era alto (imprevisibilidade da magnitude e frequência dos terremotos).

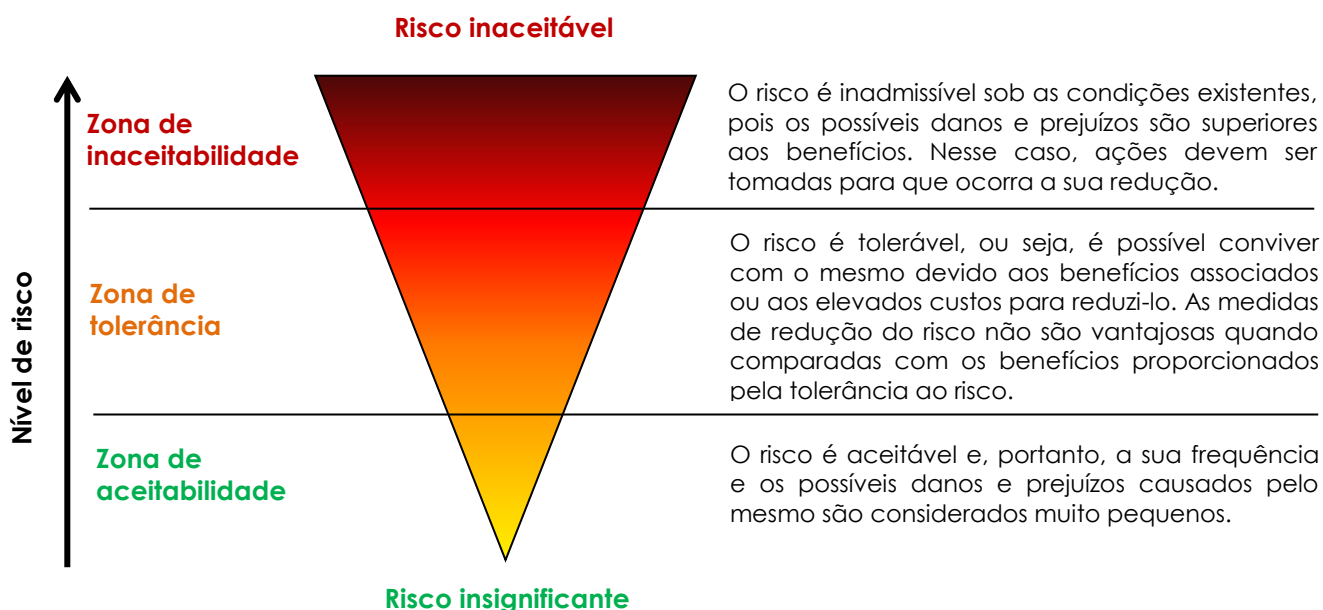
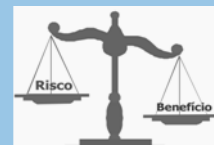


Figura 2: Esquema representativo da diferenciação entre risco aceitável, tolerável e inaceitável.
 Fonte: adaptado de <<http://www.ep-consult.co.uk/service/hse-risk-assessment/quantitative-risk-assessment>>.

Exemplo: Algumas pessoas moram em locais suscetíveis a inundação mas optam por conviver com esse risco, pois os benefícios de permanecer no local são maiores aos de mudar para outro.



4.1.3 Outras definições e qualificações de risco

Embora o conceito de risco possa ser definido de forma objetiva (perigo x consequências), na prática as dificuldades de defini-lo numericamente levam à sua qualificação subjetiva (alto, médio e baixo) baseada em indicadores como trincas, deslocamentos ou declividades, no caso dos deslizamentos. Mas esta classificação hierárquica apresenta grandes dificuldades quando são feitos levantamentos pós-desastres em áreas atingidas para definir prioridades de realização de trabalhos, e se encontram áreas definidas como de risco acima do 'alto' (muito alto?). Embora não haja consenso na comunidade técnica, termos qualificadores tem sido utilizados para tentar superar estas dificuldades, e eles devem ser entendidos e utilizados dentro das realidades em que foram propostos.

