

VISTORIA DE EDIFICAÇÕES EM ÁREAS DE RISCO

AUTORES

Eduardo Tadeu Possas Vaz de Mello

Eduardo Almeida Veneroso

Wallace Rezende Costa

REALIZAÇÃO

VISTORIA DE EDIFICAÇÕES EM ÁREAS DE RISCO

REALIZAÇÃO



IBAPE NACIONAL
Instituto Brasileiro de Avaliações
e Perícias de Engenharia

RESUMO

O presente artigo retrata a importância da realização de vistorias de edificações construídas em áreas de risco, para se evitar perdas humanas e patrimoniais. Áreas de risco são áreas passíveis de serem atingidas por processos naturais e/ou induzidos, que causem efeito adverso. Dentre os processos naturais mais comuns e preocupantes no Brasil estão os deslizamentos de terra e as enchentes. Destes o deslizamento é aquele que mais preocupa pelo número de vítimas fatais que gerou nas últimas décadas. As tragédias citadas ocorrem devido ao alto número de edificações construídas nessas regiões, as quais estão suscetíveis a um efeito adverso. Essas construções, além de possuírem baixo padrão construtivo, são ainda mais prejudicadas devido a ausência de uma infraestrutura urbana por trás, ambos os fatores agravam a situação. Não há, porém, nenhuma perspectiva de que essa situação se modifique, a curto prazo, uma vez que devido à crescente desigualdade socioeconômica associada ao desemprego, à falta de moradia e educação. A integridade física das pessoas que vivem nessas áreas está comprometida, os materiais e as propriedades estão perdidos. Normalmente, essas áreas correspondem a unidades habitacionais de baixa renda (assentamentos instáveis). O que justifica o baixo padrão de acabamento e de construção das edificações.

Palavras-chave: Áreas de risco, processos naturais, deslizamentos, inundações e enchentes.

ABSTRACT

This article portrays the importance of carrying out inspections of buildings built in risk areas, to avoid human and property losses. Risk areas are areas likely to be affected by natural and/or induced processes that cause an adverse effect. Among the most common and worrying natural processes in Brazil are landslides and floods. Of these, landslides are the most worrying due to the number of fatalities it has generated in recent decades. The mentioned tragedies occur due to the high number of buildings built in these regions, which are susceptible to an adverse effect. These constructions, in addition to having a low construction standard, are even more impaired due to the lack of urban infrastructure behind them, both factors exacerbating the situation. There is, however, no prospect that this situation will change in the short term, given the growing socioeconomic inequality associated with unemployment, lack of housing and education. The physical integrity of people living in these areas is compromised, materials and properties are lost. Typically, these areas correspond to low-income housing units (unstable settlements). Which justifies the low standard of finishing and construction of the buildings.

Keywords: Risk areas, natural processes, landslides, floods and floods.

REALIZAÇÃO



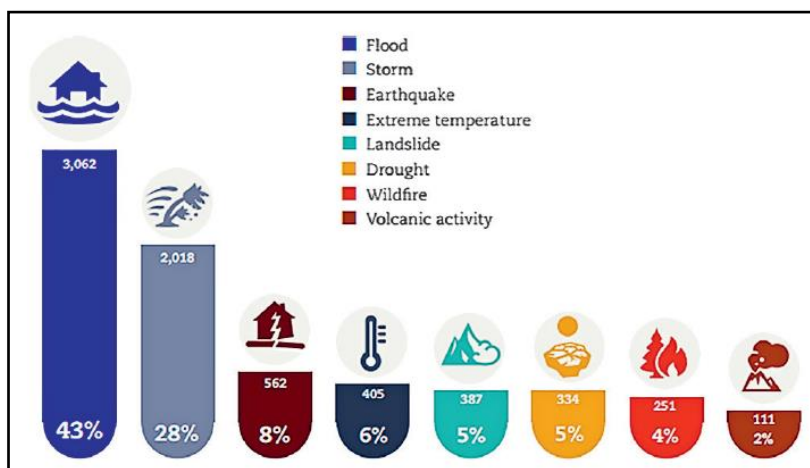
IBAPE NACIONAL
Instituto Brasileiro de Avaliações
e Perícias de Engenharia

1. INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas, publicou em novembro de 2015, através do seu escritório para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR), o relatório “*The Human Coast of Weather Related Disasters*”, grandes catástrofes ocorridas no mundo entre os anos de 1995 e 2015. Nessas grandes catástrofes se destacam inundações, tempestades, secas, ondas de calor, dentre outros eventos relacionados às questões climáticas. O Brasil está entre os dez países com maior índice de afetados por desastres nos últimos vinte anos, conforme notícias da ONU. Nessas duas décadas, cinquenta e um milhões de brasileiros foram impactados por catástrofes.

O mesmo relatório relata que no período de vinte anos, mais dois bilhões de pessoas foram afetadas por inundação, mais de um bilhão pela seca, mais de seiscentos milhares por tempestades, mais de noventa milhões por temperaturas extremas e mais de oito milhões por deslizamentos de terra e incêndios florestais.

Figura 1 – Porcentagem de ocorrências de desastres naturais por tipo de desastres

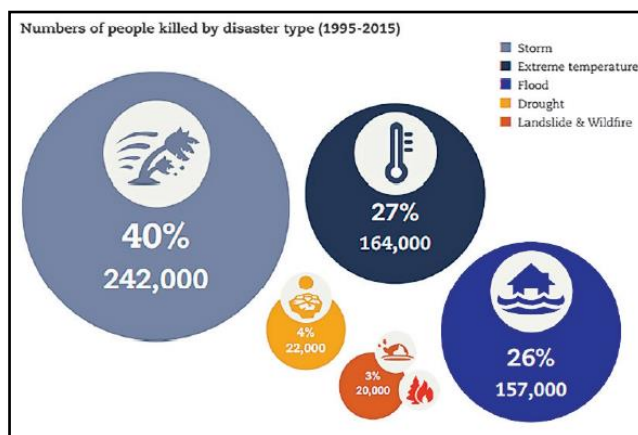


Fonte: *The Human Cost of Weather-Related Disasters*, 1995-2005.

O resultado mais triste desse relatório, mostra os números de mortos por esses eventos, sendo mais de duzentos mil por tempestades, mais de cento e sessenta mil por temperaturas extremas, mais de cento e cinquenta mil devido a inundações e alagamentos, mais de vinte mil por secas e mais de vinte mil por incêndios e deslizamentos de terra.

REALIZAÇÃO

Figura 2 – Números de mortes por tipos de desastres.



Fonte: The Human Cost of Weather-Related Disasters, 1995-2005.

Já o estudo técnico da Confederação Nacional de Municípios no Brasil, destaca que os prejuízos provocados pelas chuvas e pela seca ultrapassaram mais de cento e setenta bilhões no período de 2012 a 2015. Este estudo técnico retratou em uma tabela os prejuízos por ano e por região no país.

Figura 3 – Prejuízos econômicos devido a desastres.

TABELA 1 - PREJUÍZOS CAUSADOS POR DESASTRES - TODAS AS REGIÕES				
ANO	2012	2013	2014	2015
Centro-Oeste	8.127.500,00	570.833.745,98	1.039.380.416,41	44.998.455,05
Nordeste	513.708.761,74	40.781.016.477,29	50.230.962.590,61	14.170.903.448,01
Norte	1.900.798,00	1.556.720.728,08	1.259.320.106,04	1.936.473.050,96
Sudeste	106.620.554,65	27.033.235.938,00	24.590.914.187,56	3.444.241.590,33
Sul	78.184.800,00	1.635.856.053,92	3.454.989.793,75	1.069.955.948,02
TOTAL	708.542.414,39	71.577.662.943,27	80.575.567.094,37	20.666.572.492,37

Fonte: Estudo Técnico da CNM – Prejuízos causados por desastres naturais

No Brasil, temos ainda que quase quatro mil pessoas já perderam a vida por causas de deslizamentos de terra nas últimas décadas. Foram mais de três mil e quinhentos mortos desde mil novecentos e noventa e oito, até fevereiro de dois mil e vinte e dois, de acordo com o levantamento do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). As mais de 180 vítimas do temporal que atingiu a cidade de

Petrópolis na região serrana do Rio de Janeiro, em 2022, nem entraram nesta conta.

Figura 4 – Fortes chuvas deixam ruas inundadas em Petrópolis
16/02/2022 REUTERS/Ricardo Moraes.



Fonte: terra.com.br/noticias/brasil/cidades, acesso em 2023

Desastres acontecidos como em Petrópolis no ano de 2022 estão ligados à ocupação das cidades, à destruição ambiental e às mudanças climáticas em curso. O descaso do poder público diante dessas evidências cria o cenário.

Segundo levantamento do IPT, 2011 foi o ano com mais mortes por deslizamentos, quando aproximadamente mil pessoas perderam a vida nos municípios de Petrópolis, Nova Friburgo e Teresópolis. O relatório do IPT não cobre inundações e mortes por inundações. Esses dados foram obtidos por meio da varredura de fontes da defesa civil, da mídia e acadêmicas.

