

Secretaria da Casa Militar e Defesa Civil - Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC)

Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística - Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA)

Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa do Agronegócio (FUNDEPAG)

Termo de Cooperação Nº 001/2025

Processo SEI 020.00008349/2024-09

Contrato FUNDEPAG 2025.2956

Projeto: Elaboração de Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRR) e do mapeamento de áreas de risco de escorregamento e inundação de 22 municípios do Estado de São Paulo.

Termo de Referência para contratação de serviços técnicos especializados para o mapeamento de áreas de risco de escorregamento, inundação e processos correlatos em escala local com a indicação das intervenções necessárias para redução do grau de risco e apoio na elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco em 22 municípios do Estado de São Paulo.

São Paulo, 28 de julho de 2025

Área Técnica Responsável: Departamento de Geociências, Gestão de Riscos e Monitoramento Ambiental (DGGRMA) / Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA)

Responsável pela Elaboração do TdR: Cláudio José Ferreira

Modalidade de Contratação: Convite

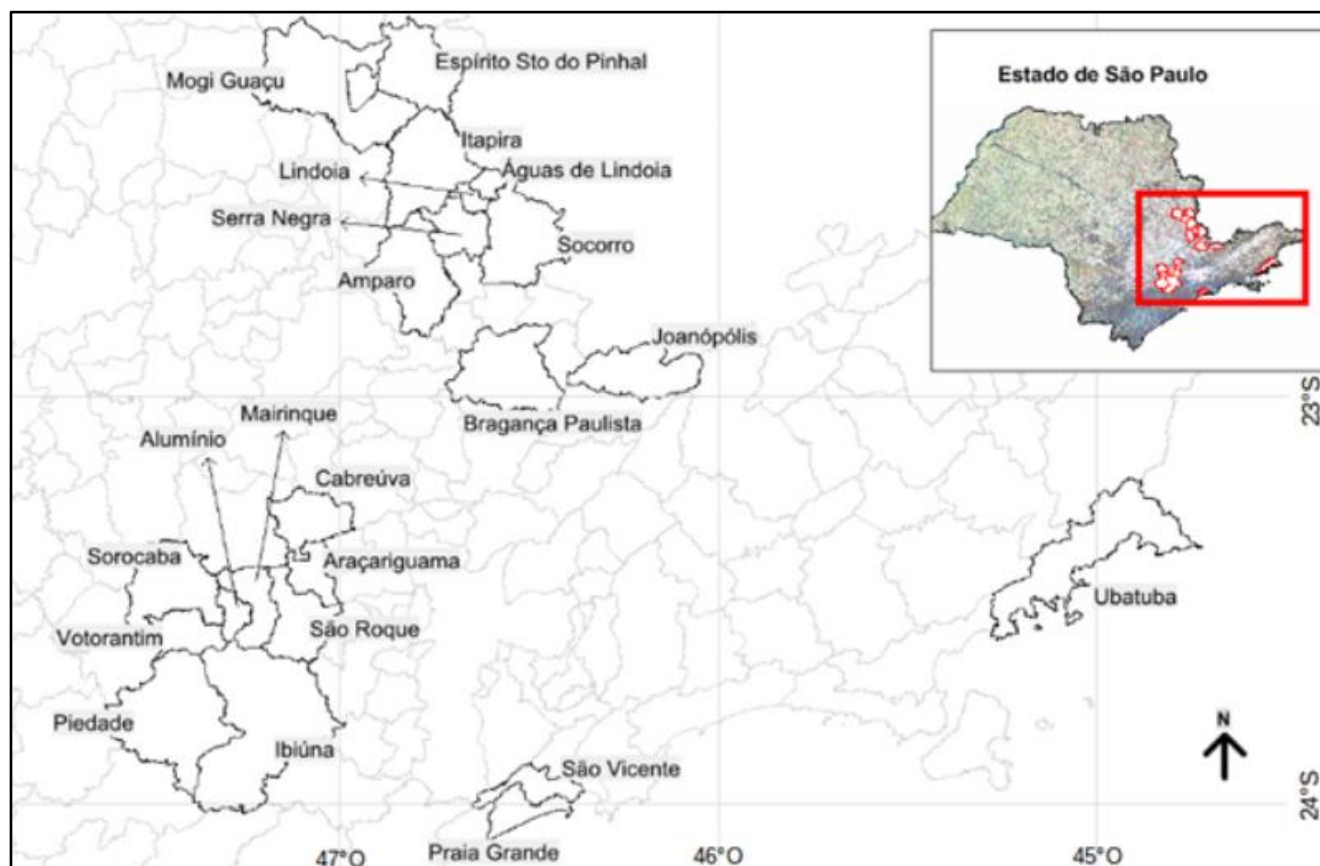
1. OBJETO

Constitui objeto do presente termo de referência a contratação de serviços de pessoa jurídica para realizar o mapeamento de áreas de risco de escorregamento, inundação e processos correlatos em escala local (em torno de 1:2.000) com a indicação das intervenções estruturais e não-estruturais para redução do grau de risco e apoio na elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco em 22 municípios do Estado de São Paulo, discriminados na Tabela 1 e Figura 1. O prazo do contrato é de 12 meses.

Tabela 1. Especificação dos 22 municípios do projeto.

1. Águas de Lindóia	8. Ibiúna	15. Piedade
2. Alumínio	9. Itapira	16. São Roque
3. Amparo	10. Joanópolis	17. São Vicente
4. Araçariguama	11. Lindóia	18. Serra Negra
5. Bragança Paulista	12. Mairinque	19. Socorro
6. Cabreúva	13. Mogi Guaçu	20. Sorocaba
7. Espírito Santo do Pinhal	14. Praia Grande	21. Ubatuba
		22. Votorantim

Figura 1. Localização dos 22 municípios do projeto.



2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do trabalho incluem:

- a) Mapeamento das áreas e setores de riscos de escorregamentos de terra, inundação e processos geológicos e hidrológicos correlatos com a representação cartográfica dos dados;
- b) Indicação de intervenções estruturais, com as respectivas estimativas de custos, para as áreas com setores classificados com risco alto (R3) e muito alto (R4), e de intervenções não estruturais para todos os setores;
- c) Apoio na elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) de cada município.

3. CONTEXTO TÉCNICO E OPERACIONAL E ESPECIFICIDADES PARA A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

Os Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRRs) deverão ser executados nos 22 (vinte e dois) municípios discriminados na Tabela 1, no entanto os tipos de levantamentos devem atender as seguintes especificidades discriminadas a seguir. A Tabela 2 mostra também a estimativa inicial de setores a serem mapeados para este grupo de municípios e o número de setores de riscos muito alto e alto (R4 e R3):

- 1) Para os municípios de Alumínio, Araçariguama, Bragança Paulista, Cabreúva, Mairinque, Mogi Guaçu, Praia Grande, Piedade, São Roque, São Vicente, Sorocaba, Ubatuba e Votorantim, totalizando 13 municípios (GRUPO 1):
 - a) mapeamento das áreas e setores de riscos de escorregamentos de terra, inundação e processos geológicos e hidrológicos correlatos com a representação cartográfica dos dados;
 - b) Indicação de intervenções estruturais, com as respectivas estimativas de custos para as áreas com setores classificados com risco alto (R3) e muito alto (R4), e de intervenções não estruturais para todas as áreas/setores;
 - c) Apoio na elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) de cada município.
- 2) Para o município de Ibiúna, totalizando um município, considerando que o mapeamento das áreas e setores de risco foi realizado pela equipe técnica do DGGRMA/IPA (GRUPO 2):
 - a) Indicação de intervenções estruturais, com as respectivas estimativas de custos para as áreas com setores classificados com risco alto (R3) e muito alto (R4);
 - b) Apoio na elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) do município.
- 3) Para os municípios de Águas de Lindóia, Amparo, Espírito Santo do Pinhal, Itapira, Joanópolis, Lindóia, Serra Negra e Socorro, totalizando oito municípios, considerando que o mapeamento das áreas e setores de risco e indicação de intervenções estruturais e de intervenções não estruturais foi realizado pela equipe técnica do DGGRMA/IPA (GRUPO 3):

- a) Apoio na elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) de cada município, incluindo a indicação da estimativa de custo das intervenções estruturais já levantadas e o mapeamento eventual de algum novo setor de risco.

Tabela 2: Relação de municípios para elaboração de PMRR e quantificação dos setores de risco.