Neste sentido, o **risco remanescente** tem sido utilizado como o risco que permanece logo após a ocorrência de um desastre. Esse conceito tem sido aplicado aos deslizamentos, onde setores de riscos remanescentes são considerados aqueles extremamente críticos, onde o material não mobilizado pelos deslizamentos fica em situação crítica, podendo deslocar-se a qualquer evento chuvoso.

Embora existam na literatura geral outros termos como, por exemplo, risco iminente, deve-se evitá-los em função de falta de definições claras e possível confusão dos conceitos.

Recomenda-se a utilização de poucos termos e com limites bem definidos e, se possível, apoiados em literatura técnica reconhecida.

Por exemplo: O Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ) tem realizado a identificação do risco remanescente identificado após a ocorrência de escorregamentos, especialmente na região serrana do RJ. Para tanto, as cicatrizes dos deslizamentos são mapeadas juntamente com as áreas potencialmente instáveis. A Figura 3 apresenta um mapa de risco remanescente no Bairro Independência, após acidente em Petrópolis, RJ, em 2013.



Figura 3: Risco remanescente dos deslizamentos Bairro Independência, Petrópolis, Rio de Janeiro, 2013. Em amarelo estão demarcadas as cicatrizes dos escorregamentos e, em vermelho, os polígonos com risco remanescente.

Fonte: DRM (2013).

4.2 Identificando a suscetibilidade

A suscetibilidade representa o potencial de um terreno (ou área, ou região) ser atingido por eventos ou acidentes naturais, sem consideração dos tempos de retorno ou os danos possíveis (Bressani e Costa, 2013). Sua identificação resulta da análise conjunta dos fatores predisponentes que influenciam na ocorrência de desastres. Essa etapa é fundamental para a predição de locais sujeitos a novos eventos e, consequentemente, para a adoção de medidas preventivas e mitigadoras adequadas.

Os fatores condicionantes que influenciam na suscetibilidade variam segundo o tipo de evento analisado. A Tabela 1 apresenta os fatores de maior relevância para a identificação da suscetibilidade, conforme diferentes tipos de processo. Os julgamentos sobre o nível de suscetibilidade irão variar conforme a área de estudo. Dessa forma é

possível relacionar, por exemplo, determinados graus de declividade a uma alta ou baixa suscetibilidade a deslizamentos para a área estudada, mas tem que ser de forma dependente ao processo de instabilização estudado (BRESSANI, 2014). Essa avaliação deve ser realizada com base no conhecimento de especialistas locais, caso a caso.

Tabela 1: Fatores condicionantes utilizados na identificação da suscetibilidade para cada tipo de processo.

Tipo de processo	Fatores condicionantes
Deslizamento	<ul style="list-style-type: none"> - Declividade - Forma da encosta - Orientação da encosta - Acúmulo de fluxo - Amplitude da encosta - Densidade e/ou distância de lineamentos - Tipo de rocha - Grau de alteração - Aspectos estruturais - Tipo de solo - Propriedades geotécnicas e hidrológicas do solo - Umidade do solo - Nível do lençol freático - Unidades geomorfológicas - Características da vegetação - Presença de afloramentos rochosos
Erosão hídrica	<ul style="list-style-type: none"> - Declividade - Forma da encosta no perfil e no plano - Orientação da encosta - Direção do fluxo - Acúmulo de fluxo - Tipo de rocha - Tipo de solo - Uso do solo e cobertura vegetal - Erosividade - Erodibilidade - Unidades geomorfológicas
Inundações	<ul style="list-style-type: none"> - Rede hidrográfica - Declividade - Forma da encosta no perfil e no plano - Excedente hídrico - Tipo de rocha e suas propriedades de permeabilidade - Tipo de solo - Uso do solo e cobertura vegetal - Escoamento superficial - Área da bacia de drenagem - Forma da bacia - Gradiente hidráulico do corpo d'água - Índice de circularidade da bacia - Índice de rugosidade - Densidade de drenagens