Especialistas dizem que não falta conhecimento técnico sobre as áreas de risco. "Já temos mais de 1.000 cidades com risco mapeado em áreas urbanas. Já temos normas, sabemos onde há risco alto e risco médio, temos ferramentas para detectar solos, só precisamos agir e investir", afirmou o Urbanista da Unifesp. A seguir apresentamos algumas das políticas de intervenções urbanas existentes, conforme o IPT.

- Mapeamento de riscos: os municípios devem saber quais são as áreas mais vulneráveis e quais populações estão mais expostas a perigos como deslizamentos e enchentes. A maioria das cidades já possuía mapas de risco, mas esses documentos acabaram sendo arquivados.

REALIZAÇÃO

- Política habitacional: Diante do mapa, é preciso investir em ações concretas para retirar as famílias das áreas de risco. Isso deve ser feito com a participação popular. As políticas de reassentamento são mais eficazes quando envolvem a comunidade e fornecem uma alternativa viável à população, idealmente perto de onde a família morava anteriormente.
- Meio ambiente: por exemplo, obras de proteção de encostas podem aliviar preocupações ambientais mais amplas. Ao longo da ocupação, a cidade tornou-se impermeável. Segundo especialistas, é preciso aumentar a área verde. Criar parques, substituir avenidas por árvores e renaturalizar rios são passos para criar o que os cientistas chamam de "cidades de esponja". Ao mesmo tempo, são necessários investimentos na redução de emissões. As mudanças climáticas estão por trás de tempestades cada vez mais intensas e frequentes.
- Sistema de alerta precoce: a demolição de casas e a expansão de espaços verdes podem levar anos. Ao mesmo tempo, aqueles que ainda estão na área perigosa devem ser alertados sobre o perigo por meio de sirenes, como sirenes ou mensagens de celular. Algumas cidades já possuem esses sistemas, mas nem sempre funcionam muito bem. É importante capacitar o pessoal da defesa civil, criar rotas de fuga e capacitar a população regularmente. Ao mesmo tempo, é preciso investir em ciência para melhorar as previsões de tempestades, a fim de tornar esses alertas cada vez mais certos.

REALIZAÇÃO

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Áreas de risco

Áreas que podem ser afetadas por processos adversos naturais e/ou induzidos. Os moradores que vivem nessas áreas estão expostos a danos físicos, materiais e patrimoniais. Normalmente, essas áreas são unidades habitacionais de baixa renda (assentamentos frágeis).

2.2. Perigos e riscos associados a desastres naturais

Os desastres naturais são danos causados pela incidência de fenômenos naturais, atingindo áreas ou regiões habitadas pelo homem. Alguns autores definem desastres naturais como resultado do impacto de fenômenos naturais extremos ou intensos, causando sérios danos e prejuízos que excedem a capacidade ou da sociedade atingida de se recuperar do impacto (Tobin e Montz, 1997; Marcelino, 2008).

A Defesa Civil Nacional considera desastre como resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais, além de prejuízos econômicos e sociais. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema afetado (Castro, 1998).

Em geral, considera-se como desastre natural todo evento que tem origem em um fenômeno natural de grande intensidade, agravado ou não pela ação humana. Os eventos mais comuns desses eventos no Brasil são as chuvas intensas, que causam inundações, enxurradas, erosões e deslizamentos de terra.

Os desastres naturais podem ser originados pela dinâmica interna e externa da Terra. Os provenientes da dinâmica interna são terremotos, maremotos, vulcanismo e tsunamis. Os fenômenos de dinâmica externa envolvem tempestades, tornados, inundações, deslizamentos, entre outros.

2.2.1. Conceitos básicos de avaliação de perigo e risco

A Estratégia Internacional de Redução de Risco de Desastres (ISDR), Programa da ONU, que define Risco como a “probabilidade de consequências prejudiciais, ou danos esperados, como morte, ferimentos, prejuízos, etc, devido a interação entre perigos naturais ou induzidos pela ação humana, e as

condições de vulnerabilidade” (UN-ISDR, 2004). Geralmente, os perigos têm sido classificados com base em sua origem, como naturais ou tecnológicos. A análise de risco envolve a consideração de três pontos essenciais: perigo de se ter um evento, fenômeno ou atividade humana, potencialmente danosos; vulnerabilidade, ou seja, o grau de exposição do elemento ao perigo. Isso indica que o impacto do desastre dependerá das características, probabilidades e a intensidade do perigo, e a vulnerabilidade das condições físicas, sociais, econômicas e ambientes dos elementos expostos (Tominaga, 2009). O quadro abaixo apresenta uma síntese dessas definições:

Figura 5 – Definição de Perigo, Vulnerabilidade e Risco

PERIGO
Um evento, fenômeno ou atividade humana, potencialmente danosos, que podem causar perda de vidas ou ferimentos à pessoa, danos às propriedades, rupturas socioeconômicas ou degradação ambiental. Refere-se também à possibilidade de um processo ou fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer num determinado local e num período de tempo especificado.
VULNERABILIDADE
Conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, que aumenta a suscetibilidade de uma comunidade (elemento em risco) ao impacto dos perigos. A vulnerabilidade compreende tanto aspectos físicos (resistência de construções e proteções da infraestrutura) como sociais (econômicos, políticos, técnicos, culturais, educacionais).
RISCO
É a possibilidade de se ter consequências prejudiciais ou danosas em função de perigos naturais ou induzidos pelo homem. Assim, considera-se o Risco (R) como uma função do Perigo (P), da Vulnerabilidade (V) e do Dano Potencial (DP), o qual pode ser expresso como:
$R = P \times V \times DP$

Fonte: Tominaga et al 2004; Tominaga 2007.

2.3. Movimento gravitacional de massa

Um dos principais perigos naturais no estado de Minas Gerais, são os movimentos de massa, rochas e vegetação, os quais recobrem as superfícies das vertentes e encostas. Esses processos estão presentes nas regiões mais montanhosas e serranas em várias partes do mundo, principalmente onde predominam climas úmidos. No Brasil, são mais frequentes nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste.

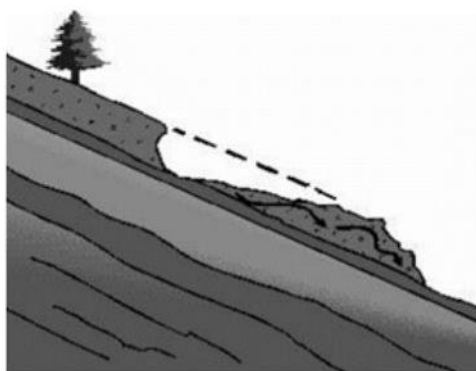
Os movimentos de massa consistem em processo natural que atua na dinâmica das vertentes, fazendo parte da evolução geomorfológica em regiões serranas. Mas, o crescimento descontrolado da ocupação urbana em áreas

desfavoráveis, sem o adequado planejamento do uso do solo e sem a adoção de técnicas adequadas de estabilização, está disseminando a ocorrência de acidentes associados a este fenômeno, que atingem dimensões de desastre (Tominaga, 2007).

Os movimentos de massa podem ser de diversos tipos, pois envolvem uma variedade de materiais e processos. As classificações mais utilizadas estão baseadas no tipo de movimento e material transportado. Augusto Filho (1992) dividiu em quatro grupos principais: deslizamento (landslide); rastejo (creep); queda de blocos (rock fall) e corrida de massa (debris flow). Esses serão descritos respectivamente, a seguir.

Deslizamento (*landslide*): movimentos caracterizados por altas velocidades, geralmente desenvolvidos em taludes de média a alta amplitude e inclinação, e segundo superfícies planares (translacionais), circulares (rotacionais) ou cuneiformes (seguindo o plano de vulnerabilidade estrutural do solo ou maciço rochoso). Geralmente é desencadeada por eventos pluviométricos de alta intensidade ou alta precipitação cumulativa, e é influenciada por fatores predisponentes inerentes ao relevo. Os deslizamentos de terra são o processo mais comum na região sudeste do Brasil, também conhecido coloquialmente: deslizamentos de terra ou colapso de obstáculos.