Município	Total de Setores	Setores R4 e R3	Instrumento	Instituição	Ano
MUNICÍPIOS DO GRUPO 1 - MAPEAMENTO, INDICAÇÃO DE OBRAS, ESTIMATIVA DE CUSTOS E APOIO PMRR					
1) Alumínio	26	11	Mapeamento	IG/CEPDEC	2005
2) Araçariçuama	13	06	Setorização	IPT/CEPDEC	2019
3) Bragança Paulista	14	14	Setorização	CPRM	2022
4) Cabreúva	06	00	Setorização	IPT/CEPDEC	2021
5) Mairinque	14	07	Mapeamento	IG/CEPDEC	2005
6) Mogi Guaçu	10	03	Setorização	IPT/CEPDEC	2015
7) Praia Grande	06	01	Setorização	IPT/CEPDEC	2019
8) Piedade	06	06	Setorização	CPRM	2023
9) São Roque	15	03	Setorização	CPRM	2023
10) São Vicente	15	06	Mapeamento	IPT/CEPDEC	2023
11) Sorocaba	33	12	Mapeamento	IG/CEPDEC	2004
12) Ubatuba	149	67	Mapeamento	IG/CEPDEC	2006
13) Votorantim	07	02	Setorização	IPT	2018
Total de Setores	314	138			
MUNICÍPIO DO GRUPO 2 - INDICAÇÃO DE OBRAS, ESTIMATIVA DE CUSTOS E APOIO PMRR					
1. Ibiúna	290	106	Mapeamento	DGGRMA/IPA	2025
MUNICÍPIOS DO GRUPO 3 - ESTIMATIVA DE CUSTO E APOIO PMRR					
1. Águas de Lindóia	15	8	Mapeamento e Obras	DGGRMA/IPA	2024
2. Amparo	20	12	Mapeamento e Obras	DGGRMA/IPA	2024
3. Espírito Santo do Pinhal	19	6	Mapeamento e Obras	DGGRMA/IPA	2024
4. Itapira	4	0	Mapeamento e Obras	DGGRMA/IPA	2024
5. Joanópolis	6	2	Mapeamento e Obras	DGGRMA/IPA	2024
6. Lindóia	11	6	Mapeamento e Obras	DGGRMA/IPA	2024
7. Serra Negra	18	5	Mapeamento e Obras	DGGRMA/IPA	2024
8. Socorro	21	2	Mapeamento e Obras	DGGRMA/IPA	2024
Total de Setores	114	41			
TOTAL GERAL DE SETORES	718	285			

Os instrumentos citados estão disponíveis no portal da Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2025).

4. PRODUTOS E CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

Os serviços serão quantificados e pagos por meio da entrega dos seguintes produtos e respectivos prazos (Tabela 3).

Tabela 3. Cronograma físico-financeiro de entrega dos produtos e proporção das parcelas de pagamento.

PRODUTOS	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1- Mapeamento de risco e indicação de medidas estruturais e não estruturais dos municípios de Araçariguama, Cabreúva, Mairinque e São Roque (45 setores)	10 %											
2 - Mapeamento de risco e indicação de medidas estruturais e não estruturais dos municípios de Alumínio, Bragança Paulista, Mogi Guaçu, Piedade, Sorocaba e Votorantim (96 setores)	25%											
3 - Mapeamento de risco e indicação de medidas estruturais e não estruturais dos municípios de Praia Grande, São Vicente e Ubatuba (170 setores)	35%											
4 - Indicação de medidas estruturais para o município de Ibiúna (106 setores) e estimativa de custos das medidas estruturais para as áreas com setores de risco alto e muito alto dos 22 municípios (285 setores)				25%								
5 - Apoio à elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco de cada município			5%									
Encerramento do contrato												

Produto 1 - para os municípios de Araçariguama, Cabreúva, Mairinque e São Roque (45 setores) - até 30 dias (um mês) após a assinatura do contrato. Pagamento de 10% do total previsto.

- Relatório técnico em formato digital aberto (docx) e pdf, incluindo:
 - a. métodos e resultados do mapeamento de risco;
 - b. indicação de medidas estruturais para as áreas com setores classificados com risco alto (R3) e muito alto (R4), e de intervenções não estruturais para todas as áreas/setores;
 - c. pranchas sínteses das informações das áreas/setores;
 - d. fichas cadastrais de cada setor;
- banco de dados em formato geodatabase, geopackage e kml dos planos de informações do mapeamento de risco e das indicações estruturais classificadas nos tipos ponto, linha e

polígono.

Produto 2 - para os municípios de Alumínio, Bragança Paulista, Mogi Guaçu, Piedade, Sorocaba e Votorantim (96 setores) - até 90 dias (três meses) após a assinatura do contrato. Pagamento de 25% do total previsto.

- Relatório técnico para cada município, em formato digital aberto (docx) e pdf, incluindo:
 - a. métodos e resultados do mapeamento de risco;
 - b. indicação de medidas estruturais para as áreas com setores classificados com risco alto (R3) e muito alto (R4), e de intervenções não estruturais para todas as áreas/setores;
 - c. pranchas sínteses das informações das áreas/setores;
 - d. fichas cadastrais de cada setor;
- banco de dados em formato geodatabase, geopackage e kml dos planos de informações do mapeamento de risco e das indicações estruturais classificadas nos tipos ponto, linha e polígono.

Produto 3 – para os municípios de Praia Grande, São Vicente e Ubatuba (170 setores) - até 150 dias (cinco meses) após a assinatura do contrato. Pagamento de 35% do total previsto.

- Relatório técnico para cada município, em formato digital aberto (docx) e pdf, incluindo:
 - a. métodos e resultados do mapeamento de risco;
 - b. indicação de medidas estruturais para as áreas com setores classificados com risco alto (R3) e muito alto (R4), e de intervenções não estruturais para todas as áreas/setores;
 - c. pranchas sínteses das informações das áreas/setores;
 - d. fichas cadastrais de cada setor;
- banco de dados em formato geodatabase, geopackage e kml dos planos de informações do mapeamento de risco e das indicações estruturais classificadas nos tipos ponto, linha e polígono.

Produto 4 – para o município de Ibiúna (106 setores) e para os 22 municípios (285 setores) - até 180 dias (seis meses) após a assinatura do contrato. Pagamento de 25% do total previsto.

- Relatório técnico, em formato digital aberto (docx) e pdf, incluindo:
 - a. indicações de medidas estruturais para as áreas com setores de risco muito alto (R4) e alto (R3) para o município de Ibiúna (106 setores);
 - b. estimativa de custos das medidas estruturais para os 22 municípios (285 setores);

- banco de dados em formato geodatabase, geopackage e kml dos planos de informações das indicações estruturais classificadas nos tipos ponto, linha e polígono para o município de Ibiúna (106 setores).

Produto 5 – para os 22 municípios - até 300 dias (10 meses) após a assinatura do contrato. Pagamento de 5% do total previsto.

- Consolidação das informações em relatório técnico e bancos de dados geográficos para cada município;
- Relatório técnico e de atividades de apoio à elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco de cada município.

Fase de Encerramento do contrato - até 12 meses após a assinatura do contrato.

As áreas de risco que farão parte da elaboração dos 22 PMRRs, considerando as especificidades discriminadas anteriormente serão, prioritariamente, aquelas mapeadas nos instrumentos de identificação e mapeamento de risco discriminados na Tabela 2. No caso de evidenciada expansão e/ou modificação do risco anteriormente observado poderão ser indicadas novas áreas para estudo, conforme critérios estabelecidos no item 6 - Métodos e Especificações Técnicas. Neste caso, a proposta deve prever um aumento global em até 30% do número de setores a serem mapeados.

5. BASE CONCEITUAL

Os seguintes conceitos são adotados para a análise de risco:

- Perigo (P): um processo, fenômeno ou atividade humana que pode causar perda de vida, ferimento ou outros impactos na saúde, dano à propriedade, ruptura social e econômica ou degradação ambiental (UNDRR 2017).
- Vulnerabilidade (V): as condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de um indivíduo, uma comunidade, bens ou sistemas aos impactos dos perigos (UNDRR 2017).
- Exposição ou Dano Potencial (DP): a situação de pessoas, infraestrutura, moradias, meios produtivos e outros bens humanos tangíveis localizados em áreas sujeitas a perigos; a medição da exposição pode incluir o número de pessoas e bens numa área (ANBALAGAN & SINGH, 1996; UNDRR 2017).
- Capacidade (C): a combinação de todos os pontos fortes, atributos e recursos disponíveis em uma organização, comunidade, ou sociedade para gerir e reduzir riscos e aumentar a resiliência (UNDRR 2017).
- Risco (R): a perda potencial de vida, ferimentos, danos ou destruição de bens que pode ocorrer a um sistema, sociedade ou comunidade em um período específico, determinado probabilisticamente em função do perigo, exposição ou dano potencial, vulnerabilidade e capacidade (UNSDRR 2017).