Tipo de processo	Fatores condicionantes
Vendavais	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidade do vento - Direção do vento
Granizo	<ul style="list-style-type: none"> - Latitude - Continentalidade - Nuvens de desenvolvimento vertical associadas a frentes frias
Incêndios florestais	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura do ar - Umidade relativa do ar - Velocidade do vento - Direção do vento - Altitude - Declividade - Exposição solar - Balanço hídrico - Uso do solo e cobertura vegetal - Quantidade e dimensão dos materiais combustíveis - Distribuição vertical e horizontal dos combustíveis - Combustibilidade - Proximidade da rede viária - Densidade populacional - Limite com as áreas florestais
Desertificação	<ul style="list-style-type: none"> - Declividade - Tipo de solo - Grau de fragilidade a erosão - Erosividade - Uso do solo e cobertura vegetal - Balanço hídrico - Evapotranspiração
Secas e estiagens	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura do ar - Umidade relativa do ar - Precipitação pluvial mensal e/ou anual - Circulação dos ventos - Correntes marítimas
Produtos perigosos	<ul style="list-style-type: none"> - Rota de transporte - Tipo de transporte - Tipo de produto

Fonte: Elaborado a partir de Cardoso et al. (2004); Van Westen et al. (2008); Julião et al. (2009); Ferreira (2010).

Por exemplo: No Maciço da Tijuca (RJ), as declividades mais críticas para a ocorrência de deslizamentos no **ambiente natural** variam de 37° a 55°, ocorrendo principalmente nas porções côncavas do relevo (FERNANDES et al., 2001). No município de Porto Alegre (RS), os deslizamentos nas **áreas ocupadas** ocorrem predominantemente em encostas com declividades entre 16° e 26°, em encostas convexas (BRITO, 2014). Dessa forma constata-se que os limiares críticos dos fatores condicionantes devem ser delimitados com base nas características de cada área de estudo (geologia, clima, ocupação).

Observação: é importante salientar que os indicadores apresentados na Tabela 1 tratam-se apenas de uma sugestão. Os indicadores a serem utilizados irão variar conforme a área de estudo, escala do trabalho e objetivos.

4.3 Identificando a ameaça e o perigo

Os conceitos dos termos perigo e ameaça são próximos e sua explicação é feita de forma conjunta.

Denomina-se **ameaça** um fenômeno ou condição que evidencia a possibilidade de ocorrência de eventos desfavoráveis, tais como a destruição de bens e propriedades, ou ferimentos e mortes de pessoas. Ou seja, o conceito de ameaça simboliza uma situação com capacidade de causar prejuízos, em caso de ocorrência. Segundo Fell et al. (2008), a ameaça pode ser existente (como uma encosta com movimento lento) ou potencial (como a queda de um bloco) e sua caracterização não inclui qualquer previsão.

Por outro lado, chamamos de **perigo** uma situação que tem potencial para causar consequências negativas (danos e prejuízos), mas para a qual é possível fazer uma **estimativa dos intervalos de tempo de ocorrência (frequência)**. O perigo ("hazard") é a probabilidade que uma ameaça específica (portanto, com danos) ocorra em um dado período de tempo (FELL et al, 2008).

No mapeamento de perigo a suscetibilidade é combinada com os fatores desencadeantes (tempo de retorno de chuvas intensas, por exemplo), o que permite estabelecer uma frequência determinada para os eventos potenciais. Dessa forma, na avaliação do perigo o intervalo de tempo esperado deve ser quantificado, ou ao menos uma expectativa subjetiva do seu valor deve ser indicada.

Por exemplo: Na identificação do perigo a deslizamentos, devem-se considerar além dos indicadores de suscetibilidade natural do terreno, as características do uso e ocupação do solo e o tempo de retorno de chuvas que deflagrem esses processos como componentes do cálculo de probabilidade de sua ocorrência.