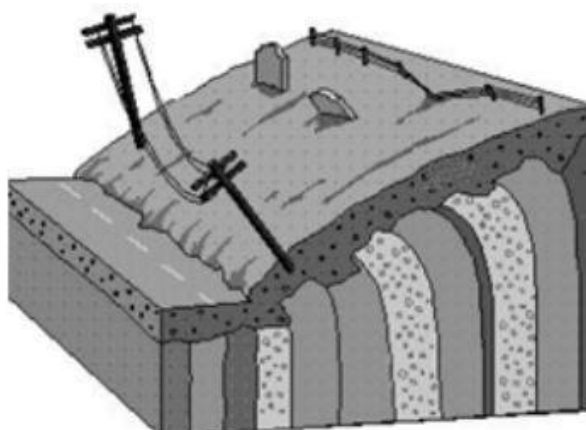
Figura 6 – Deslizamento de terra (*landslide*)



Fonte: [Usp/comunicarparaprevenir/tipo-de-deslizamento](https://usp.comunicarparaprevenir/tipo-de-deslizamento), acesso em 2023

Rastejo (*creep*): Movimento relativamente lento em comparação com processos de deslizamento, que ocorre mesmo em terrenos de baixa inclinação, como colúviões ou taludes em sopé e/ou depósitos de meia encosta. O deslocamento lento da massa permite detectar com antecedência a presença de feições instáveis, como fissuras no solo, degraus de taludes, deformações superficiais e surtos de água no fundo das encostas. Pode ser desencadeada por chuvas contínuas e grandes quantidades de chuva acumulada, levando a um aumento gradual do lençol freático e muitas vezes desestabilizando a terra. Ela se desenvolve ao longo de superfícies de ruptura irregulares e pode ser acelerada pela intervenção humana no sopé do talude afetado. Pode ocorrer isoladamente ou em relação ao deslizamento;

Figura 7 – Rastejo (*creep*)



Fonte: [Usp/comunicarparaprevenir/tipo-de-deslizamento](https://usp.comunicarparaprevenir/tipo-de-deslizamento), acesso em 2023

Queda de blocos (*rock fall*): O movimento súbito de blocos de rocha e pedregulhos, geralmente caindo de uma encosta íngreme, face rochosa ou penhasco. Os principais fatores indutores são a descontinuidade da estrutura do maciço rochoso e o intemperismo físico e químico, que podem ser desencadeados por eventos de chuva. O material em movimento pode quebrar com o impacto e rolar ao longo da superfície inclinada até encontrar um obstáculo ou atingir um terreno plano. A velocidade, a trajetória e o alcance podem variar muito, pois dependem de diversos fatores, como a inclinação da rampa e o formato e tamanho do material que está sendo movido. Preocupado principalmente com queda livre, tombamento, emborcamento e deslocamento de rochas.

Figura 8 – Queda de blocos (*rock fall*)



Fonte: Usp/comunicarparaprevenir/tipo-de-deslizamento, acesso em 2023

Corrida de massa (*debris flow*): Movimentos de massa complexos com altas energias de transporte, caracterizados por fluxos concentrados de maciços rochosos e troncos de plantas submersos em uma matriz com alta concentração de sedimentos de diferentes tamanhos de grãos, resultantes de deslizamentos ocorridos em encostas e reformados por sedimentos antigos ao longo de canais. Pode ser desencadeada por eventos de chuva de alta intensidade e ocorre nas encostas superiores de bacias montanhosas e limitadas por bacias hidrográficas. O material em movimento pode atingir áreas planas e remotas localizadas a jusante. Devido à sua alta energia de fluxo e alta concentração de sólidos, bem como ao seu amplo alcance, configura o tipo de movimento gravitacional de massa com maior potencial de efeitos destrutivos. Inclui escoamento associado, muitas vezes no início e no final do processo, na forma de "inundação suja", assim chamado por sua alta carga de sedimentos.

Figura 9 – Deslizamento de terra na região Sudeste.



Fonte: Usp/comunicarparaprevenir/tipo-de-deslizamento, acesso em 2023

2.3.1. Fatores predisponentes

Ao discutir os agentes envolvidos nos movimentos gravitacionais de massa, Guidicini e Nieble (1976) distinguem: um primeiro conjunto de fatores predisponentes relacionados aos complexos geológico, geomorfológico, climático-hidrológico e à vegetação; e um segundo conjunto que compreende os fatores efetivos (responsáveis pela deflagração dos movimentos), estes subdivididos em preparatórios e imediatos, os quais abrangem as chuvas e a influência antrópica, entre outros processos naturais e induzidos associados. Prandini et al. (1980) utilizam essa abordagem na elaboração da Carta Geotécnica dos Morros de Santos e São Vicente, agrupando os fatores predisponentes em geológicos, geomorfológicos e climático-hidrológicos, enquanto os fatores efetivos preparatórios incluem aspectos climáticos e antrópicos e os fatores efetivos imediatos correspondem a chuvas e outras possíveis influências humanas eventuais e relevantes (mutilações de encostas, vibrações nos terrenos, entre outras).

Em contexto aplicável a um conjunto mais amplo de processos do meio físico, incluindo as inundações e outros cujas alterações por intervenções humanas podem ocasionar impactos negativos, Fornasari Filho et al. (1992) distinguem fatores condicionantes essenciais e reguladores, em que, no caso dos movimentos gravitacionais de massa, os primeiros se relacionam aos constituintes do terreno e aos fluxos energéticos envolvidos, enquanto os segundos compreendem aspectos relacionados ao clima, vegetação e outros componentes do ambiente. Dessa maneira, os fatores essenciais se aproximam do conceito de fatores predisponentes especialmente quanto à geologia, geomorfologia, solos e hidrologia.

Para as finalidades dos trabalhos de mapeamento de áreas suscetíveis, essa aproximação é utilizada como diretriz básica na identificação, seleção e definição de fatores a se considerar inicialmente na análise dos processos. Adicionalmente, em razão dos objetivos do mapeamento, considera-se também que os fatores predisponentes a abordar devem ser obtidos a partir de dados cartográficos disponíveis e sua variabilidade espacial expressa em relação à totalidade da área do município.

2.3.2. Setorização de Áreas de Risco – CPRM

A Setorização de Áreas de Risco Geológico corresponde a documentos cartográficos que representam as áreas sob "situação de perigo, perda ou dano,

REALIZAÇÃO

ao homem e suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processos geológicos, induzidos ou não" (Cerri, 1993).

As áreas de risco geológico se restringem às regiões atualmente ocupadas e, portanto, são constituídas por uma ou mais edificações propensas a serem atingidas e danificadas por um dado evento geológico, seja ele natural ou induzido por ações humanas.

Após sucessivos desastres naturais ocorridos nas últimas décadas, em 2011 o Serviço Geológico do Brasil - CPRM passou a integrar o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais- PNGRRDN, a partir de quando foram então iniciadas as ações de mapeamento de áreas de risco geológico com abrangência nacional.

Figura 10– Ações relacionadas às áreas de risco geológico



Fonte: BRASIL (2012)

Figura 11 – Graus de risco – Movimentos de massa

Graus de risco – Movimentos de massa		
	GRAUS DE RISCO	DESCRIÇÃO
Sem risco	R1 Baixo ou sem risco	Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. Mantidas as condições existentes não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
Monitoramento	R2 Médio	Observa-se a presença de algum(ns) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Processo de instabilização em estágio inicial de desenvolvimento. Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
Monitoramento e intervenção	R3 Alto	Observa-se a presença de significativo(s) sinal/feição/ evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de instabilização em pleno desenvolvimento, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo. Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
Intervenção imediata	R4 Muito alto	Os sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de deslizamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de corregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Processo de instabilização em avançado estágio de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
		Setorização

Fonte: GOES (2018)

O objetivo é apontar à Defesa Civil e aos gestores municipais, estaduais e federais quais são as áreas prioritárias para a implantação de ações de gerenciamento, mitigação, monitoramento e resposta frente aos desastres naturais. Em função dos indícios observados em campo, o grau de risco pode ser classificado em baixo, médio, alto ou muito alto, sendo os dois últimos os objetos principais do projeto:

No Plano Plurianual (PPA) 2012-2015, dentre os quatro eixos de ações estabelecidos no PNGRRDN - mapeamento, previsão, resposta e monitoramento, a CPRM recebeu a missão de realizar o mapeamento de áreas de risco geológico em 821 municípios prioritários, no período de 2011 a 2014.

Na ocasião, a seleção desses municípios foi elaborada por técnicos do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão - MPOG, do Ministério da Integração Nacional - MI e da Casa Civil do Governo Federal, tendo como base os registros do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD do MI referentes aos decretos de calamidade pública, emergência e ocorrência de perdas de vidas humanas decorrentes de desastres naturais.

A partir de 2014, após a meta de mapear 821 municípios ter sido atingida, a CPRM deu continuidade aos trabalhos de mapeamento de áreas de risco

REALIZAÇÃO

geológico em todo o território nacional. O trabalho é realizado em conjunto com as defesas civis e consiste na identificação, caracterização e delimitação de áreas de risco geológico, por meio da observação de indícios e da análise de histórico de ocorrência de desastres.

Nesse contexto, as áreas de risco geológico se restringem às regiões atualmente ocupadas e, portanto, são constituídas por uma ou mais edificações propensas a serem atingidas e danificadas por um dado evento geológico, seja ele natural ou induzido por ações humanas. Em função da quantidade e intensidade dos indícios observados em campo, o grau de risco pode ser classificado em baixo, médio, alto ou muito alto, sendo os dois últimos objeto principal do projeto.

Os principais produtos gerados pelo projeto são os polígonos que delimitam as áreas de risco geológico cartografadas em campo. Eles são apresentados em pranchas no formato PDF A3, em extensão KML (Google Earth) e em ambiente SIG (formato *shapefile*), juntamente com as principais informações necessárias para identificação da área de risco geológico:

Figura 12 – Modelo de elaboração de pranchas descritivas



Fonte: GOES (2018)

Para cada município é elaborado um relatório técnico que apresenta de forma detalhada as informações gerais do projeto, os procedimentos metodológicos, os resultados obtidos e algumas sugestões para intervenção.

