



**SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM**

GUIA DE PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DO DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

VOLUME 3 - VERSÃO 1 SETORIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO



Realização
*Departamento de Gestão Territorial - DEGET
Divisão de Geologia Aplicada - DIGEAP*

2021

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário Executivo

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Angélica Barretos Ramos

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Chefe do Departamento de Hidrologia

Frederico Cláudio Peixinho

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Adriana Dantas Medeiros

Chefe do Departamento de Informações Institucionais

Edgar Shinzato

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Cartografia

Fábio Silva da Costa

Chefe da Divisão de Documentação Técnica

Roberta Pereira da Silva de Paula

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação

Patrícia Duringer Jacques

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

Washington José Ferreira Santos

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Valter Alvarenga Barradas

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

GUIA DE PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DO DEPARTAMENTO
DE GESTÃO TERRITORIAL

VOLUME 3 – VERSÃO 1

SETORIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO

Organizadores

Julio Cesar Lana
Denilson de Jesus
Tiago Antonelli



Brasília
2021

SETORIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO (VERSÃO 1)

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

ORGANIZAÇÃO

Julio Cesar Lana
Denilson de Jesus
Tiago Antonelli

COORDENAÇÃO NACIONAL

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA – DIGEAP

Tiago Antonelli

COORDENAÇÃO TEMÁTICA

SETORIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO

Julio Cesar Lana

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Isabel A. S. Matos

REVISÃO DO TEXTO

Irinéa Barbosa da Silva

COLABORAÇÃO

Marcelly Ferreira Machado
Maria Emília Radomski Brenny

PROJETO GRÁFICO / EDITORAÇÃO

Capa (DIMARK)

Washington José Ferreira dos Santos

Diagramação (SUREG/SP)

Marina das Graças Perin

FOTOS DA CAPA:

1. Mapa de área de risco geológico em Antonina/PR.
 2. Geólogo durante mapeamento de área de risco geológico em Jaboatão dos Guararapes/PE
-

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br
seus@cprm.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

G943	Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial / Organizado por Julio Cesar Lana <i>et al.</i> [...] – Brasília : CPRM, 2021. 1 recurso eletrônico: PDF. Conteúdo: v. 3 - Setorização de áreas de risco geológico (versão 1). ISBN 978-65-5664-096-9 1. Geotecnia - Guia. 2. Áreas de risco – Guia. I. Lana, Julio Cesar (org). II. Jesus, Denilson de (org). III. Antonelli, Tiago (org.). IV. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. V. Título. CDD 624.15102
------	---

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Isabel A. S. Matos – CRB-5/995

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM
Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

Os projetos desenvolvidos pelo Departamento de Gestão Territorial (DEGET), visam o estudo do meio físico voltado para gestão da ocupação, geologia ambiental e geologia aplicada. Esses trabalhos são de fundamental importância, pois auxiliam gestores públicos federais, estaduais e municipais durante a elaboração de políticas públicas sustentáveis e gestão ambiental. Fornecem ainda informações relevantes para entidades privadas, instituições de pesquisa e sociedade em geral.

Desde a sua criação, em 1996, o DEGET já atuou em milhares de municípios brasileiros, desenvolvendo estudos aplicados ao zoneamento ecológico-econômico; geologia, meio ambiente e saúde; recuperação ambiental; monitoramento de acidentes tecnológicos; geodiversidade e patrimônio geológico. Em razão do histórico de ocorrências de acidentes resultantes dos processos geológicos naturais, somados às intervenções antrópicas no meio ambiente, o DEGET também passou a direcionar suas ações para a realização de estudos voltados à prevenção e mitigação de desastres provocados por eventos naturais, incluindo análises aplicadas à ocupação do território e ao uso mais sustentável dos recursos naturais.

As diferentes escalas e abordagens desses estudos comprovam a grande relevância do DEGET e do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) como instituição pública para o conhecimento do meio físico onde habitamos, o qual é fundamental para sobrevivência atual e futura.

O presente documento integra a série de Guias de Procedimentos Técnicos do Serviço Geológico do Brasil, cujo intuito principal é fornecer subsídios para uniformizar as ações e produtos gerados pela instituição. Neste volume, são apresentados os procedimentos que norteiam a elaboração das Setorizações de Áreas de Risco Geológico, coordenadas pela Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP).

Com este produto, o Serviço geológico do Brasil (CPRM) visa cumprir sua missão de gerar e disseminar o conhecimento geocientífico no país.