Os processos geodinâmicos perigosos a serem mapeados compreendem os movimentos de massa e as inundações, assim conceituados:

- Movimentos de massa são definidos como qualquer movimento vertente abaixo de materiais do terreno. Dividem-se em três grandes grupos: os escorregamentos ou deslizamentos, as subsidências ou colapsos e as erosões aceleradas.
 - Os escorregamentos ou deslizamentos são classificados de acordo com o tipo de movimento e tipo de material. Varnes (1978) considera cinco tipos principais de movimentos: quedas, tombamentos, escorregamentos ou deslizamentos *stricto sensu*, expansão lateral e escoamento.
 - As quedas são deslocamentos finitos contínuos de direção essencialmente vertical sem plano de deslocamento definido. A separação do material ocorre ao longo de descontinuidades como fraturas e planos de acamamento. O movimento dá-se por queda livre, por repique ou rolamento.
 - Os tombamentos são rupturas que se distinguem pela rotação para frente de bloco de material sobre um ponto pivotante basal, sob a ação da gravidade e forças exercidas por materiais adjacentes ou por fluidos em fraturas.
 - Os escorregamentos ou deslizamentos *stricto sensu* referem-se a movimentos onde há um plano de ruptura bem definido que separa o material mobilizado do material estável situado abaixo. No tipo rotacional a superfície de ruptura é curvada com a concavidade para cima e o movimento é, grosso modo, rotacional sobre um eixo paralelo à superfície e transversal ao eixo do movimento. No tipo planar ou translacional o material mobilizado move-se ao longo de uma superfície grosseiramente planar com pouca ou nenhuma rotação ou curvamento, geralmente associado a encostas muito íngremes.
 - Os movimentos de expansão lateral ocorrem usualmente em taludes de baixa inclinação ou terrenos planos. A ruptura é causada pela liquefação de sedimentos pouco coesos.
 - Os escoamentos correspondem a movimentos fluido-viscosos com dois tipos distintos: movimentos rápidos ou corridas e movimentos lentos ou rastejo.
 - A corrida é uma forma rápida de movimento de massa constituída por solo, rocha, matéria orgânica, ar e água que mobilizado como um fluido escoam encosta abaixo (ex. corrida de lama, corrida de detritos). As corridas comumente são causadas por um escoamento intenso de água superficial devido a precipitações excepcionais.
 - O rastejo é o movimento extremamente lento de solo ou rocha. Ele é causado por uma tensão suficiente para produzir uma deformação permanente, mas muito pequena para produzir uma ruptura. Existem três tipos principais de rastejo: sazonais, contínuos e progressivos.
 - A subsidência é o resultado do deslocamento da superfície gerado por adensamento ou afundamento de camadas, como resultado da remoção de uma fase sólida, líquida ou gasosa. Em geral envolve grandes áreas e as causas mais comuns são: ação erosiva das

- águas subterrâneas, atividades de mineração, efeito de vibração em sedimentos não consolidados, exploração de petróleo, bombeamento de águas subterrâneas. O contexto geológico geotécnico pode ser bem variado, desde solos arenosos colapsíveis, solos argilosos expansíveis e processos de formação de dolinas (subsistência de solo em terrenos carbonáticos).
- A erosão acelerada de solo é o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas pela ação combinada da gravidade com a água, vento, organismos, como plantas e animais. Entre os processos erosivos, a erosão linear é a que ocasiona mais danos à população, às obras públicas e ao meio ambiente, sejam em área rural ou em área urbana. Conforme a complexidade do processo e forma da estrutura erosiva as erosões lineares são classificadas como sulco, ravina ou boçoroca. A erosão de margem fluvial é um tipo especial de erosão acelerada que ocorre ao longo dos taludes marginais de canais de rios, causando erosão ou solapamento dos taludes marginais de um canal pela ação erosiva da água, via de regra associada aos fenômenos de enchentes e inundações.
 - Inundações e processos correlatos são eventos naturais que ocorrem com periodicidade nos cursos d'água, frequentemente deflagrados por chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração (AMARAL & RIBEIRO, 2009). Geralmente as classificações de eventos geodinâmicos (por exemplo, BRASIL, 2012, IRDR, 2014) diferenciam os tipos: inundação gradual, inundação brusca, enchente, enxurrada e alagamento.
 - Inundação gradual é um processo de extravasamento lento e previsível das águas de um curso d'água para suas áreas marginais (planícies de inundação), onde se mantêm em situação de cheia durante algum tempo, e a seguir escoam-se gradualmente.
 - Inundação brusca ou rápida é um processo de elevação súbita do nível d'água de um curso d'água para suas áreas marginais com escoamento turbulento que ocorre devido a chuvas intensas e concentradas, principalmente em regiões de relevo acidentado.
 - Enchentes ou cheias são definidas como a elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, que atinge a cota máxima do canal, porém, sem extravasamento.
 - Enxurrada consiste no escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte ao longo de encostas, não necessariamente relacionado à dinâmica fluvial e, portanto, sem que haja necessariamente um canal de drenagem ou área rebaixada associada.
 - Alagamento é o acúmulo de água em áreas de topografia plana ou depressões decorrentes da incapacidade de drenagem das águas das chuvas, não necessariamente relacionado à dinâmica fluvial.

6. MÉTODOS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Anteriormente ao início das atividades de elaboração de cada produto, deverão ocorrer reuniões técnicas e oficinas de trabalho e de treinamento, entre a Equipe da CONTRATADA e da

CONTRATANTE, para preparação e planejamento da execução das atividades, incluindo o detalhamento e a compatibilidade conceitual e prática dos procedimentos a serem adotados.

6.1. Mapeamento das áreas e setores de riscos de escorregamentos de terra, inundação e processos geológicos e hidrológicos correlatos.

A análise e mapeamento de riscos de de escorregamentos de terra, inundação e processos geológicos e hidrológicos correlatos deverá seguir a metodologia de mapeamento de risco indicada por Brasil (2007, 2024), adaptando-se métodos e técnicas utilizados em estudos similares (IG-SMA 2014; FERNANDES DA SILVA et al. 2014; IG-SIMA, 2020; CORSI & MACEDO, 2022; FERNANDES DA SILVA & LEAL, 2023). Nestas metodologias, a setorização e atribuição do grau de risco é feita primordialmente com base em trabalhos de campo.

A nomenclatura dos setores de risco deve conter quatro componentes, a saber: XX/An/Sn/Rn/Pn, onde XX= sigla do município, An= número da área de risco, Sn= número do setor de risco, Rn= classificação de risco, Pn= processo analisado quanto ao risco.

As informações obtidas em campo são sistematizadas em fichas de caracterização de áreas de risco, para cada perigo analisado (escorregamento, erosão, solapamento de margem fluvial, inundação) conforme discriminadas nas tabelas 4 e 5. A Tabela 6 mostra a padronização dos graus de risco para os dois grandes grupos de processos, os movimentos de massa e as inundações. Todos os dados tabulares levantados em campo deverão ser associados aos polígonos dos setores de risco (SR) em ambiente SIG. O formato digital geográfico deve incluir todos os planos de informação gerados, os quais deverão compor o banco de dado geográfico nos formatos geodatabase (ESRI), Geopackage (QGIS) e kml (Google Earth), com sistema de projeção UTM zona 23, datum SIRGAS 2000.

Para seleção das áreas-alvo que farão parte do mapeamento serão considerados os seguintes critérios:

1. Áreas e setores de risco de mapeamentos anteriores (conforme Tabela 2);
2. Novas áreas indicadas pela municipalidade;
3. Inventário de desastres e eventos (a ser fornecido pela CONTRATANTE);
4. Mapeamento de risco – escala regional (a ser fornecido pela CONTRATANTE).

Tabela 4 - Caracterização para mapeamento de riscos relacionados aos processos de movimentos de massa.

IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO			
Data da Coleta de Dados: Município: Nome da área: Setor de Risco:	Endereço: Bairro: Nome do Morador: Equipe IPA - Geociências:	Equipe Prefeitura: Condições de acesso: Condições da via: Tipo de Pavimento:	Latitude UTM: Longitude UTM: Município Fronteira:
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ANÁLISE			
Características geológicas, geográficas, geomorfológicas e climáticas: Cobertura da Terra e Uso e Ocupação: áreas edificadas, vegetação, cultivo; Cobertura superficial: tipos de materiais inconsolidados, solos e sedimentos; Litologia e estruturas; Perfil predominante das vertentes: perfis vertical e horizontal; Inclinação média da vertente e da encosta (°); Altura máxima da encosta (m); Formas do Relevo; Pluviosidade média anual (mm); Temperatura média anual (°C); Excedente hídrico anual (mm).			
CARACTERÍSTICAS DO SETOR EM ANÁLISE			
GEOMORFOLOGIA - CONDICIONANTES Posição da Encosta; Critério para definição do setor (naturais e/ou antrópicos); Altura Máxima da Encosta (m); Inclinação Média da Encosta (°); Perfil Predominante das Vertentes no setor: CONSTRUÇÃO - CONDICIONANTES Tipo construção em %; Padrão Construtivo; Densidade Ocupação; Número de Moradias; Número de Moradores; Área (m²); Densidade construção (moradia/m²) MATERIAIS - CONDICIONANTES Material predominante (substrato): especificar espessuras em metros; Rochas; Solo; Tipo do material transportado; Textura do solo; Tipo de solo; Umidade do solo:			
CONDICIONANTES			
TALUDE NATURAL: Altura máxima Talude (m); Inclinação talude (°); Distância predominante da moradia - talude (m); Perfil predominante no talude natural TALUDE DE CORTE: Altura máxima Talude (m); Inclinação talude (°); Distância predominante da moradia - talude (m); Observação; TALUDE DE ATERRO: Tipo do Aterro; Altura máxima Talude (m); Inclinação talude (°); Distância predominante da moradia - talude (m); Posição sobre o substrato; Tipo de substrato; Depósito antrópico no talude - material predominante: PAREDE ROCHOSA: Altura máxima Talude (m); Inclinação talude (°); Distância predominante da moradia - talude (m); Perfil predominante da parede rochosa. ESTRUTURAS: Estruturas em solo/rocha; Medidas estruturais solo/rocha; Nº de famílias de juntas; Densidade de juntas (espaçamentos); Direção do mergulho estrutura/talude; MATAÇÕES: dimensões aproximadas; Descrição; Distribuição espacial. VEGETAÇÃO: Tipo; Observação: DRENAGEM E SANEAMENTO: Água; Coleta de lixo; Vazamento de tubulação; Abastecimento; Destino do Esgoto; Sistema de Drenagem Superficial; Posição mina d'água; Observação Drenagem e Saneamento.			
PROCESSOS DE INSTABILIZAÇÃO OCORRIDOS			
Descrição dos processos identificados. Volume mobilizado (m³); Alcance a partir da base; Data da ocorrência; Hora da ocorrência.			
EVIDÊNCIAS DE MOVIMENTAÇÃO			
Tipo; Frequência; Observação/Descrição.			
ANÁLISE DE RISCO R= função (processos, vulnerabilidade, exposição ou dano potencial)			
Grau de risco; Perigo: processos de instabilização esperados e probabilidade; Vulnerabilidade; Número de moradias em risco; Número de moradores em risco.			
RECOMENDAÇÕES DE MEDIDAS ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS			
Medidas estruturais; Medidas não estruturais; Medidas Híbridas; Observações gerais.			