O trabalho não se destina à avaliação de estabilidade de terrenos e não deve ser empregado em escala que não seja a de origem. Ressalta-se que o conceito de risco geológico se aplica somente a áreas habitadas, o que não significa que as áreas não ocupadas e, portanto, não englobadas no trabalho sejam próprias para a ocupação humana.

O risco geológico não é estático, ou seja, dependendo da natureza do processo e dos agentes externos que atuam em um determinado local, uma área de risco baixo ou médio pode evoluir para risco alto ou muito alto. Ademais, áreas consideradas de risco baixo ou médio não são necessariamente áreas aptas à ocupação humana. Recomenda-se que qualquer intervenção, especialmente em áreas de risco geológico e que envolva soluções de engenharia, deva ser embasada por estudos geológico-geotécnicos e ou hidrológicos, elaborados por profissionais habilitados. Os usos inapropriados do trabalho podem resultar em conclusões e ações inadequadas.

Figura 13– Sobreposição do levantamento CPRM



Fonte: Google, acesso em 2023

2.4. Utilização do roteiro sintetizado em fichas de avaliação de campo

2.4.1. Queda de blocos e rochas

Conforme citado anteriormente, todos os conceitos relacionados à estabilidade de taludes, como condições de cisalhamento, grau de fissuração, alteração, coesão e equilíbrio instável, são previstos como fatores favoráveis e desfavoráveis para a estabilidade da rocha ou talude. Assim como nas investigações de campo urgentes, a análise é rápida. O objetivo da pesquisa realizada é distinguir essencialmente duas condições, estabilidade e instabilidade.

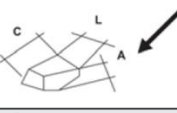
Grupos de situações precárias devem ser divididos em subgrupos em que as decisões são tomadas após uma análise detalhada das situações identificadas sob a orientação de especialistas qualificados. Numa postura conservadora, qualquer situação de instabilidade deve ser considerada perigosa se houver previsão de dano potencial.

Figura 14 – Ficha de preenchimento de campo

CADASTRO E AVALIAÇÃO DE RISCO DE ROCHAS		1/2
HISTÓRIA TÉCNICA PARA BLOCOS ROCHOSOS		Cadastro _____
EM ENCOSTAS		Número _____
LOCALIZAÇÃO:		DATA: ____/____/200__
1. Tipologia		
TALUDE ROCHOSO		TALUDE EM SOLO
A) VERTICAL ☐ (80 A 90)		A) VERTICAL ☐ (80 A 90)
B) INCLINADO ☐		B) INCLINADO ☐
2. Localização dos blocos rochosos		
A) MERSO NO SOLO ☐		B) DEPOSITADO NO TOPOFACE DO TALUDE DE SOLO ☐
A) FAZ PARTE DO TALUDE EM ROCHA ☐		B) DEPOSITADO NO TOPOFACE DO TALUDE EM ROCHA ☐
3. Condições de contato do(s) bloco(s) rochoso(s)		
1. Rocha/Rocha		2. Rocha/Solo
A) INCLINADO ☐		A) SOLO SECO ☐
B) CONTATO LISO ☐		B) SOLO SATURADO ☐
		C) EROSÃO NO CONTATO ☐
4. Ângulo do Plano basal (GRAUS)		
A) 0 - 15 ☐		A) 15 - 35 ☐
		C) MAIOR QUE 35 graus ☐
5. Condições de equilíbrio estático		
A) 70% EM CONTATO ☐		
B) > 70% EM CONTATO ☐		
6. Condições de alteração do material		
A) SÃO ☐		
A) MÉDIA POUCO ALTERADO ☐		
B) MUITO ALTERADO ☐		
B) DESAGREGA MANUAL ☐		
		
		
		
		
		
		

Fonte: Livro - Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios

Figura 15 – Ficha de preenchimento de campo

7. Forma geométrica A) LASCAS (Extremidades fresas) ☐ B) LAJES (Largura ou espessura bem menor que o comprimento) ☐ C) ARREDONDADOS OU CÚBICOS ☐ 		8. Posição A) ÁREA MAIOR DO BLOCO EM CONTATO ☐ B) ÁREA MENOR DO BLOCO EM CONTATO ☐ 9. Dimensões (aproximadas) LARGURA (L) _____ COMPRIMENTO _____ ALTURA (A) _____ A) Menor que 20X20X20 cm ☐ B) Maior que 20X20X20 cm ☐	
10. Estrutura			
1. Talude em Rocha A) 01 família de fraturas ☐ B) 02 famílias de fraturas ☐ C) 03 ou mais famílias ☐		2. Talude em solo A) Associado a solo natural ☐ B) Associado a aterro ☐	
11. Desenho da situação 		Observações: (ex.: é caminho d'água) _____ _____ Quantidade de A) = _____ Quantidade de B) = _____ Se B > A: INSTÁVEL Se B >> A: MUITO INSTÁVEL Se B < A: ESTÁVEL 1. ESTÁVEL (B<A) ☐ 2. MONITORAR (B=A OU B>A DIF. ATÉ 1) ☐ 3. INTERDITAR E SOLICITAR INSPEÇÃO TÉCNICA (B>>A) ☐ Vistoria efetuada por: Nome: _____ Ass: _____	

Fonte: Livro - Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios

2.4.2. Critério para estabelecimento de risco

Figura 16 – Critério para estabelecimento de risco

Grau de risco	Condição da rocha obtida na ficha de campo	Caracterização do risco	Condicionante	Ação
R1	Estável	Risco baixo ou inexistente	Sinais de escavação ou outra atividade antrópica	-
R2	Instável	Risco Médio	Já ocorreu a ruptura Remanescente em direção da área de influência	Alerta – Interdição
R3	Instável	Risco Alto	Não ocorreu a ruptura Direção de queda provavelmente na área de influência	Alerta – Interdição
R4	Muito Instável	Risco Muito Alto	Qualquer atividade de uso e ocupação no entorno.	Alerta – Interdição

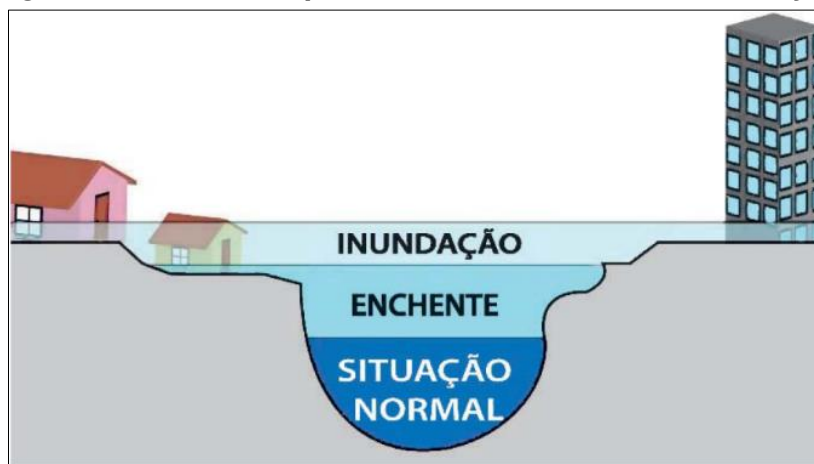
Fonte: Livro - Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios

2.5. Inundações, enchentes e alagamentos urbanos

Segundo UN-ISDR 2002, as inundações e enchentes são problemas geoambientais derivados de fenômenos ou perigos naturais de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, aqueles de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica. Sabe-se hoje que as inundações estão relacionadas com a quantidade e intensidade da precipitação atmosférica (Souza, 1998). A magnitude e frequência das inundações ocorrem em função da intensidade e distribuição da precipitação, da taxa de infiltração de água no solo, do grau de saturação do solo e das características morfométricas e morfológicas da bacia de drenagem. A figura abaixo ilustra a diferença entre uma situação normal do volume de água no canal de um curso d'água e nos eventos de enchente e inundação.

Em condições naturais, as planícies e fundos de vales estreitos apresentam lento escoamento superficial das águas das chuvas, e nas áreas urbanas estes fenômenos têm sido intensificados por alterações antrópicas, como a impermeabilização do solo, retificação e assoreamento de cursos d'água. Neste modelo de urbanização, com a ocupação das planícies de inundação e impermeabilizações ao longo das vertentes, o uso do espaço afronta a natureza, e, mesmo em cidades de topografia relativamente plana, onde, teoricamente, a infiltração seria favorecida, os resultados são catastróficos (Tavares & Silva, 2008).

Figura 17 – Perfil esquemático de enchente e inundação



Fonte: Amaral & Gutjahr, 2011

REALIZAÇÃO

Além da inundação, existem também conceitos de alagamento e enchente empregados em áreas urbanas. De acordo como o Min. Cidades/IPT (2007), o alagamento pode ser definido como “acúmulo momentâneo de águas em uma dada área, por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza pluvial”. A enxurrada é definida como o “escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais. É comum a ocorrência de enxurradas ao longo de vias implantadas sobre antigos cursos d’água com alto gradiente hidráulico e em terrenos com alta declividade natural” (Amaral & Ribeiro, 2009).

A seguir são apresentadas algumas definições de termos utilizados em relação aos fenômenos e processos de natureza hidro meteorológica.