Salienta-se que a maior parte dos estudos e mapeamentos brasileiros identifica apenas a suscetibilidade (sem considerar danos e frequência), ou as ameaças, devido à dificuldade de determinar quantitativamente a probabilidade de ocorrência dos eventos adversos. Apesar dessa limitação, esses estudos são fundamentais para o planejamento e ajudam a orientar as ações do ordenamento do território, no sentido de evitar a ocupação de áreas com maiores problemas.

Ao realizar a identificação da ameaça e perigo, de uma maneira geral, devem-se considerar os seguintes componentes:

- As características naturais da área, ou seja, a suscetibilidade do terreno. Ela é identificada por meio dos **fatores condicionantes**, conforme apresentado anteriormente (Tabela 1). Eles são o conjunto das características intrínsecas do meio físico natural.

Por exemplo: Entre os **fatores condicionantes** dos deslizamentos, destacam-se:

- Declividade;
- Tipos de rocha e seu grau de alteração;
- Propriedades geotécnicas e hidrológicas do solo;
- Nível do lençol freático;
- Tipo de vegetação
- Ocupação humana

- Os **agentes efetivos** que deflagram os desastres, ou seja, que são diretamente responsáveis pela ocorrência dos desastres. Eles são diferenciados em preparatórios e imediatos. Os **agentes preparatórios** são dinâmicos e auxiliam no desencadeamento dos desastres, mas sem iniciar esses processos. Os **agentes imediatos**, também chamados de desencadeantes, representam a causa imediata do desastre.

Por exemplo: Entre os agentes **preparatórios** dos deslizamentos, destacam-se:

- Chuva de baixa intensidade;
- Erosão pela água e vento;
- Intemperismo dos materiais;
- Variação de temperatura e umidade;
- Oscilação do nível de lagos e mares e do lençol freático;
- Ação do homem.

Por exemplo: Entre os agentes efetivos **imediatos** dos deslizamentos, destacam-se:

- Chuva intensa e/ou prolongada;
- Vibrações e Terremotos;
- Vento;
- Ação do homem.
- Ondas.

Dentre os agentes apresentados, a **ação antrópica** pode ser considerada como o principal agente efetivo, principalmente por meio do tipo de uso e ocupação do solo. Em muitos casos, a ação antrópica agrava e intensifica os desastres.

Por exemplo: Entre os **agentes efetivos (preparatórios e imediatos)** relacionados com a **ação antrópica**, destacam-se:

- Retirada da mata ciliar e desmatamento das encostas;
- Impermeabilização do solo (concreto, asfalto, etc.);
- Ocupação desordenada de encostas íngremes e planícies de inundação;
- Lançamento de lixo e entulho nas encostas e rios;
- Execução de cortes e aterros com geometrias inadequadas;
- Vazamentos de tubulação;
- Lançamento de águas servidas na superfície;
- Realização de queimadas sem controle...

No entanto, salienta-se que **raramente um desastre pode ser associado a um único e definitivo fator condicionante e agente efetivo, devendo ser considerado como o produto de uma cadeia de fatores e efeitos que acabam determinando sua deflagração.**

Apontam-se os seguintes passos na identificação da ameaça e perigo:

- (1) quais são os processos naturais e da ação humana responsáveis por este perigo?
- (2) em que condições a sua evolução poderá produzir danos?
- (3) qual a probabilidade (talvez apenas qualitativa) deste fenômeno físico ocorrer em uma determinada área em um intervalo de tempo?

4.4 Identificando as vulnerabilidades

A **identificação da vulnerabilidade** inclui o reconhecimento de todas as características e circunstâncias de uma comunidade, sistema ou bem exposto a um processo perigoso e, por esta razão, a identificação dos elementos que a compõem deve ser focada nas suas características físicas, funcionais e socioambientais.

Por exemplo: Para o caso de deslizamento, um conjunto de especialistas reunidos no Comitê Técnico Conjunto das Associações Internacionais (JTC1/ISSGE/ISGE/ISRM) definiram a vulnerabilidade como o grau de perda de um dado elemento, ou grupo de elementos expostos, em uma área suscetível (FELL et al., 2008). Para propriedades, construções e estruturas, a perda será indicada pela relação entre o valor dos prejuízos pelo valor integral da propriedade (em %); para pessoas, será a probabilidade que uma vida em particular seja perdida, caso a comunidade ou residência seja afetada pelo deslizamento.