Tabela 5 - Caracterização para mapeamento de riscos relacionados aos processos de inundações e processos correlatos.

IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO			
Data da Coleta de Dados: Município: Nome da área: Setor de Risco:	Endereço: Bairro: Nome do Morador: Equipe IPA - Geociências:	Equipe Prefeitura: Condições de acesso: Condições da via: Tipo de Pavimento:	Latitude UTM: Longitude UTM: Município Fronteira:
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ANÁLISE			
Características geológicas, geográficas, geomorfológicas e climáticas: HIDROGRAFIA E HIDROLOGIA: Bacia Hidrográfica; Sub-bacia; Microbacia; Posição da microbacia em relação a sub-bacia; Ordem do canal; Área da microbacia; Vazão média do rio; Perfil da vertente. COBERTURA DA TERRA E USO E OCUPAÇÃO: áreas edificadas, vegetação, cultivo; COBERTURA SUPERFICIAL: tipos de materiais inconsolidados, solos e sedimentos; LITOLOGIA E ESTRUTURAS: tipos litológicos, descontinuidades. GEOMORFOLOGIA: Perfil predominante das vertentes: perfis vertical e horizontal; Inclinação média da vertente e da encosta (°); Altura máxima da encosta (m); Formas do Relevo; CLIMA: Pluviosidade média anual (mm); Temperatura média anual (°C); Excedente hídrico anual (mm).			
CARACTERÍSTICAS DO SETOR EM ANÁLISE			
CARACTERÍSTICAS DA DRENAGEM ASSOCIADA: Tipo de Canal; Morfologia do Canal; Curvatura do Canal; Geometria do Canal; Presença de mata ciliar, lixo e entulho; Intervenções no canal; CONSTRUÇÃO: Tipo construção em %; Padrão Construtivo; Densidade Ocupação; Número de Moradias; Número de Moradores; Área (m²); Densidade construção (moradia/m²); Tipo de superfícies (Ruas e terrenos em geral); Descrição do solo exposto; Inclinação/ declividade (°) para enxurrada. INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO: Abastecimento de água; Destino do esgoto; Sistema de Coleta de Lixo; Observações:			
PROCESSOS DE INSTABILIZAÇÃO OCORRIDOS			
Tipo de processo. Descrição dos processos identificados. Abrangência (ruas atingidas). Nível de Atingimento da Água. Nível de Atingimento da Enxurrada. Processos associados. Tipo de processo erosivo. Descrição; Frequência ou recorrência. Intervenções realizadas.			
ANÁLISE DE RISCO R= função (processos, vulnerabilidade, exposição ou dano potencial)			
Grau de risco; Perigo: processos de instabilização esperados e probabilidade; Vulnerabilidade; Número de moradias em risco; Número de moradores em risco. Extensão de vias expostas.			
RECOMENDAÇÕES DE MEDIDAS ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS			
Medidas estruturais; Medidas não estruturais; Medidas Híbridas; Observações gerais.			

A análise de risco em escala local, é realizada de forma qualitativa durante os trabalhos de campo. Para tanto, procede-se em campo a delimitação dos setores de risco, com apoio em material gráfico previamente preparado (etapa de pré-setorização), na forma de layouts de campo, e após a avaliação dos atributos levantados, tendo por base a interrelação dos fatores da equação de risco.

Os principais planos de informação que compõem a pré-setorização incluem, limites administrativos (municipal, bairros e quadras), sistema viário, áreas edificadas, localização de acidentes e eventos anteriores, curvas de nível e pontos cotados, rede de drenagem e ortofotos. Estas informações são plotadas em papel, preferencialmente em formato A3, possibilitando durante o trabalho de campo as análises, com a delimitação de setores de risco e anotações pertinentes diretamente no layout.

Tabela 6 - Caracterização dos graus de risco.

Graus de risco (perigo x vulnerabilidade) para movimento de massa e inundação e processos correlatos	
R0 - Nulo a quase nulo ou setores descaracterizados	• Indicação da inexistência de processo perigoso específico • Ausência de elemento em risco: vulnerabilidade igual a zero • Sem recomendações específicas, acompanhamento da rotina administrativa
R1 - Baixo	• Predominam classes de perigo e vulnerabilidade baixas; • Inundação e processos correlatos: nível de atingimento baixo (até 0,4m); de nenhuma até uma ocorrência; • Movimentos de massa: geometria do talude, características do solo, estruturas solo/rocha favoráveis à estabilidade; sem evidências de instabilidade; • Padrão construtivo alto, de alta resistência construtiva; infraestrutura sanitária adequada, acessos sem limitações; • Recomendações de monitoramento e intervenções simples.
R2 - Moderado	• Predominam classes de perigo e vulnerabilidade moderadas; • Inundação e processos correlatos: nível de atingimento moderado (de 0,4-0,8m) / uma ocorrência; • Movimentos de massa: geometria do talude, características do solo, estruturas solo/rocha favoráveis a pouco desfavoráveis à estabilidade; poucas evidências de instabilidade; • Padrão construtivo médio, de média resistência construtiva; infraestrutura sanitária insuficiente; acessos com algumas limitações; • Recomendações de monitoramento e intervenções de complexidade simples a moderada.
R3 - Alto	• Predominam classes de perigo e vulnerabilidade altas; • Inundação e processos correlatos: nível de atingimento alto (de 0,8-1,2m) / uma ocorrência; • Movimentos de massa: geometria do talude, características do solo, estruturas solo/rocha desfavoráveis à estabilidade; evidências de instabilidade; • Padrão construtivo baixo a médio, de baixa resistência construtiva; infraestrutura sanitária deficiente; acessos com limitações; • Recomendações de monitoramento e intervenções de complexidade moderadas a altas
R4 - Muito Alto	• Predominam classes de perigo e vulnerabilidade muito altas; • Inundação e processos correlatos: nível de atingimento muito alto (>1,2m) / duas ou mais ocorrências • Movimentos de massa: geometria do talude, características do solo, estruturas solo/rocha muito desfavoráveis à estabilidade; muitas evidências de instabilidade; • Padrão construtivo baixo, de baixa resistência construtiva; infraestrutura sanitária ausente; acessos com muitas limitações; • Recomendações de monitoramento e intervenções de complexidade alta a muito alta.

Os graus de risco R1 e R2 foram denominados de setores de monitoramento por CORSI & MACEDO, 2022.

Os índices de risco devem ser calculados em função das variáveis: perigo e vulnerabilidade das áreas de uso residencial/comercial/serviços; a exposição ou dano potencial deve ser utilizado como uma variável qualificadora do risco.

As variáveis de cálculo dos perigos incluem:

- para movimentos de massa: geometria do talude, saturação e compacidade do solo, estruturas solo/rocha e evidências de instabilidade;
- para inundações, alagamentos e enxurradas: a altura de atingimento, declividade, velocidade média de escoamento superficial, coeficiente de escoamento (densidade de ocupação e tipo de superfície) e número de recorrências de eventos.

As variáveis de cálculo da vulnerabilidade e exposição ou dano potencial incluem:

- tipo de material construtivo, padrão construtivo, características da infraestrutura de drenagem superficial, condições de acesso, quantidade de unidades familiares, características em relação à pavimentação, impermeabilização, drenagem, características da infraestrutura sanitária em relação a saneamento básico, incluindo as redes de esgotamento sanitário, abastecimento de água e coleta de lixo.
- A exposição ou dano potencial deve ser estimado a partir da contagem do número de edificações em cada setor de risco. A contagem deve ser registrada pela geração de um plano de informação de pontos criado para cada moradia, a partir da interpretação de imagem de satélite de alta resolução (a ser fornecida pela CONTRATANTE)

Os índices de perigo de movimentos de massa e inundações devem ser calculados conforme as equações da Tabela 7.

Tabela 7 - Equações de cálculo do risco e suas variáveis (IG-SIMA, 2020).