- Enchente: as águas de chuva, ao alcançar um curso d’água, causam o aumento na vazão por certo período de tempo. Este acréscimo na descarga d’água, tem o nome de cheia ou enchente. Inundação: Por vezes, no período de enchente, as vazões atingem tal magnitude que podem superar a capacidade de descarga da calha do curso d’água e extravasar para áreas marginais habitualmente não ocupadas pelas águas. Este extravasamento caracteriza uma inundação, e a área marginal, que periodicamente recebe esses excessos de água denomina-se planície de inundação, várzea ou leito maior.
- Vazão: a vazão é definida como o volume de água escoado na unidade de tempo em uma determinada seção do curso d’água;
- Várzea: Uma planície de inundação é definida como uma área relativamente plana e baixa, às vezes transbordando com o excesso de água dos canais de drenagem. Tecnicamente, as valas de drenagem que ligam os cursos de água são chamadas de subsolo, e as planícies de inundação são os maiores leitos dos rios. O termo várzea refere-se a planícies de inundação de drenagem natural.
- Inundação: A inundação é definida como a retenção temporária de água em uma área devido a problemas no sistema de drenagem, que podem ou não estar relacionados ao fluxo do rio.
- Escoamento: O escoamento é definido como escoamento superficial concentrado com alta energia de transporte que pode ou não estar associado a áreas dominadas por processos fluviais. As inundações geralmente ocorrem em estradas construídas sobre cursos de água antigos com altos gradientes hidráulicos em terrenos com grandes declives naturais.

- Erosão marginal: a erosão hídrica na calha remove e transporta o solo das encostas das margens do rio.;
- Solapamento: colapso das encostas das margens dos rios devido à erosão e ação instável das águas durante ou imediatamente após as cheias;
- Área de Risco de enchente e inundação: no contexto urbano, as inundações e áreas de risco de inundação são definidas como cursos de água que margeiam terrenos ocupados por unidades habitacionais instáveis expostas aos impactos diretos desses eventos. As pessoas que vivem nessas áreas estão expostas a danos físicos, materiais e materiais.

Pelas definições conceituais apresentadas a diferença entre enchente e inundação se resumiria ao confinamento ou não das águas de um curso d'água em seu canal de drenagem.

Importante entender que o processo hidrológico de enchente ou inundação é um fenômeno dinâmico e que ao longo de um curso d'água podemos ter trechos com cenários de enchentes e trechos com cenários de inundação, com características dinâmicas específicas de energia cinética, volumes de água e impacto destrutivo que podem ou não causar efeitos adversos às ocupações humanas presentes nas áreas de domínio dos processos hidrológicos.

Nas cidades, a questão da drenagem urbana envolve, além dos processos hidrológicos de enchentes e inundações diretamente ligados aos cursos d'água naturais, processos de alagamentos e enxurradas, decorrentes de deficiências no sistema de drenagem urbana e que podem ou não ter relação com os processos de natureza fluvial. Em muitas cidades o descompasso entre o crescimento urbano e a drenagem urbana tem originado graves problemas de alagamentos e enxurradas.

Os trabalhos em áreas de risco de enchentes e inundações devem procurar identificar e entender os diversos processos passíveis de ocorrer, tanto aqueles de natureza efetivamente hidrológica, quanto os processos consequentes, tais como erosão marginal e solapamento, capazes de causar danos para a ocupação.

Entre os condicionantes naturais destacam-se: formas do relevo; características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; intensidade,

REALIZAÇÃO

quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características do solo e o teor de umidade e presença ou ausência da cobertura vegetal.

O estudo desses condicionantes naturais permite compreender a dinâmica do escoamento da água nas bacias hidrográficas (vazão), de acordo com o regime de chuvas conhecido. A planície de inundação, também denominada várzea, é uma área que periodicamente será atingida pelo transbordamento dos cursos d'água constituindo, portanto, uma área inadequada à ocupação. De acordo com as características do vale é possível prever a velocidade do processo de inundação. Os vales encaixados (em V) e vertentes com altas declividades predispõem as águas a atingirem grandes velocidades em curto tempo, causando inundações bruscas e mais destrutivas. Os vales abertos, com extensas planícies e terraços fluviais predispõem inundações mais lentas (graduais), devido ao menor gradiente de declividade das vertentes do entorno.

Chuvas fortes e/ou prolongadas promovem a saturação do solo, aumentando o escoamento superficial e as concentrações de água nessas áreas. A cobertura vegetal também é um fator importante, pois a presença da vegetação retém a umidade no solo e reduz as taxas de escoamento superficial para minimizar as taxas de erosão. Dentre os condicionantes antropológicos apontados estão: uso e ocupação irregular de planícies e margens de cursos d'água; Despejo irregular de resíduos próximo a cursos d'água; Mudanças nas bacias dos canais e características dos canais (vazão do canal, fertilização e drenagem, impermeabilização do solo, etc.); Processos intensivos de erosão do solo e turvação do canal.

As grandes cidades, particularmente as Regiões Metropolitanas, apresentam graves problemas com inundações decorrentes da ocupação das margens dos cursos d'água por pessoas de baixa renda, como a perda de vidas e de bens materiais. A ocupação dessas áreas marginais pelo homem deve ser orientada pelo disposto na legislação brasileira, em especial nas leis federais (Código Florestal e de Parcelamento do Solo Urbano). A disposição inadequada de lixo e entulho nas proximidades dos cursos d'água acentua esses problemas.

A impermeabilização dos solos pelo asfalto impede a infiltração e é responsável pelo aumento da velocidade do escoamento superficial. As retificações, as canalizações e o assoreamento também alteram a dinâmica da vazão dos cursos d'água. Com a eliminação dos meandros (curvas) existentes em alguns cursos d'água, que reduzem gradualmente a velocidade da água,

REALIZAÇÃO

ocorre a concentração do fluxo em pouco tempo, e gera as chamadas “inundações relâmpagos”.

A ONU (Organização das Nações Unidas) recomenda uma taxa de área verde por habitante da ordem de 12 m²/hab. Dessa forma, a conjugação dos condicionantes acima listados, aliados a alta densidade populacional das planícies, um único evento pode causar danos extensos em relação ao número de pessoas afetadas.

O número de afetados relacionados aos processos de inundação, enchentes e alagamentos geralmente é elevado, pois envolve efeitos diretos e indiretos. Dentre os efeitos diretos destacam-se as mortes por afogamento, destruição de moradias e danos materiais. Entre os efeitos indiretos destacam-se as doenças transmitidas por água contaminada, como a leptospirose, a febre tifoide, a hepatite e a cólera.

As ações voltadas à gestão dos problemas geoambientais requerem intenso planejamento territorial, organização institucional e participação da comunidade. Essas ações devem contemplar metas que respondam à diversas situações: antes, durante e depois dos eventos de inundações, enchentes e alagamentos.

Para alcançarem maior eficiência e eficácia, as sugestões e alternativas apresentadas neste texto devem estar intrinsecamente ligadas à legislação e às Políticas Públicas.

Ressalta-se, finalmente, que as ações para a redução de perdas e danos nos eventos de inundação, enchente e alagamento, bem como em outros problemas geoambientais, não são de responsabilidade apenas do poder público, mas também da sociedade como um todo. E isso já está devidamente definido na Constituição, conforme o art. 5º:

“Art. 5º - Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

REALIZAÇÃO

2.6. Metodologia de mapeamento de áreas de risco

Inserido no Programa Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres, o Ministério de Minas e Energia, por intermédio da CPRM, tem por objetivo efetuar até 2014 parte dos estudos geológico geotécnicos (PPA 2012-2015), através do mapeamento de áreas de risco nas áreas urbanas em 821 municípios e a suscetibilidade em 286 municípios considerados críticos, com foco naqueles recorrentemente afetados por inundações, enxurradas e deslizamentos, visando contribuir para a total ou no mínimo diminuição das perdas de vidas e materiais relacionadas a desastres naturais.

As informações levantadas pela setorização de riscos têm por objetivo disponibilizar ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, as áreas identificadas com alto e muito alto risco a deslizamentos e enchentes, para que possa emitir alertas prevenindo as comunidades da forte possibilidade da ocorrência de desastres.

Também envia as referidas informações para as ações de prevenção e respostas do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD/Secretaria Nacional de Defesa Civil – SEDEC a cargo do Ministério da Integração Nacional, bem como a elaboração de cartas geotécnicas a serem integradas aos planos diretores municipais visando o planejamento adequado do uso e ocupação do solo e intervenções através de obras de contenção nas áreas indicadas pela setorização, sob a responsabilidade do Ministério das Cidades.

Os procedimentos adotados para a setorização de riscos em região urbana foram realizados em escala de detalhe, variando de 1:2.000 a 1:1.000, iniciando-se pela utilização de sensores remotos e bases cartográficas, bem como de bibliografia disponível, para o reconhecimento preliminar. A seguir é efetuado contato institucional com SEDEC/COMDECs para efetivar a necessária integração de técnicos municipais e de Defesa Civil com os pesquisadores da CPRM, constituídos por duplas compostas de geólogos ou geógrafos e engenheiros hidrólogos, que juntos percorrerem o município, principalmente a área urbana e periurbana, para identificar os setores de risco alto e muito alto a movimentos de massa e/ou sujeitas a processos de inundação.