Deve-se levar em conta, porém, que a exposição (tópico 2.8 do capítulo 2) é o principal fator causador de vítimas, embora outras características socioeconômicas sejam também importantes para a determinação da vulnerabilidade.

Assim, a vulnerabilidade é identificada primariamente pela sua localização em relação ao perigo e suas características. No tópico 5.3 serão vistos mais detalhadamente os aspectos da vulnerabilidade para a realização do seu mapeamento e avaliação.

Embora os conceitos de exposição e vulnerabilidade sejam claramente diferentes, eles têm uma grande interação e não podem ser dissociados.

Por exemplo:

- Uma casa só estará vulnerável à inundação se estiver na área atingível pelo evento, ou seja, se estiver exposta a esta ameaça. Neste caso, a identificação da vulnerabilidade também deverá levar em consideração as características da construção e a condição dos seus ocupantes.
- Uma escola situada próxima de uma encosta pouco estável será vulnerável a um deslizamento pois está exposta a esta ameaça. A vulnerabilidade será tanto maior quanto maior for o volume e a velocidade de um eventual deslizamento, além da resistência da estrutura.

A Figura 4 ilustra dois locais que são vulneráveis devido à sua exposição. Observe que a qualidade da construção é, nestes casos, menos importante do que a localização dos bens.



Figura 4: Vulnerabilidade: a) escola vulnerável a ocorrência de solapamento de margem; b) vulnerabilidade à ocorrência de inundações.

Fonte: <<http://g1.globo.com> e <http://oestemania.net>>.

4.4.1 Vulnerabilidade física

Esta definição refere-se às condições físicas e intrínsecas ao elemento, estrutura ou sistema em análise que, dependendo da magnitude do evento ou acidente, terá danos ou

efeitos adversos que são medidos em termos de intensidade dos danos previstos, ou percentual do valor da estrutura ou sistema (adaptado de CASTRO, 1999).

A vulnerabilidade física ao risco de desastre pode ser identificada através da análise dos aspectos construtivos dos elementos avaliados. Abaixo, são apresentados alguns indicadores de classificação da vulnerabilidade física, incluindo pessoas.

- Condições da construção (adequada, improvisada, precária etc.);
- Rede de saneamento em rede (ou ausência);
- Tipos de acesso à construção (rua, viela, pinguela, escadaria);
- Densidade das construções.

4.4.2 Vulnerabilidade de função

Em muitas situações, um evento adverso causa mais prejuízo em função da interrupção de um serviço ou função importante do que o custo que essa função representa para ser reconstruída. Por exemplo, a queda de uma pequena ponte, sem vítimas. Embora o valor necessário para reconstruir a ponte seja relativamente pequeno (prejuízos) e ninguém tenha se ferido (danos), o prejuízo de não poder abastecer a localidade do outro lado da ponte poderá afetar toda uma população. Situações como estas foram importantes nos desastres de Santa Catarina (2008) e na Serra Fluminense (2011), por exemplo.

Por exemplo: Vulnerabilidade do sistema de abastecimento de eletricidade por quedas de torres isoladas causadas por temporais.

Abaixo, são apresentados alguns indicadores de classificação da vulnerabilidade de função de alguns elementos: .

- Serviços públicos e equipamentos urbanos localizados em áreas perigosas;
- Sistemas de drenagem de águas pluviais (estações de bombeamento);
- Abastecimento de água potável;
- Acesso viário local ou através de pontes;
- Hospitais e centros de controle ou apoio (quartéis de bombeiros, centros de distribuição de alimentos).

4.4.3 Vulnerabilidade social

Vulnerabilidade social é aquela relacionada às questões que podem provocar ou acentuar danos ou prejuízos econômicos ao ser humano. Possui enfoque centrado nas características comportamentais, organizacionais e de educação de pessoas ou populações.