Variável	Equação
Risco	$R_{ESC,INU} = P_{ESC,INU} \times V_{ESC,INU}$, onde
Perigo de escorregamento	$P_{ESC} = (0,10 \times FGE) + (0,15 \times FRC) + (0,50 \times FIM) + (0,15 \times FSN)$, Onde: FGE - Fator geométrico para encosta; FRC - Fator de resistência ao cisalhamento; FIM - Fator de instabilidade para movimento de massa; FSN - Fator de saturação natural.
Perigo de solapamento	$P_{SOL} = (0,25 \times FGS) + (0,25 \times FRS) + (0,50 \times FIS)$ Onde: FGS - Fator geométrico para solapamento de margens fluviais; FRS - Fator de resistência ao solapamento de margens fluviais; FIS - Fator de instabilidade para solapamento de margens fluviais.
Perigo de inundação	$P_{INU} = PP_{INU_RCS} \times Fc_{critério}$ Onde: PP - Perigo preliminar; Fc _{critério} - indicado pela confiabilidade dos dados de nível de atingimento (NAt) – medido ou inferido

Perigo de Enxurrada	$P_{ENX} = Nat_{ENX} * Vel_{ENX} * C_{ENX} * F_{CENX}$ Onde: P_{ENX} - Perigo de Enxurrada; Nat_{ENX} - Nível de atingimento escalar; Vel_{ENX} - Velocidade média de escoamento superficial em função das declividades no trecho de via segmentado através da equação linear de ajuste: $V_{esc} = 0,5965 * decliv + 1,3333$ $C_{ENX} * F_{CENX}$
Vulnerabilidade Movimento de Massa	$V_{RCS_MM} = (0,10 \times FVI) + (0,10 \times FDU) + (0,10 \times FDH) + (0,35 \times FTR) + (0,35 \times FPC)$ Onde: V_{RCS_MM} - Índice de Vulnerabilidade aos processos de escorregamento e movimentos de massa em geral em áreas urbanas de uso residencial/comercial/ serviços; FVI - Fator Viário; FDU - Fator de Drenagem Urbana; FDH - Fator de Densidade de Habitantes; FTR - Fator de Tipologia de Resistência Construtiva; FPC= Fator de Padrão Construtivo.
Vulnerabilidade Inundações	$V_{RCS_INU} = (0,4 \times TC) + (0,4 \times PC) + (0,05 \times PAV) + (0,15 \times INFRA)$ Onde: V_{RCS_INU} - Índice de Vulnerabilidade à processos de inundação; TC - Tipo Construtivo; PC - Padrão Construtivo; PAV - Pavimentação; INFRA - Infraestrutura Sanitária.

A Tabela 8 exibe os fatores e respectivas classes e notas da equação do perigo de escorregamento e erosão e solapamento de margens fluviais e as tabelas 9 e 10, os fatores para inundação. A Tabela 11 mostra os coeficientes de escoamento superficial para enxurrada. A Tabela 12 mostra os fatores, classes e notas utilizados para análise e classificação da vulnerabilidade para processos de escorregamentos e movimentos de massa e a Tabela 13 para inundação.

Tabela 8 - Fatores e respectivas classes e notas da equação do perigo de escorregamento e erosão e solapamento de margens fluviais (modificado de IG-SIMA, 2020).

CLASSE	NOTA	CARACTERÍSTICAS
Fator geométrico para encosta (FGE) escorregamento e erosão - relevância		
Muito Baixa	0,1	Distância da moradia ao talude com proporção superior a 1,5 vezes a amplitude do talude. Ou encostas com inclinação inferior a 25°. Ou presença de taludes com amplitude inferior a 2 m
Baixa	0,3	Distância da moradia ao talude com proporção entre 0,75 e 1,5 vezes a amplitude do talude. Ou presença de encosta ou talude com inclinação entre 25° e 45° e amplitudes de até 3 m
Média	0,5	Distância da moradia ao talude inferior à proporção de 0,75 vezes a amplitude do talude. Presença de taludes ou encostas com inclinação entre 45° e 60° e amplitudes de até 5 m.
Alta	0,8	Distância da moradia ao talude inferior à proporção de 0,75 vezes a amplitude do talude. Presença de taludes ou encostas com inclinação acima de 60°. Ou combinação de amplitudes acima de 5 m em encostas ou taludes acima de 45°.
Muito Alta	1,0	Taludes de corte ou de aterro com inclinação acima de 60° e amplitudes superiores a 10 m

Fator de resistência ao cisalhamento (FRC) escorregamento e erosão - resistência		
Muito Alta	0,1	Maciços de textura homogênea, sem descontinuidades aparentes que indiquem formação de superfície de rupturas, compostos por: a) Saprolito de material areno-argiloso, areno-siltoso, areno-silto-argiloso, ou ainda silto-arenoso, de compactação dura; e b) Rocha alterada mole (RAM) ou sedimentos consolidados terciários, de granulometria arenosa, ou silto-arenosa.
Alta	0,3	Textura homogênea, sem descontinuidades aparentes que indiquem formação de superfície de rupturas, com substrato/matriz de solos eluviais ou saprolíticos de consistência dura (argila) Areias siltosas compactadas Maciços com descontinuidades que mergulham favoravelmente ao escorregamento, contudo, sem aflorar (mergulho da descontinuidade maior que o mergulho da encosta/talude), em rocha alterada mole (RAM) ou sedimentos terciários consolidados arenosos.
Média	0,5	Material com textura homogênea, sem descontinuidades aparentes que indiquem formação de superfície de rupturas, com substrato/matriz de solos eluviais ou saprolíticos de consistência média (argila) ou areias medianamente compactadas Maciços com descontinuidades que mergulham favoravelmente ao escorregamento, contudo, sem aflorar (mergulho da descontinuidade maior que o mergulho da encosta/talude), em rocha alterada mole (RAM) de metassedimentos e metapelitos ou sedimentos terciários consolidados argilosos. Materiais de mesma condição de descontinuidade, em solos eluviais e saprolíticos de consistência dura.
Baixa	0,8	Solos moles (argiloso) ou de consistência fofa (arenosos) Depósitos de encosta do tipo colúvio Maciços com descontinuidades que mergulham favoravelmente ao escorregamento, contudo, sem aflorar (mergulho da descontinuidade maior que o mergulho da encosta/talude) em solos de consistência mole, fofa e medianos Maciços com descontinuidades que mergulham favoravelmente ao escorregamento, em situação aflorante (mergulho da descontinuidade menor que o mergulho da encosta/talude).
Muito Baixa	1,0	Massas mobilizadas de processos de movimentação gravitacional; Colúvios com processo de rastejo acentuadamente instalado; Depósitos antrópicos, ou aterros sem controle geotécnico, composto de solos sem especificação, resíduos de construção civil e/ou resíduos domésticos; Corpos de tálus.
Fator de instabilidade para movimento de massa (FIM) escorregamento e erosão		
Muito Baixo	0,1	O solo não apresenta quaisquer indícios ou evidências de movimentação, exceto por sulcos de erosão superficial e erosão laminar esparsa.
Baixo	0,3	O solo apresenta processos erosivos instalados, em quantidade ou profundidade de sulcos relevantes.
Médio	0,5	O solo apresenta evidências de movimentação incipientes e nas áreas mais suscetíveis à observação, como trincas fechadas em pisos e paredes de moradias do topo do talude, ou sinais de recalque de pequeno porte no piso.

Alto	0,8	O solo apresenta evidências de instabilização do terreno, tais como: cicatrizes de escorregamentos de pequeno porte e depósitos de escorregamentos pretéritos ou, ainda, evidências de movimentações que indicam a instalação de processo de escorregamento, como: degraus de abatimento de amplitude centimétrica, múltiplas trincas ao longo do solo, paredes, muros ou paredões rochosos, além de árvores e muros inclinados.
Muito Alto	1,0	O solo apresenta múltiplas evidências de movimentação, indicando ativação de processo ou reativação de processo pretérito. Ocorrem evidências como cicatrizes e depósitos de escorregamentos recentes, associados a outras evidências de movimentação, como degraus de abatimento de amplitude centimétrica ou superior, abertura de trincas no solo, paredes, muros ou paredões rochosos ou, ainda, árvores inclinadas e muros embarrigados.
Fator de saturação natural (FSN) escorregamento e erosão - relevância		
Baixa	0,1	Solo seco, sem sinal de umidade. Solos de composição argilosa deverão apresentar aspecto completamente rígido e/ou empastilhado.
Média	0,5	Solo com indícios de umidade acentuada, sem histórico de surgência d'água. Sob estas condições hidrogeológicas, a área é sempre considerada como área em condição não saturada, apresentando sinais de umidade oriundos de infiltração local de águas pluviais, podendo apresentar superfície freática na linha da base do talude. Pode corresponder à zona de transição freática vadosa.
Alta	0,8	Solo com evidências de umidade acentuada, com histórico de surgência d'água em períodos muito chuvosos. Sob estas condições hidrogeológicas, a área é situada na área de transição para a zona freática (franja capilar) e, embora não sature completamente o maciço (100%), deve ser considerada como zona completamente saturada para eventuais cálculos de estabilidade ou segurança do talude. Ocasionalmente, podem ocorrer surgências no piso próximo à base do talude.
Muito Alta	1,0	Solo do talude ou encosta apresenta surgência de água na maior parte do ano, incluindo períodos de estiagem. Sob estas condições hidrogeológicas, a área é considerada como completamente saturada em quaisquer tipos de análise de estabilidade ou segurança do talude.
Fator geométrico para encosta (FGE) erosão de margem fluvial ou solapamento - relevância		
Muito Baixa	0,1	Distância da moradia (ou via) ao talude marginal superior a 1,5 vezes a amplitude do talude. Ou presença de talude marginal com inclinação inferior a 25°. Ou, ainda, de talude marginal com amplitude inferior a 1 m.
Baixa	0,3	Distância da moradia (ou via) ao talude marginal entre 0,75 e 1,5 vezes a amplitude do talude. Ou presença de talude marginal com inclinação entre 25 e 45° e amplitude de até 2 m.
Média	0,5	Distância da moradia (ou via) ao talude marginal inferior a 0,75 vezes a amplitude do talude. Presença de talude marginal de inclinação entre 45° e 60° e amplitude inferior a 2 m.
Alta	0,8	Talude marginal com inclinação superior a 60°. Ou combinação de talude marginal de inclinação superior a 45° com amplitude entre 2 m e 3 m.
Muito	1,0	Talude marginal de corte ou de aterro, com inclinação superior a 60° e amplitude