A setorização consiste em um polígono envolvendo a porção de uma encosta ou planície de inundação com potencial para sofrer algum tipo de processo natural ou induzido, que possa causar danos, e será delimitado sobre imagens/fotografias. Em continuidade são elaborados os mapas (pranchas) de

setorização (no formato A3) com fotos do setor relativas às rupturas e aos indícios observados no terreno e moradias, e outras estruturas urbanas em risco. O referido mapa contém a descrição da tipologia do processo e todas as informações para o entendimento dos condicionantes da ruptura.

A seguir é estimado o número de moradias (prédios) e pessoas afetadas ou passíveis de serem afetadas. Também são indicadas as intervenções estruturais/não estruturais, tais como obras de contenção, drenagem, educação ambiental, remoção ou relocação de moradores e moradias, entre outras intervenções.

Na etapa de geoprocessamento, fazendo intenso uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), e com o apoio de imagens Google Earth georreferenciadas, ou de imagens de sensores remoto de alta resolução, é gerado o polígono envolvendo as moradias que estão sob risco, com a vetorização em tela. No ambiente SIG são adotados os seguintes parâmetros cartográficos: o Sistema de Projeção: UTM; Datum: WGS-84 (posteriormente os dados são convertidos para coordenadas geográficas para encaminhamento ao CEMADEN).

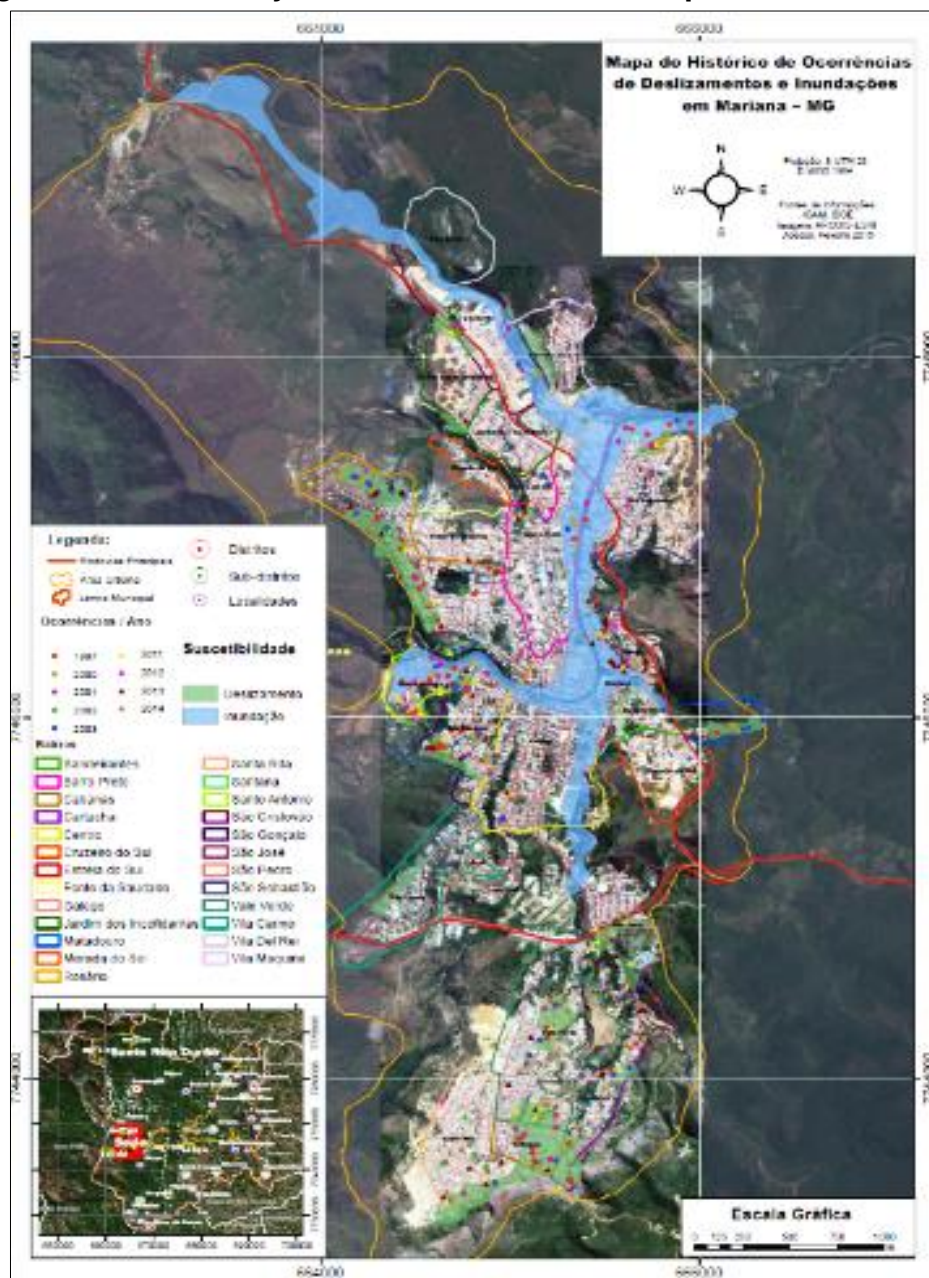
A finalização dos trabalhos é efetuada através da transferência do conhecimento para os representantes do município e defesa civil, com apresentações e disponibilização das pranchas em pdf, impressas e digital, bem como os dados vetoriais e base de dados para o próprio município, para o CEMADEN, CENAD, Ministério das Cidades e outros órgãos e **instituições** integrantes do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais do Governo Federal.

Para cada município é elaborado um relatório técnico que apresenta de forma detalhada as informações gerais do projeto, os procedimentos metodológicos, os resultados obtidos e algumas sugestões para intervenção. Importante destacarmos que no estudo da CPRM em relação ao Município de Mariana não foi apresentado uma setorização de riscos em relação a enchentes e inundações, somente em relação a movimentos de massa.

Entretanto, existe um Mapa do Histórico de Ocorrências de Deslizamentos e Inundações em Mariana, que auxilia em muito a identificação das áreas do município sujeitas a inundações. Nesse mapa, em azul, se encontra destacado as áreas do município que apresentam suscetibilidade para inundações:

REALIZAÇÃO

Figura 18 – Delimitação das 25 áreas do município de Mariana - MG



Fonte: *SOUZA (2015)*

2.7. Definição de níveis de risco

A definição de níveis relativos de risco considerando os 3 critérios e parâmetros de análise de risco pode ser desenvolvida considerando diferentes arranjos entre os mesmos. São definidos nessa análise 4 níveis de risco: RISCO MUITO ALTO (MA), RISCO ALTO (A), RISCO MÉDIO (M) E RISCO BAIXO (B).

Descreve-se a seguir a análise de risco de enchentes e inundações segundo os 3 critérios adotados.

Tabela 1 – Grau de risco preliminar segundo arranjo entre cenários hidrológicos e vulnerabilidade das habitações

α	C1 α	C2 α	C3 α
V1 α	M α	A α	MA α
V2 α	B α	M α	A α

Fonte: Min. Cidades/IPT

Tabela 2 – Grau de risco final segundo arranjo considerando os cenários hidrológicos, vulnerabilidade das habitações e periculosidade do processo segundo a distância das moradias ao eixo da drenagem

α	P1 α	P2 α
C1XV1 α	M α	B α
C1XV2 α	B α	B α
C2XV1 α	A α	M α
C2XV2 α	M α	B α
C3XV1 α	MA α	A α
C3XV2 α	A α	M α

Fonte: Min. Cidades/IPT

No resultado final dos arranjos considerando os 3 critérios teríamos:

Cenário de risco muito alto (MA) – Risco R4:

REALIZAÇÃO

a) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado poder destrutivo (C1) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1).

Cenários de risco alto (A) – Risco R3:

a) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado poder destrutivo (C3) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);

b) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado poder destrutivo (C3) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1);

c) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P2).

Cenários de risco médio (M) – Risco R2:

a) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alta capacidade de transporte de material sólido e elevado poder destrutivo (C3) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);

b) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P2);

c) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1);

d) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C3) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1).

Cenários de risco baixo – Risco R1:

REALIZAÇÃO

a) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com alta possibilidade de impacto direto do processo (P1);

b) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);

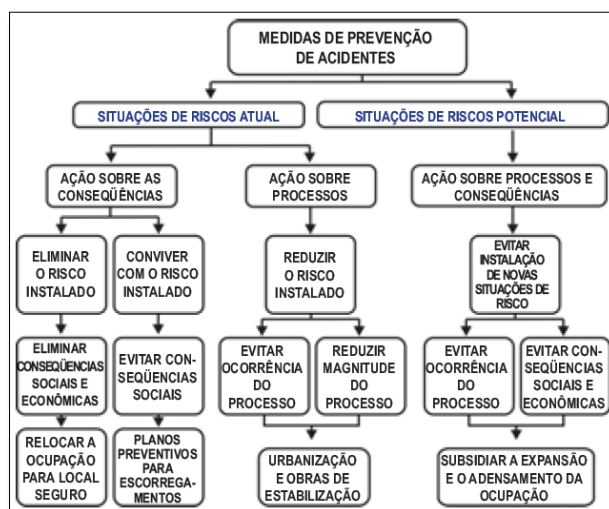
c) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de baixo padrão construtivo (V1), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2);

d) Enchentes e inundações com alta energia cinética e alto poder destrutivo (C2) atingindo moradias de bom padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2).