A vulnerabilidade social de indivíduos ou populações frente a desastres pode ser identificada através da avaliação das capacidades de autonomia e mobilidade, bem como pela sua capacidade de acesso a recursos financeiros, educação e serviços de

saúde. É importante notar que as populações socialmente vulneráveis somente serão assim consideradas para fins de desastres se estiverem na área de atingimento (exposição). Abaixo, são apresentados alguns indicadores de classificação da vulnerabilidade social de elementos em risco.

- Nível de cultura, educação e renda;
- Nível de organização da sociedade, redes de alerta, presença de sindicatos, associações, NUDECs;
- Faixa etária, níveis de saúde, graus de mobilidade, percentual de pessoas com restrições de mobilidade (cadeirantes, idosos, dificuldades visuais, crianças etc.).

4.5 O uso de indicadores

Indicadores podem ser descritos como parâmetros (uma propriedade que pode ser mensurada e observada) que forneçam informações sobre um fenômeno, ambiente ou área.

Os indicadores são instrumentos muito úteis para a gestão de risco. Eles fazem parte da construção de um sistema de gestão de riscos em uma região específica auxiliando os gestores dessa região a tomar decisões e a identificar o impacto dessas decisões para a melhoria do território. Indicadores permitem, por exemplo, comparar a situação de risco de uma população com outra, avaliar as tendências do comportamento dessa situação ao longo do tempo e definir as prioridades de orientação para os esforços de gestão de risco. Indicadores configuram-se, desta forma, um instrumento de orientação e monitoramento das ações de gestão na busca de bons resultados.

Os indicadores podem ser utilizados:

- Como uma ferramenta de avaliação, parâmetro, ou valor calculado a partir de parâmetros (OCDE, 2002).

Por exemplo: O indicador **número médio de eventos adversos por ano** é um parâmetro que permitem acompanhar a evolução de desastres e a eficácia das medidas preventivas ou mitigatórias.

- Para ilustrar e comunicar um conjunto de fenômenos complexos de uma forma simples, incluindo tendências e progressos ao longo do tempo (EEA, 2005).

Por exemplo: O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida comparativa usada para classificar os países pelo seu grau de desenvolvimento humano (Figura 5). A estatística é composta a partir de dados de expectativa de vida ao nascer, educação e PIB per capita como um indicador do padrão de vida.

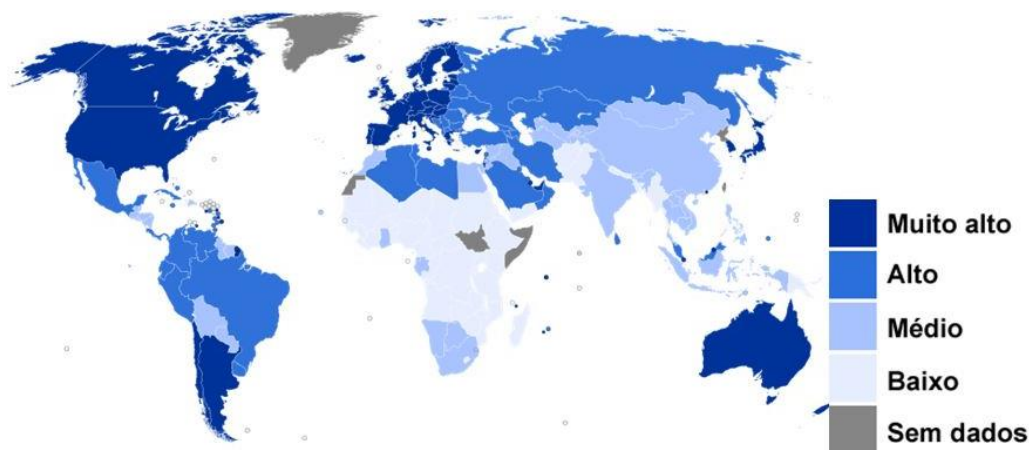


Figura 5: Mapa ilustrando o IDH dos países, separados em quatro classificações.
Fonte: PNUD (2012).