alta		superior a 3 m.
Fator de resistência ao cisalhamento (FRS) erosão de margem fluvial ou solapamento - resistência		
Muito Alta	0,1	Solo residual silto-argiloso.
Alta	0,3	Talude marginal composto por solo residual, ou sedimentos terciários, de composição argilo-silto-arenosa a arenosa.
Média	0,5	Talude marginal composto por solo residual, ou sedimentos terciários, ou sedimentos quaternários, de composição argilo-silto-arenosa, argilo-arenosa e silto-arenosa.
Baixa	0,8	Talude marginal composto por sedimentos terciários ou sedimentos quaternários, de composição arenosa a areno-siltosa.
Muito Baixa	1,0	Talude marginal composto por sedimentos quaternários, de composição arenosa a areno-siltosa.
Fator de instabilidade para movimento de massa (FIS) erosão de margem fluvial ou solapamento		
Baixo	0,3	Presença de evidências de movimentação incipientes e nas áreas mais suscetíveis à observação como: trincas fechadas em pisos e paredes de moradias do topo do talude marginal, degraus de abatimento de amplitude milimétrica, ou sinais de dimensões milimétricas a centimétricas de recalques nas paredes, pisos ou pavimentos, além de processos erosivos laminares no talude marginal.
Médio	0,6	Presença de evidências de instabilização, como: cicatrizes de solapamento de pequeno porte ou solapamentos pretéritos, bem como trincas evidentes em pisos e paredes de moradias do topo do talude marginal, degraus de abatimento de amplitude centimétrica, ou evidências de recalques nas paredes, pisos ou pavimentos, além de processos erosivos com formação de sulcos topo e ao longo do talude marginal.
Alto	1,0	Presença de múltiplas evidências de instabilização, como cicatrizes de solapamento recentes associadas a outras evidências de movimentação em processo instalado, como: degraus de abatimento de amplitude centimétrica ou superior, trincas no solo, paredes, muros ou paredões rochosos ou, ainda, árvores inclinadas e muros embarrigados. Comumente observa-se o remonte do processo associado à evolução das superfícies de ruptura.

Tabela 9. Fatores e respectivas classes e notas da equação do perigo de inundação (FERNANDES DA SILVA et al., 2014; IG-SIMA, 2020) e enxurrada (IPA, 2025; FERNANDES DA SILVA e LEAL, submetido).

ATRIBUTO	DESCRIÇÃO	FORMA DE OBTENÇÃO
Nível de Atingimento (NAt)	Expressa o nível estimado ou efetivamente atingido pela água no setor, considerando-se o histórico dos eventos anteriores e a geomorfologia local; Fonte: trabalhos de campo, relatos, bancos de dados, análise geoespacial; Unidade: metros; Classes: 0 a 0,40 m; 0,40 a 0,80 m; 0,80 a 1,20 m; >1,20 m.	Medido: a partir de marcas da água observadas em campo; Inferido: a partir de relatos de moradores e agentes municipais, notícias de jornais e/ou análise geoespacial.
Recorrência	Número de eventos registrados no setor, fornecendo uma	Determinado a partir de

(Rec)	indicação da probabilidade de eventos futuros; Unidade: adimensional; Fonte: notícias de jornais, bancos de dados, relatos.	notícias de jornais, cadastros de ocorrências e de relatos de moradores e agentes municipais.
-------	---	---

Tabela 10. Classificação do Perigo Preliminar (PP) de inundação em função do nível de atingimento (NAt) (Adaptado de Fernandes da Silva et al. 2014; IG-SIMA, 2020) e enxurrada (IPA, 2025; FERNANDES DA SILVA e LEAL, submetido).

NAt Perigo	Escore Preliminar	Preliminar (Pp)
NAt < 0,40 m	0,1072	Pp1 - Baixo
0,40 < NAt < 0,80 m	0,4226	Pp2 - Moderado
0,80 < NAt < 1,20 m	0,7042	Pp3 - Alto
NAt > 1,20 m	1,0000	Pp4 - Muito Alto

Tabela 11. Coeficientes de escoamento superficial para análise do perigo de enxurrada (IPA, 2025; FERNANDES DA SILVA e LEAL, submetido).

VIAS/TRECHOS/ÁREAS PAVIMENTADOS	Valores de C
OCUPAÇÃO ALTA DENSIDADE	
Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,825
OCUPAÇÃO MÉDIA DENSIDADE	
Parte adjacente ao centro, de menos densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,65
OCUPAÇÃO BAIXA DENSIDADE	
Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,55
OCUPAÇÃO BAIXA DENSIDADE COM SUPERFÍCIES LIVRES (30 A 50%)	
Partes residenciais com tipo Cidade-Jardim com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,375
OCUPAÇÃO MUITO BAIXA DENSIDADE SUPERFÍCIES LIVRES (<30%)	
Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções	0,225
ÁREAS VERDES/PARQUES	
Vias pavimentadas adjacentes a partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esportes sem pavimentação	0,125
VIAS/TRECHOS/ÁREAS NÃO PAVIMENTADOS (TIPOS DE COBERTURA)	Valores de C
COM SOLO PREDOM. ARENENOSO E DECLIVE < 2°	0.08
COM SOLO PREDOM. ARENENOSO E DECLIVE 2 - 5°	0.13
COM SOLO PREDOM. ARENENOSO E DECLIVE > 5°	0.18
COM SOLO PREDOM. ARGILOSO E DECLIVE < 2°	0,15
COM SOLO PREDOM. ARGILOSO E DECLIVE 2 - 5°	0,20
COM SOLO PREDOM. ARGILOSO E DECLIVE > 5°	0,30

Tabela 12. Fatores e respectivas classes e notas utilizados para análise e classificação da vulnerabilidade para processos de escorregamentos e movimentos de massa em geral em áreas R/C/S.

CLASSE	NOTA	CARACTERÍSTICAS
Fator viário (FVI) - Limitação das condições de acesso		
Muito Alta	1,0	Vias de acesso estreitas ou excessivamente inclinadas, comportando apenas trânsito de pedestres, com escadarias e estruturas de acesso em estado de conservação precário.
Alta	0,8	Vias de acesso estreitas ou excessivamente inclinadas, comportando apenas trânsito de pedestres, com escadarias e estruturas de acesso em bom estado de conservação.
Média	0,5	Durante eventos chuvosos as vias de acesso comportam apenas a circulação de veículos com tração nas 4 rodas ou equivalente.
Baixa	0,3	Durante eventos chuvosos as vias de acesso comportam apenas a circulação de veículos pequenos, como carros de passeio.
Muito Baixa	0,1	Durante eventos chuvosos as vias de acesso comportam a circulação de ambulâncias, caminhões e ônibus.
Fator de drenagem urbana (FDU) - existência e qualidade		
Muito Alta	1,0	Residências com lançamento de águas pluviais e/ou servidas diretamente sobre os taludes, com sistema público de drenagem superficial ausente. Presença de evidências de erosão intensa na superfície dos taludes ou nas vias de acesso, formando sulcos e ravinas de dimensões decimétricas.
Alta	0,8	Residências com lançamento de águas pluviais e/ou servidas sobre os taludes, com sistema público de drenagem superficial precário. Presença de evidências de erosão na superfície dos taludes ou nas vias de acesso de dimensões centimétricas a decimétricas.
Média	0,5	Residências com captação insuficiente de águas pluviais e/ou servidas, com presença de sistema público de drenagem superficial. Sem evidências de erosão na superfície dos taludes ou nas vias de acesso.
Baixa	0,3	Residências com captação de águas pluviais e/ou servidas, conectadas adequadamente ao sistema público de drenagem superficial em bom estado de conservação, porém sem galerias de águas pluviais.
Muito Baixa	0,1	Residências com captação de águas pluviais e/ou servidas, conectadas adequadamente ao sistema público de drenagem superficial em bom estado de conservação, com presença de galerias de águas pluviais.
Fator de densidade de habitantes (FDH)		
Muito Alta	1,0	Setores contendo mais que 60 Unidades Familiares por quarteirão.
Alta	0,8	Setores contendo entre 36 e 60 Unidades Familiares por quarteirão.
Média	0,5	Setores contendo entre 21 e 35 Unidades Familiares por quarteirão.