Esteves Pedro Colnago

Diretor-Presidente
Serviço Geológico do Brasil - CPRM

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial
Serviço Geológico do Brasil - CPRM

RESUMO

Este guia traz informações sobre a metodologia adotada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) durante a elaboração das setorizações de áreas de risco geológico, conduzidas pelo Departamento de Gestão Territorial, da Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial.

As setorizações de áreas de risco geológico são elaboradas nos municípios brasileiros em atenção às diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, instituída pela Lei Federal 12.608/2012, e consistem na identificação e caracterização das porções urbanizadas do território municipal sujeitas a sofrerem perdas ou danos causados por eventos adversos de natureza geológica.

O documento aborda inicialmente os conceitos e premissas básicas que regem o trabalho, os quais são de fundamental importância para a compreensão e aplicação adequada de seus resultados. Além disso, são apresentadas detalhadamente cada fase de desenvolvimento do trabalho, o qual pode ser resumido em quatro etapas: pré-campo, levantamentos de campo, elaboração dos produtos e publicação.

É importante destacar que os métodos aqui apresentados estão em contínua revisão e atualização, para adaptação às constantes inovações e melhorias oriundas de avanços tecnológicos ou do conhecimento técnico. Assim, é prevista a incorporação de novas instruções em futuras edições desta Nota Técnica.

Palavras-chave: risco geológico, movimento de massa, inundação, nota técnica, gestão territorial, prevenção de desastres

ABSTRACT

This Technical Procedures Guide provides information about the methodology applied by the Geological Survey of Brazil (CPRM) to prepare the geological risk areas mapping, conducted by the Land Management Department and by the Hydrology and Territorial Management board.

The geological risk areas mapping are developed in Brazilian municipalities in accordance with the guidelines established by the National Policy for Civil Protection and Defense, instituted by Federal Law 12.608/2012, and consist on the identification and characterization of urbanized portions of the municipal territory subject to suffering losses or damages caused by geological adverse events.

The document initially addresses the basic concepts and premises that govern the work, which are of fundamental importance for the understanding and proper application of its results. In addition, each step of work development is presented in detail, which can be summarized in four stages: pre-field, field surveys, product preparation and publication.

It is important to highlight that the methods presented here are in continuous review and updating, in order to adapt to constant innovations and improvements arising from technological advances or technical knowledge. Thus, it is foreseen to incorporate new instructions in future editions of this document.

Keywords: geological risk, mass movement, flood, technical note, territorial management, disaster prevention

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	8
3. CONCEITOS BÁSICOS	8
4. ÁREAS ABRANGIDAS	9
5. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO	10
6. PROCESSOS ANALISADOS	10
6.1. MOVIMENTOS DE MASSA	11
6.2. PROCESSOS HIDROLÓGICOS	11
6.3. EROSÕES HÍDRICAS	12
6.4. OUTROS PROCESSOS	13
7. CONDIÇÕES E PROCESSOS NÃO ANALISADOS	13
8. CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES	13
9. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS	14
9.1. FASE 1 - PRÉ-CAMPO	16
9.1.1. Compilação bibliográfica	16
9.1.2. Fotointerpretação	16
9.1.3. Contato com a Defesa Civil Municipal	16
9.2. FASE 2 - LEVANTAMENTO DE CAMPO	17
9.2.1. Movimentos de massa	18
9.2.2. Processos hidrológicos fluviais	19
9.2.3. Erosão hídrica	20
9.2.4. Outros processos	21
9.3. FASE 3 - PRODUÇÃO DE DADOS	22
9.3.1. Delimitação e classificação das áreas de risco	22
9.3.2. Produtos elaborados	24
9.3.3. SIG	26
9.3.4. Correções e ajustes	26
9.4. FASE 4 - PUBLICAÇÃO	26
9.4.1. Consolidação dos produtos	26
9.4.2. Publicação do trabalho	26
10. REFERÊNCIAS	26
APÊNDICE 1	28
APÊNDICE 2	30
APÊNDICE 3	41

1. INTRODUÇÃO

Entre os anos de 1998 e 2017, mais de 2,7 bilhões de pessoas foram afetadas e cerca de 1 milhão perderam suas vidas em decorrência da ação de chuvas intensas em todo o planeta (UNISDR, 2018). Desse modo, fica explícita a importância da implantação de práticas de prevenção, monitoramento, alerta e resposta aos desastres, as quais derivam naturalmente do mapeamento das áreas de risco geológico.