Como devem ser os indicadores?

Os indicadores devem capturar a essência do problema e ter uma interpretação normativa clara e aceita.

Por exemplo: A redução da média mensal de precipitação nos últimos 80 anos em Recife é um indicador de mudança climática.

Eles devem demonstrar a realidade de maneira clara e comprovada.

Por exemplo: Indicadores para avaliação da vulnerabilidade de uma habitação:

Condições de infraestrutura e hidrossanitárias de uma habitação

- a) Presença de pisos e revestimentos
- b) Acesso ao sistema de abastecimento de água
- c) Presença de banheiro na habitação
- d) Sistema de esgotamento sanitário
- e) Coleta de lixo

Eles devem refletir com facilidade as intervenções políticas, mas não serem sujeitos a manipulações.

O número de NUDECs por município é um indicador de participação da sociedade civil no SINPDEC. Pode ser melhorado com políticas que fortaleçam a disseminação de informações sobre a importância do papel das comunidades na prevenção de desastres. Planos diretores que incluem mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos são indicadores de eficiência de progresso na área; queda no número de desastres, ou de danos e prejuízos advindos de desastres, são indicadores da eficácia das ações mitigadoras, preventivas e de preparação, dentre outros.

Como determinar a qualidade de um indicador?

A qualidade é definida pela sua relevância ao conteúdo, credibilidade da fonte, atemporalidade e neutralidade, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros utilizados na determinação da qualidade de um indicador.

Relevância ao conteúdo	Credibilidade da fonte	Atemporalidade	Neutralidade
O Indicador deve estar relacionado ao tema analisado e ser uma importante contribuição na sua composição.	Quanto mais reconhecida for a fonte dos dados, maior credibilidade terá o indicador.	Os indicadores devem refletir situações que poderão ser comparadas em momentos distintos.	Bons indicadores não excluem grupos de dados homogêneos.
Exemplo: Percentual de famílias com baixa renda como indicador de desenvolvimento social.	Exemplo: IBGE, Instituições e agências governamentais, Institutos de pesquisas.	Exemplo: Número de pessoas contaminadas com dengue ao longo dos anos em um município.	Exemplo: Total de moradias afetadas por inundações, independente da renda da família ou local

Sinergias positivas dos indicadores

Um indicador pode possuir diversas aplicações e características multidimensionais. Além disso, podem servir a diferentes entidades para diversos tipos de avaliações. Desta forma, frequentemente apresentam relações positivas unindo diferentes áreas e contribuindo para todas elas.

Por exemplo: A precipitação pluviométrica média mensal de uma região é um indicador que serve para:

- Cálculo de inundação;
- Cálculo da probabilidade de deslizamentos de terra;
- Cálculo da probabilidade de seca ou estiagem;