Baixa	0,3	Setores contendo entre 09 e 20 Unidades Familiares por quarteirão.
Muito Baixa	0,1	Setores contendo até 08 Unidades Familiares por quarteirão.
Fator de tipologia de resistência construtiva (FTR)		
Alta	1,0	Estruturas da edificação construídas sem uso de alvenaria, restringindo-se apenas ao uso de materiais de menor resistência, como madeira.
Média	0,5	Estruturas da edificação construídas parcialmente com alvenaria e parcialmente com materiais de menor resistência, como madeira.
Baixa	0,1	Estruturas da edificação construídas exclusivamente com alvenaria.
Fator de padrão construtivo (FPC)		
Alta	1,0	Moradias com fundações inadequadas, inexistentes ou completamente expostas, e/ou apresentam ausência de estruturas como colunas, vigas ou lajes em concreto armado.
Média	0,5	Moradias com fundações inadequadas ou parcialmente expostas, e/ou apresentam parte da estrutura da edificação com colunas, vigas ou lajes em concreto armado, com uma parcela da edificação sem uso dessas estruturas.
Baixa	0,1	Moradias com fundações adequadas, e/ou presença de estruturas que aumentam a resistência da edificação, como colunas, vigas e lajes em concreto. Por vezes, apresentam múltiplos pavimentos.

Tabela 13. Fatores e respectivas classes e notas utilizados para análise e classificação da vulnerabilidade para processos de inundação em áreas R/C/S (Adaptado de Fernandes da Silva et al. 2014).

Atributo	Classes e notas ponderadas				
(TC) Tipo Construtivo	Boa Resistência Alvenaria - 70% a 100% Madeira / outros – 0% a 30% Nota: 0,1667	Média Resistência Alvenaria - 30% a 69% Madeira / outros – 31% a 70% Nota: 0,5	Baixa Resistência Alvenaria - 0% a 29% Madeira / outros – 71% a 100% Nota: 0,8333		
(PC) Padrão Construtivo	Bom Nota: 0,1667	Médio Nota: 0,5	Deficiente Nota: 0,8333		
(PAV) Pavimentação	80 - 100% Nota: 0,1	60 - 80% Nota: 0,3	40 - 60% Nota: 0,5	20 - 40% Nota: 0,7	0 - 20% Nota: 0,9
(INFRA) Infraestrutura Sanitária	Adequada 03 infraestruturas de 03 possíveis 0,125	Insuficiente 02 infraestruturas de 03 possíveis 0,375	Deficiente 01 infraestrutura de 03 possíveis 0,625	Inexistente 00 infraestrutura de 03 possíveis 0,875	

- 6.2. Indicação de intervenções estruturais, com as respectivas estimativas de custos para as áreas com setores classificados com risco alto (R3) e muito alto (R4), e de intervenções não estruturais para todas as áreas/setores.

O mapeamento de risco constitui informação básica para o gerenciamento, prevenção, monitoramento, mitigação e redução dos riscos. Portanto é instrumento fundamental para o usuário planejar o gerenciamento do risco, hierarquizando as possibilidades de aplicação de recursos para a realização de obras ou outras ações contínuas.

Para a apresentação de recomendações de medidas não estruturais e de medidas estruturais deve ser levado em conta os tipos gerais apresentados a seguir, sem prejuízo de propostas adicionais oriundas de casos específicos diagnosticados no desenvolvimento dos trabalhos.

As intervenções estruturais deverão ser representadas em planos de informações geográficos nos tipos ponto, linha e polígono inseridas em banco de dados geodatabase (ArcGis ESRI), geopackage (QGis) e KML (Google).

As recomendações relacionadas ao planejamento e gerenciamento de risco devem incluir, entre outros aspectos:

- Orientar o município e órgãos gestores de suas competências frente ao arcabouço legal do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), principalmente quanto a: executar a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil em âmbito local; coordenar as ações do SINPDEC no âmbito local, em articulação com a União e os Estados; incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal; identificar e mapear as áreas de risco de desastres; promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas; manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres.
- Utilizar os resultados da análise e mapeamento de risco para atualizar, reformular ou adaptar os diversos instrumentos de gestão, tais como: Plano Diretor Municipal; Lei de Uso e Ocupação do Solo; leis específicas que contemplem a prevenção de inundações e escorregamentos; Plano Municipal de Redução de Riscos; Carta geotécnica de aptidão à urbanização; Plano de Saneamento Básico, legislação sobre impactos de vizinhança; Código de obras.
- Subsidiar a organização de programas habitacionais que contemplem a realocação de população instalada em área de risco elevado, por meio de reassentamento em empreendimentos de habitação de interesse social, pagamento de aluguel social ou similar, indenização de benfeitorias, auxílio financeiro específico para compra de uma nova moradia em área segura, entre outros aspectos.
- Promover capacitação e gestão do conhecimento de equipes municipais por meio da participação em cursos, encontros técnicos e simulados de abandono de áreas de risco e da comunidade em geral para identificação e aumento da percepção de riscos.
- Implantação de sistema de previsão e alerta, com implementação de sistema integrado para obtenção, armazenamento e análise de dados e informações pluvio-fluviométricas, contemplando as bacias hidrográficas onde esteja inserido o município, com a finalidade de auxiliar nas ações de Defesa Civil, incluindo a interdição de locais e remoção preventiva de moradores de áreas potencialmente afetadas.

- Monitoramento das áreas de risco, com realização de vistorias periódicas: (a) para identificação e verificação da evolução das feições de instabilidade (trincas em moradias e terreno, muros e paredes embarrigados, cicatrizes de escorregamento, degraus de abatimento, árvores, postes e muros inclinados, feições erosivas em taludes, erosão laminar, sulcos, ravinas e boçorocas, erosão de margem de córregos, etc.); (b) para remover e realocar famílias que estejam ocupando áreas de risco para locais livres de perigos; (c) para impedir reocupação das áreas onde houve remoção; (d) para impedir a ocupação e a expansão da ocupação em margens de córregos e rios, em planícies de inundação, em áreas de perigo de inundação e em áreas de risco já identificadas.
- Implantação de Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC), como medida de convivência com o risco, a ser implementado em conjunto com as demais medidas, especialmente o sistema de alerta, incluindo o monitoramento das áreas de risco e remoção temporária de moradores (ou definitiva em casos extremos) nos períodos chuvosos.
- Remoção de moradias: (a) realizar remoção preventiva, de forma temporária, para implantação de medidas estruturais; (b) realizar remoção definitiva quando constatado dano irreversível à moradia devido comprometimento estrutural da edificação com risco iminente à pessoa e/ou bens; (c) promover eventuais realocações prioritariamente dentro da própria área ocupada, em local seguro.
- Medidas preventivas adicionais: (a) Impedimento da expansão da ocupação em margens de córregos e rios e em áreas de risco; (b) preservação das áreas de proteção permanente (APPs); (c) Promover ações de educação ambiental, comunicação de risco e conscientização à população; (d) implantação de instrumentos legais municipais que promovam a adequação da ocupação e o ordenamento territorial (Plano Diretor Municipal, planos de macrodrenagem, código de obras, etc.).

As recomendações de caráter interventivo devem incluir, entre outros aspectos:

- Execução de serviços de limpeza e recuperação, envolvendo em geral medidas simples e localizadas, com a execução de serviços manuais e/ou utilizando maquinários de pequeno porte: (a) limpeza do terreno e/ou de canais de drenagem, com remoção de detritos (entulho, lixo, etc.), corte ou poda de árvores; (b) recuperação e/ou limpeza de sistemas de drenagem, esgotos e acessos; (c) disciplinamento do escoamento das águas servidas; (d) limpeza, inspeção e manutenção periódica dos canais, drenagens e sistemas de esgotos, incluindo a desobstrução do canal, com desassoreamento (retirada do excesso de sedimentos e detritos).
- Implantação de proteção superficial para recuperação e estabilização do terreno e margens de canais e drenagens, podendo ser medidas localizadas (serviços e/ou obras civis) ou medidas aplicáveis ao longo de trechos de sub-bacias e microbacias, que demandam estudos e avaliações específicos para determinar a sua adequabilidade e dimensionamento: (a) proteção superficial vegetal (gramíneas) em taludes com solo exposto; (b) recuperação, estabilização e proteção vegetal de margens de canais de drenagem; (c) instalação de gabião, manta, impermeabilização asfáltica, solo-cimento, argamassa e tela, grama armada ou tela vegetal, ou outros métodos, de acordo com as características geotécnicas do terreno ou características hidrodinâmicas do canal; (d) promover medidas para melhoria da infiltração das águas de chuva no solo, com o uso de pavimentos permeáveis, ajardinamento, trincheiras, planos e valetas de infiltração; (e) promover a estabilização de taludes e cortes e demais áreas com solo exposto, com a execução de recomposição vegetal de áreas degradadas e/ou substituição das espécies vegetais existentes por espécies mais frondosas, de forma a evitar o assoreamento dos cursos d'água, aumentar a capacidade de retenção e reduzir o escoamento superficial das águas pluviais.