2.8. Medidas de prevenção de acidentes para áreas de risco de deslizamento, enchente e inundação

A Figura 24 apresenta um quadro com diversas alternativas de ações de prevenção de acidentes de deslizamentos, que, em resumo, se referem a medidas de caráter estrutural ou não estrutural.

Figura 19 – Formas de atuação em relação a áreas de risco de deslizamentos



Fonte: Livro – Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios

2.9. Estudos de caso

Os estudos de casos foram realizados pelos autores no município de Mariana – Minas Gerais.

2.9.1. Queda de blocos e rochas

O objetivo desse estudo é verificar situações potenciais de riscos geológicos, para a edificação e seus ocupantes. A vistoria no entorno do imóvel foi realizada no dia 02 de fevereiro de 2023 e abrangeu os seguintes procedimentos técnicos: identificação do imóvel e da sua posição em relação ao paredão rochoso; no paredão rochoso foi verificado a existência de fraturas e risco de quedas de blocos e de escorregamentos planares, além do sentido de escorregamento do material; identificação da distância da edificação em relação ao paredão rochoso e da existência de interferências entre o imóvel e o paredão e registros fotográficos.

Na imagem abaixo mostramos a sobreposição da área de risco geológico da CPRM de 01.2012, com a imagem atual do Google Earth e em destaque o imóvel vistoriado em amarelo. Destacamos que esse imóvel está posicionado fora da área de alto e muito alto risco.

Figura 20 – Imagem aérea do município de Mariana/MG e o imóvel vistoriado



Fonte: CPRM

O imóvel vistoriado é residencial e a edificação existente no mesmo tem peças de concreto armado em sua estrutura, paredes de alvenaria e a cobertura constituída por telhas metálicas e peças de madeira na maior parte. Essa edificação conta apenas com um nível térreo. Destacamos que essa edificação está a aproximadamente 80,00 metros do pé do paredão rochoso.

Na imagem a seguir destacamos a posição do imóvel e aos fundos o paredão rochoso, que foi mapeado pela CPRM. Nesse paredão a CPRM identificou o risco de queda de blocos e escorregamentos planares, e pontos localizados de escorregamento de médio e pequeno porte na porção mediana do paredão, o que evidenciou situação de risco para a população instalada na base do mesmo.

Ressaltamos que o imóvel está a aproximadamente 80,00 metros do pé do paredão rochoso existente no local. Destacamos também a existência de várias construções entre o paredão rochoso e a edificação vistoriada.

Figura 21 – Distância aproximada da edificação vistoriada ao paredão rochoso



Fonte: Autores, 2023

O paredão rochoso existente nos fundos do imóvel vistoriado praticamente não possui cobertura vegetal ou solo sobre as rochas, que estão aflorando em vários trechos. Nesse paredão identificamos ressaltos que não apresentam fraturas ou sinais de movimentação. Identificamos também, alguns blocos de menor porte que podem se soltar e atingir os imóveis mais próximos do mesmo, conforme mostramos na imagem a seguir. Essas rochas possuem formato lamelar e oferecem risco apenas para os imóveis posicionados mais próximos e não para o imóvel vistoriado.

Figura 22 – Paredão rochoso



Fonte: Autores, 2023

A encosta natural rochosa do paredão apresenta uma inclinação significativa, de quase 90° e possui apenas vegetação rasteira (arbustos, capins, etc.). Ressaltamos que pelo levantamento de Setorização de Risco da CPRM, o imóvel vistoriado está posicionado fora da área de risco desse paredão.

Destacamos que os blocos menores, com maior risco de escorregamento, estão em sentido diverso ao imóvel vistoriado e, portanto, o risco de atingir esse imóvel é mínimo, ainda mais considerando a distância de 80,00 metros em relação a esse paredão. Chamamos a atenção também para a geometria desse paredão, que favorece o desprendimento de matacões e pedras em sentido diverso ao imóvel objeto.

Conclui-se, então, que o imóvel vistoriado está posicionado fora da área de risco geológico apresentada no levantamento realizado pela CPRM no ano de 2012. O imóvel está posicionado a aproximadamente 80,00 metros do pé do paredão rochoso existente no local. Ressaltamos também a existência de várias edificações entre o pé do paredão e esse imóvel.

O paredão rochoso existente nos fundos do imóvel praticamente não possui cobertura vegetal ou solo sobre as rochas, que estão aflorando em vários trechos. Destacamos também a existência de um ressalto nesse paredão rochoso, mas sem sinais de fraturas ou de movimentações significativas. No paredão rochoso existente próximo ao imóvel verificamos alguns blocos de menor porte que podem se soltar e atingir os imóveis mais próximos. Essas rochas possuem formato lamelar e oferecem risco apenas para os imóveis posicionados mais próximos e não para o imóvel objeto desse laudo. Esses blocos também apresentam o plano de escorregamento em sentido distinto ao imóvel objeto da vistoria.

2.9.2. Enchentes e inundações

O objetivo desse estudo é verificar situações potenciais de riscos hidrológicos para a edificação e seus ocupantes. A vistoria no entorno do imóvel foi realizada no dia 20 de fevereiro de 2023 e abrangeu os seguintes procedimentos técnicos: identificação do imóvel e da sua posição em relação ao Rio do Carmo; no entorno do imóvel foi verificada a existência de sinais de antigas inundações e a cota desse imóvel em relação à calha do Rio; identificação da distância da edificação em relação à calha do Rio e registros fotográficos.

A edificação vistoriada está localizada no município de Mariana/MG. Essa edificação possui três andares e apresenta peças de concreto armado na sua estrutura. Sua ocupação é mista, sendo que existe um comércio no pavimento térreo e imóveis residenciais nos pavimentos superiores.

A região próxima a edificação vistoriada e se encontra na planície de inundação do Rio do Carmo que corta a cidade. Essa região está consolidada há vários anos e apresenta registros de inundação. Destacamos que as características do relevo, e da conformação geomorfológica e geológica dessa área propiciam uma dinâmica relativamente lenta durante o processo de inundação, o que minimiza os potenciais riscos para a população. Entretanto, persistem os transtornos e riscos de contaminação durante o período de inundação. Podemos observar também que as edificações existentes nessa

REALIZAÇÃO

região são construídas com peças de concreto armado e alvenarias e que podem ser classificadas como um padrão construtivo variando de bom a médio.

Figura 23– Região onde se encontra a edificação vistoriada e aos fundos o Rio do Carmo



Fonte: Autores, 2023

A rua na altura do imóvel vistoriado apresenta pavimentação em bloquetes sextavados de concreto, é plana nesse trecho e apresenta deficiências no seu sistema de drenagem pluvial. Conforme informações essa Rua já apresentou problemas de inundação e a mesma se encontra inserida nas áreas do município que apresentam suscetibilidade para inundações. Durante a vistoria não verificamos nenhum vestígio recente de inundação no local e nem na fachada da edificação, que conforme informações foi construída em 2011.

Destacamos que o edifício vistoriado está a aproximadamente 80,00 metros do eixo da calha do Rio do Carmo. Ressaltamos também a existência de várias edificações entre o edifício e o rio.

REALIZAÇÃO

Figura 24 – Edifício vistoriado e nos fundos o Rio do Carmo.



Fonte: Autores, 2023

A edificação vistoriada está localizada no município de Mariana/MG. Essa edificação apresenta um bom padrão construtivo com peças de concreto armado em sua estrutura e paredes em alvenaria rebocadas, texturizadas e pintadas. Ela está posicionada na planície de inundação do Rio do Carmo, que corta a cidade de Mariana, a aproximadamente 80,00 metros do eixo da calha do Rio.

A planície de inundação do Rio do Carmo é uma região consolidada há vários anos e com edificações construídas com peças de concreto armado e alvenarias e que podem ser classificadas como um padrão construtivo variando de bom a médio. Destacamos que as características do relevo, da conformação geomorfológica e geológica da área do imóvel vistoriado propiciam uma dinâmica relativamente lenta durante o processo de inundação, o que minimiza os potenciais riscos para a população. Entretanto, persistem os transtornos e riscos de contaminação durante o período de inundação. A seguir vamos fazer uma análise de riscos em relação à região da edificação vistoriada, conforme a metodologia já apresentada.