Referências

- BRESSANI, L. A.; COSTA, E. A. Mapeamento geotécnico – suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade técnica, risco instalado e risco. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 14. Rio de Janeiro, 2013 **Anais...** Rio de Janeiro: ABGE, 2013. (CD-ROM).
- BRESSANI, L.A. Elaboração de cartas geotécnicas de aptidão à urbanização frente aos desastres naturais no município de Igrejinha, RS : relatório final / Centro de Pesquisas e Estudos sobre Desastres no Rio Grande do Sul ; coordenação geral Luiz A. Bressani. – Porto Alegre : UFRGS, CEPED-RS, 2014. 1 v. (várias paginações). (disponível em http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/index.php?option=com_content&view=article&id=117:cartasgeotecnicasigrejinha&catid=15:projetos-non-visible).
- BRITO, M. M. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento da suscetibilidade a escorregamentos no município de Porto Alegre, RS. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, 2014.
- CARDOSO, N. K. R.; LIMA, F. U.; ASSIS, S. V. Análise da distribuição de Poisson para a ocorrência de granizo na região de Pelotas. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1. 2004. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. P. 628-632. (CD-ROM).
- CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (Orgs.). **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007. 176 p.
- DRM. Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro. **Relatório Técnico**: desastre março/13 de escorregamentos em Petrópolis. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <www.abge.org.br/uploads/imgfck/file/Relatorio_Petropolis-Marco13.pdf>. Acesso em: dez. 2013.
- EEA (European Environment Agency). **EEA core set of indicators**. Copenhagen: [s.n.], 2005. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2005_1>.
- FELL, R.; COROMINAS, J.; BONNARD, C.; CASCINI, L.; LEROI, E.; SAVAGE, W.Z. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. **Engineering Geology**, 102, p. 83-98, 2008.
- FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 51-71, 2001.
- FERREIRA, A. R. R. **Sistema de informação geográfica e suscetibilidade a incêndio florestal**: análise de metodologias em ambiente SIG. 110 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território), Universidade do Porto, Portugal, 2010.
- HAK, T.; KOVANDA, J.; WEINZETTEL, J. **A method to assess the relevance of sustainability indicators**: Application to the indicator set of the Czech Republic's Sustainable Development Strategy. **Ecological Indicators**, v. 17, p. 46–57, jun. 2012.
- HAMMOND, A. et al. Environmental Indicators: **A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development**. Washington, D.C.: World Resources Institute, 1995. p. 58
- JULIÃO, R. P.; NERY, F.; RIBEIRO, J. L.; BRANCO, M. C.; ZÊZERE, J. L. **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal**. Lisboa, 2009. Disponível em:<riskam.ul.pt/images/pdf/livcapnac_2010_cartografia_municipal_risco_sig.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2013.
- KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Prevenção de Desastres Naturais**, Conceitos Básicos. Editora Organic Trading, 1a edição, Florianópolis – SC, 2006.
- KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A.; CORSEUIL, C. W. (2008). **Recursos hídricos e saneamento**. Curitiba: Organic Trading.

MACEDO, E. S.; BRESSANI, L.A. (Org.) **Diretrizes para o zoneamento da suscetibilidade, perigo e risco de deslizamento para planejamento do uso do solo**. 1a. ed., São Paulo: ABGE/ABMS, 2013. 88p (traduzido por Luiz A. Bressani, Fábio Bertuol e Eli A. da Costa).

MORAES, G. (Org.) Fundamentos do gerenciamento de riscos. In: **Sistemas de gestão de riscos: estudos de análise de risco “offshore e onshore”**. São Paulo: 2013. cap. 1. p. 13-186.

OCDE. **Rumo ao desenvolvimento sustentável: indicadores ambientais**. v. 9. Tradução Ana Maria S. F. Teles. Série de cadernos de referência ambiental. Salvador: NEAMA/CRA. 2002. 244 p.

PEDUZZI, P., Dao, H., Herold, C. **Global Risk And Vulnerability Index Trends per Year (GRAVITY)** Phase II: Development, analysis and results. United Nations Development Programme, Bureau of Crisis Prevention & Recovery, UNDP/BCPR, 62p, 2002. Disponível em http://www-fourier.ujf-grenoble.fr/~mouton/Publis_HDR_applis/ew_gravity2.pdf. Acesso em 13/07/2013.

PNUD. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2010**. A Verdadeira Riqueza das Nações: Vias para o Desenvolvimento Humano. New York: PNUD, 2010.

PNUD. **Relatório do Desenvolvimento Humano de 2011**. Sustentabilidade e Equidade: Um Futuro Melhor para Todos. New York: PNUD, 2011.

RAMOS, T. B. Development of regional sustainability indicators and the role of academia in this process: the Portuguese practice. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 12, p. 1101–1115, ago. 2009.

ROBERTS, N.J.; NADIM, F.; KALSNES, B. “Quantification of vulnerability to natural hazards”. In **Anais do ISGSR2007** First International Symposium on Geotechnical Safety & Risk, Tongji University, Shanghai – China, pp. 333 – 344, 2007.