- Execução de obras de drenagem superficial para disciplinamento (captação, condução e escoamento adequado) das águas servidas e pluviais, em escala local, incluindo loteamentos e lotes individuais, com predomínio de serviços manuais e/ou com maquinário de pequeno porte: (a) Implantação de sistemas de drenagem superficial e obras de microdrenagem urbana (guias, sarjetas, canaletas, caixas de transição, escadas d'água, galerias de águas pluviais, galerias tronco, bocas-de-lobo, caixas de dissipação de energia hidráulica, escadas d'água, etc.); (b) eventual execução de acessos para pedestres (calçadas, escadarias, etc.) integrados ao sistema de drenagem; (c) implantação de obras de macrodrenagem urbana (retificação de canais e córregos, dissipadores de energia, vertedouros, barragens de contenção de vazão de pico ou "piscinões", reservatórios escalonados);
- Execução de obras de drenagem de subsuperfície, sendo o serviço parcial ou totalmente mecanizado: (a) Execução de sistema de drenagem de superfície (trincheiras drenagens, drenos horizontais profundos, poços de rebaixamento, etc.); (b) execução de drenos horizontais profundos (DHPs) e trincheiras drenantes.
- Execução de obras de engenharia de médio a grande porte em canais, com predomínio de serviços mecanizados, demandando estudos hidrológicos e projetos específicos para determinar sua adequabilidade e dimensionamento: (a) obras de desvio, de canalização de córregos e de aprofundamento ou alargamento de canais, compatíveis com estudos de macro e microdrenagem; (b) construção de barreiras (diques e polders), que em geral aplicam-se a grandes rios e planícies (várzeas) extensas, para redução da possibilidade de invasão de águas originárias de cheias e inundações em determinados trechos da bacia de drenagem; (c) promoção de medidas de amortecimento de picos de vazão, que podem incluir a construção de reservatórios de amortização (piscinões) e/ou áreas de acumulação local (parques lineares e áreas de lazer) em pontos estratégicos da bacia; (d) Obras de proteção de margens de canais (gabiões, muros de concreto, etc.), conforme projetos de engenharia.
- Execução de obras de terraplenagem de médio a grande porte, com predomínio de serviços mecanizados: (a) Execução de serviços de terraplenagem (retaludamento, reconformação de bermas, aterros compactados, etc); (b) Execução combinada de obras de drenagem superficial e proteção vegetal (obras complementares aos serviços de terraplenagem, drenagem de crista).
- Execução de obras de proteção contra massas escorregadas: (a) Implantação de barreiras vegetais; (b) Execução de muros de espera.
- Execução de desmonte de blocos e matacões, a partir de estudos técnicos e/ou avaliação geotécnica detalhada: (a) manualmente ou com argamassa expansiva; (b) associando-se pequenas obras de contenção na base de blocos e matacões.
- Implantação de estruturas de contenção localizadas ou lineares, envolvendo serviço parcial ou totalmente mecanizado, tais como: (a) chumbadores, tirantes, microestacas e muros de contenção passivos de pequeno porte (altura máxima de 5m; largura máxima de 10m); (b) obras de contenção e proteção de margens de canais (gabiões, muros de concreto, etc.).
- Implantação de estruturas de contenção de médio a grande porte, com predomínio de serviços mecanizados, tais como: (a) obras de contenção passivas e ativas (muros de gravidade, cortinas atirantadas, solo armado, gabiões, etc.), com altura maior que 5m e largura maior que 10m; (b) Eventuais serviços complementares de terraplenagem; (c) implantação adequada de trincheiras e geomembranas.
- Intervenções em erosões associadas a estradas vicinais e áreas agrícolas: implantação de sangras laterais, bacias de retenção, curvas de nível, promoção da rotatividade de culturas.

- Intervenções no canal fluvial para redução de vazão, demandando estudos hidrológicos e projetos específicos para determinar sua adequabilidade e dimensionamento, em geral envolvendo execução de serviços e obras de médio e grande porte: (a) Recomposição das características naturais do canal (restauração de meandros e desocupação dos terrenos pertencentes à planície de inundação); (b) promover modificações na forma e/ou trajeto do canal, incluindo a construção de extravasores e/ou desvios do leito do rio para amortecimento de volume e redução de vazão do canal.
- Intervenções no canal fluvial para aumento de vazão, demandando estudos hidrológicos e projetos específicos para determinar sua adequabilidade e dimensionamento, em geral envolvendo execução de serviços e obras de médio e grande porte: (a) execução de intervenções localizadas ao longo do canal (redução da rugosidade do leito do rio por desobstrução, dragagem para aprofundamento de calha, redimensionamento ou mesmo a remoção de estruturas existentes tais como tubulações, aduelas, pontes, etc.), visando o aumento da vazão e a melhoria no escoamento.

6.3. Apoio à elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco de cada município

Após a conclusão das etapas de mapeamento das áreas e setores de riscos de escorregamentos de terra, inundação e processos geológicos e hidrológicos correlatos com a representação cartográfica dos dados; de indicação de intervenções estruturais, com as respectivas estimativas de custos, para as áreas com setores classificados com risco alto (R3) e muito alto (R4), e de intervenções não estruturais para todos os setores, a proposta deve prever o apoio na elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) de cada município.

O apoio refere-se à participação em oficinas de capacitação de oito horas em cada um dos municípios e edição de relatórios individuais para cada município.

7. SUPERVISÃO E ACOMPANHAMENTO DOS SERVIÇOS

Os trabalhos serão acompanhados por técnicos do Departamento de Geociências, Gestão de Riscos e Monitoramento, do Instituto de Pesquisas Ambientais, que discutirão os aspectos metodológicos e operacionais para a execução do serviço, avaliarão e darão o aceite aos produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANBALAGAN, R.; SINGH, B. Landslides hazard and risk assessment mapping of mountainous terrains – a case study from Kumaun Himalaya, India. *Engineering Geology*, v.43, p.237-246, 1996.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R. Inundações e Enchentes. In: Tominaga, LK; Santoro, J; Amaral, R. (organização). 2009. *Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 160 p. : il. color. ; 24 cm. ISBN 978-85-87235-09-1, 2009. Disponível [neste endereço](#). Acesso em 07 de julho de 2025.

BRASIL (Ministério das Cidades/IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas). Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios. Brasília, 2007 Brasília, 2007. Disponível [neste endereço](#). Acesso em 14 de julho de 2025.

BRASIL (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL). Instrução Normativa N° 1. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências. Brasília, 2012, Diário Oficial da União, 169, Seção I, pags. 30-39, de 24 de agosto de 2012. Disponível [neste endereço](#). Acesso em 07 de julho de 2025.

BRASIL. Periferia sem risco: guia para planos municipais de redução de riscos / Secretaria Nacional de Periferias, Departamento de Mitigação e Prevenção de Riscos; - 1. ed. - Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2024. Disponível [neste endereço](#). Acesso em 14 de julho de 2025.

CORSI, A.; MACEDO, E. Mapeamentos de risco para regularização fundiária. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. ABGE: São Paulo, v. 12(2):7-15. DOI: 10.29327/241867.12.2-1. 2022. Disponível [neste endereço](#). Acesso em 14 de julho de 2025.

FERNANDES DA SILVA, P.C.; ANDRADE, E.; ROSSINI-PENTEADO, D. Mapeamento de perigos e riscos de inundação: uma abordagem semiquantitativa. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 35 (2), 13-38, 2014. Disponível [neste endereço](#). Acesso em 14 de julho de 2025.

FERNANDES DA SILVA, P.C.; LEAL, P.C.B. Abordagem semi-quantitativa para mapeamento de perigos e riscos de enxurrada (flash flooding) em áreas urbanas: exemplo de desenvolvimento metodológico no município de Ibiúna (Estado de São Paulo, Brasil). In: Anais do VI Congresso Internacional de Riscos. Coimbra. Portugal. 2023. p. 190. Disponível [neste endereço](#). Acesso em 14 de julho de 2025.

FERNANDES DA SILVA, P.C.; LEAL, P.C.B. Abordagem semi-quantitativa para mapeamento de perigos e riscos de enxurrada (flash flooding) em áreas urbanas: exemplo de desenvolvimento metodológico no município de Ibiúna (Estado de São Paulo, Brasil). In: Submetido. Revista E-Territorium. Coimbra. Portugal. Submetido. Disponível [neste endereço](#). Acesso em 28 de julho de 2025.

INSTITUTO GEOLÓGICO (Secretaria de Meio Ambiente - SMA). Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão e solapamento de margens de drenagens - Município de Campos do Jordão - SP. São Paulo: Instituto Geológico, 2014. Relatório Técnico, 4 volumes. Disponível [neste endereço](#). Acesso em 14 de julho de 2025.

INSTITUTO GEOLÓGICO (Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente). Mapeamento de Riscos de Movimentos de Massa e Inundações do Município de Arujá (2020): Relatório Técnico. São Paulo, 2020. Disponível [neste endereço](#). Acesso em 14 de julho de 2025.

IRDR - Integrated Research on Disaster Risk. Peril Classification and Hazard Glossary (IRDR DATA Publication No. 1). Beijing: Integrated Research on Disaster Risk, 2014. Disponível [neste endereço](#). Acesso em 07 de julho de 2025.

SÃO PAULO (COORDENADORIA DE PROTEÇÃO DE DEFESA CIVIL). Cartas Geotécnicas de Suscetibilidade, Aptidão à Urbanização e Risco, 2025. Disponível [neste endereço](#). Acesso em 07 de julho de 2025.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNDRR. The Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction. 2017. Disponível [neste endereço](#). Acesso em 07 de julho de 2025.

VARNES, D.J. Landslide Hazard Zonation: Review of Principles and Practice. Paris: UNESCO Press, 56 p., 1984.