Em relação ao cenário hidrológico presente na área do imóvel vistoriado, podemos considerar o Processo hidrológico 1 - ENCHENTE E INUNDAÇÃO

REALIZAÇÃO

LENTA DE PLANÍCIES FLUVIAIS (C1). Em relação à vulnerabilidade da ocupação urbana presente na área do imóvel vistoriado podemos considerar como baixa vulnerabilidade de acidentes (V2). Em relação à distância das moradias ao eixo da drenagem, considerando o tipo de processo ocorrente na área e o raio de alcance desse processo, podemos considerar como baixa periculosidade (P2). A definição de níveis relativos de risco, considerando os 3 critérios e parâmetros de análise de risco que foram descritos anteriormente, é obtida nas tabelas que serão apresentadas a seguir:

Tabela 3 – Grau de risco preliminar segundo arranjo entre cenários hidrológicos e vulnerabilidade das habitações

α	C1 α	C2 α	C3 α
V1 α	M α	A α	MA α
V2 α	Bα	M α	A α

$C1 \cdot V2 = B$

Fonte: Min. Cidades/IPT

Tabela 4 – Grau de risco final segundo arranjo considerando os cenários hidrológicos, vulnerabilidade das habitações e periculosidade do processo segundo a distância das moradias ao eixo da drenagem

α	P1 α	P2 α
C1XV1 α	M α	B α
C1XV2 α	B α	Bα
C2XV1 α	A α	M α
C2XV2 α	M α	B α
C3XV1 α	MA α	A α
C3XV2 α	A α	M α

$C1XV2 \cdot P2 = B$

Fonte: Min. Cidades/IPT

Portanto, podemos concluir que conforme os 3 critérios e parâmetros de análise de risco desenvolvidos e considerando diferentes arranjos entre os mesmos, o imóvel vistoriado apresenta RISCO BAIXO (B).

Cenários de risco baixo – Risco R1: b) Enchentes e inundações com baixa energia cinética e baixo poder destrutivo (C1) atingindo moradias de médio a bom padrão construtivo (V2), situadas em área com baixa possibilidade de impacto direto do processo (P2).

3. CONCLUSÕES

Uma das consequências do desenvolvimento urbano desordenado é o aumento do risco de desastres naturais acompanhados a processos de deslizamentos/escorregamentos, inundações, alagamentos, entre outros. O Plano Diretor e o Zoneamento do Uso do Solo são os instrumentos do planejamento urbano que indicam a destinação de cada área do município.

Desastres naturais são catástrofes que ocorrem quando um evento perigoso, tal como inundação e movimentos de massa, é deflagrado causando danos à propriedade ou fazendo grande número de vítimas.

A magnitude e a frequência dos eventos naturais, aliados à grande concentração humana desordenada e agressões ambientais são os componentes que potencializam os resultados dos desastres, aumentando o risco de ocorrências e danos severos.

As situações de risco ocorrem no âmbito do planejamento e gestão, somando as políticas públicas no meio municipal, estadual e federal. Devem ser aplicados diversos instrumentos técnicos e normativos, em ações de cinco tipos, conforme o Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e de Redução de Riscos Geológicos (Brollo & Tominaga, 2012 e 2013).

O mapeamento de risco em escala local visa o diagnóstico dos setores e da gravidade da situação de risco, voltado ao gerenciamento do risco por parte dos poderes públicos municipal e estadual. O gerenciamento de risco engloba ações de prevenção. Monitoramento, mitigação e redução dos riscos.

A identificação de risco por meio do mapeamento de áreas de risco se torna o primeiro passo para combater o problema, permitindo o desenvolvimento de ações preventivas afim de evitar e reduzir diversos danos.

REALIZAÇÃO

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHEIROS M. M. e. al. 2003. **Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife**, Recife-PE, Brasil.

BRASIL, 2001. **Lei Federal 10.257, de 10 de julho de 2001, Estatuto da Cidade, 2001.**

CARNEIRO, J. S., ARAÚJO, R. S., GUIMARÃES, M. S., SOUZA, T. R. S. & DE SOUZA, T. H. S. (2019). **Identificação das manifestações patológicas do palácio episcopal de Caxias/MA/Identification of the pathological manifestations of the episcopal palace in the city of Caxias/MA**. *Brazilian Journal of Development*, 5(4), 2789-2798.

CARVALHO, C. S.; GALVÃO, T. (Org.). **Prevenção de riscos de deslizamento em encostas: guia para elaboração de políticas municipais**. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006. 111 p.

CERRI, L. E. S. & AMARAL, C. P. **Riscos Geológicos**. In: **ABGE. Geologia de Engenharia**. São Paulo: Oficina de Textos, 1998. p 301-310.

FERNANDES, Samir Batista. **A ATUALIZAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCOS DE SÃO JOÃO DE MERITI/RJ**. 2018. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Especialização em Defesa Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Rio de Janeiro, 2018.

FREITAS, C. & NUNES, B. (2012). Como e por que um prédio desaba. *Revista Veja*, <https://veja.abril.com.br/brasil/como-e-por-que-um-prediodesaba/>>Gomes, B. M. M., Santos Faro, A. A. & Nascimento, T. M. (2017). **Inspeção da Qualidade de Habitações Populares Após Entrega**. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 2(3).

Informações referentes as Secretarias Municipais de Mariana, disponível em: < <https://www.mariana.mg.gov.br/>.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. **MAPEAMENTO DE RISCOS EM ENCOSTAS E MARGENS DE RIOS**. São Paulo: Cris Fernandes, 2007.

MARQUES, Júlia et al. **Brasil tem quase 4 mil mortes por deslizamentos de terra**: desastres como o de Petrópolis e franco da rocha estão

REALIZAÇÃO



ligados à ocupação urbana e a mudanças climát. Desastres como o de Petrópolis e Franco da Rocha estão ligados à ocupação urbana e a mudanças climát. 2022. Disponível em: [MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Públicas Municipais**. Celso Santos Carvalho e Thiago Galvão \(org.\) – Brasília: Ministério das Cidades, 2006.](https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/brasil-tem-quase-4-mil-mortes-por-deslizamentos-de-. Acesso em: 15 abr. 2023.</p></div><div data-bbox=)

NOGUEIRA, F. R. **Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal**. 2002. 266 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

PERNAMBUCO. WEBER SUTTI. **CURSO DE CAPACITAÇÃO EM GESTÃO E MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCOS SOCIOAMBIENTAIS**. Pernambuco: Ministério das Cidades, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA. Decreto nº 10.818 de 08 de janeiro de 2022. **Declara situação emergencial nas áreas do Município de Mariana afetadas por desastre, 2022**.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA. **Lei Municipal Complementar nº 191 de 05 de novembro de 2019. Institui o Programa Municipal de Habitação de Interesse Social, dispõe sobre o Conselho Municipal de Habitação de Interesse Social e dá outras providências, 2019**.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA. **Lei Municipal nº 3.331 de 11 de março de 2020. Altera o art. 6º da Lei Municipal nº 2.591/2011 que institui o Programa Especial de Auxílio Moradia e dá outras providências, 2020**.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA. **Lei Municipal nº 3.530 de 18 de janeiro de 2022. Dispõe sobre a criação do Auxílio Financeiro de Emergencial denominado “Reconstruindo Vidas”, voltado à mitigação dos impactos e dos prejuízos patrimoniais causados às famílias vítimas das chuvas iniciadas em janeiro de 2022 e dá outras providências, 2022**.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA. **Plano Municipal de Contingência 2020-2021**. Mariana, 2020.

REALIZAÇÃO

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA. **Projeto Municipal de Lei Complementar nº 184 de 2021. Institui o Plano Diretor do Município de Mariana e dá outras providências, 2021.**

SOUZA, L. A. D. AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS: ETAPA 6. **PMRR**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-505, set./2022.

SOUZA, L. A. D. ELABORAÇÃO DO PLANO DE INTERVENÇÃO SOCIAL: ETAPA 3. **PMRR**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-505, dez./2021.

SOUZA, L. A. D. IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE RISCOS MARIANA REVISÃO: ETAPA 2. **PMRR**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-505, dez./2021.

SOUZA, L. A. D. IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE RISCOS MARIANA REVISÃO: ETAPA 2. **PMRR**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 1-505, 2022.

SOUZA, L. A. D. INTERVENÇÕES ESTRUTURAIS: ETAPA 4. **PMRR**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-505, dez./2021.

SOUZA, L. A. D. PROGRAMA MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCOS: ETAPA 7. **PMRR**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-505, ago./2022.

UNDRO – UNITED NATIONS DISASTER RELIEF OFFICE. UNDRO's approach to disaster mitigation. UNDRO News, Jan.-febr.1991. Geneva: Office of the United Nations Disasters Relief Co-coordinator. 20p. 1991.

VAN DER VEEN, A.; DOPHEIDE, E.; PARKER, D.; TAPSELL, S.; HANDMER, J.; GREGG, C.; BONADONNA, C.; FERRARA, F.F. *State-of-art on vulnerability of socio-economic systems. European Commission: Reference code: ENSURE – Del. 1.1.3, ENSURE PROJECT Contract nº 212045, 2009, 100 p.*

VARNES D.J.; IAEG *Commission on Landslides and other Mass-Movements. Landslides hazard zonation: a review of principles and practice*, UNESCO, Paris, França, 1984.

ZANON, Gabryelle. **MOVIMENTOS DE MASSA NAS ENCOSTAS DO RIO SOTURNO ÀS MARGENS DA RS-149- FAXINAL DO SOTURNO, RS. 2021. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Geologia, Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2021.**