A setORIZAÇÃO de áreas de risco geológico consiste na identificação e caracterização das porções urbanizadas do território municipal sujeitas a sofrerem perdas ou danos causados por eventos adversos de natureza geológica. O estudo é elaborado em consonância com as diretrizes e objetivos estabelecidos pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei Nº 12.608/2012 (BRASIL, 2012) e estruturada de forma a estabelecer ações voltadas à prevenção, mitigação, preparação, recuperação e resposta aos desastres provocados por eventos pluviométricos anômalos, envolvendo de maneira integrada a União, estados e municípios.

De certo modo, a implantação da PNPDEC foi estimulada principalmente pelas catástrofes associadas às chuvas intensas que assolaram os estados de Santa Catarina, em 2008, Alagoas e Pernambuco, em 2010 e a região serrana do Rio de Janeiro, em 2011, as quais resultaram na morte de milhares de pessoas e em mais de R\$ 12 bilhões em perdas e danos (BANCO MUNDIAL, 2012a, 2012b, 2012c). Dentre as diversas diretrizes que compõem a política, é estabelecido que a identificação e mapeamento das áreas de risco, inicialmente, compete aos estados e municípios, devendo a União prestar apoio às atividades (BRASIL, 2012, Artigos 6º, 7º e 8º).

Apesar dos visíveis esforços da PNPDEC voltados à articulação sistêmica entre os entes federados, é notável que grande parte dos municípios brasileiros apresentam estrutura econômica, técnica e administrativa demasiadamente frágeis, o que dificulta o cumprimento das exigências de grande parte das políticas públicas nacionais, como apontado por Almeida (2015) e por Nogueira *et al.* (2014).

Por esse motivo, as setORIZAÇÕES de áreas de risco geológico elaboradas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) se iniciaram em 2011 e, ainda em 2012, foram incluídas nas metas do então recém-lançado Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (PNGRRDN), o qual se estruturava em quatro eixos de ações focadas na atuação organizada das instituições integrantes: mapeamento; monitoramento e alerta; prevenção e resposta a desastres.

Nesse contexto, o SGB-CPRM foi incumbido de realizar, entre os anos de 2011 e 2014, a setORIZAÇÃO de áreas de risco geológico em 821 municípios brasileiros incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos. A seleção desses municípios foi elaborada por técnicos do Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão, do Ministério da Integração e da Casa Civil, tendo como base os registros do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD) referentes aos decretos de calamidade pública, situação de emergência e ocorrência de perdas de vidas humanas decorrentes de desastres associados a chuvas. A partir de 2014, após a meta de mapear 821 municípios ter sido atingida, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) deu continuidade aos trabalhos, executando tanto a atualização das setORIZAÇÕES de áreas de risco geológico, elaboradas entre 2012 e 2014, quanto novos mapeamentos em municípios não incluídos dentre os 821 prioritários.

Assim, esta nota técnica apresenta os principais procedimentos adotados durante a elaboração das setORIZAÇÕES de áreas de risco geológico desenvolvidas pelo SGB-CPRM. É importante ressaltar que os trabalhos sofreram diversos ajustes metodológicos ao longo do tempo, de forma que aqueles que foram publicados antes do ano de 2020 podem diferir dos padrões apresentados nesse documento, os quais se referem aos métodos atualmente adotados pela ação.

Os resultados obtidos pelas setORIZAÇÕES de áreas de risco geológico, além de serem disponibilizados com exclusividade aos municípios contemplados, também alimentam um banco de dados compartilhado com órgãos governamentais responsáveis pelo monitoramento e alerta de desastres. Além disso, todos os documentos textuais e cartográficos ficam integralmente disponíveis ao público nas plataformas institucionais do SGB-CPRM.

2. OBJETIVOS

O propósito das setorizações de áreas de risco geológico é, primeiramente, identificar, caracterizar e cartografar porções urbanizadas do território sujeitas a sofrerem perdas ou danos decorrentes da ação de eventos adversos de natureza geológica, para assim subsidiar a tomada de decisões assertivas relacionadas às políticas de ordenamento territorial e prevenção de desastres, conforme determinações da PNPDEC e Lei 12.340/2012.

Como objetivos específicos destacam-se:

- Gerar informações técnicas a nível nacional com vistas a alimentar a base de dados das instituições responsáveis pelas ações de monitoramento e alerta de desastres provocados por eventos de natureza geológica;
- Subsidiar a definição de critérios para disponibilização de recursos públicos destinados ao financiamento de obras de prevenção e resposta a desastres;
- Embasar as ações dos órgãos de fiscalização voltadas à inibição da expansão das áreas de risco;
- Indicar sugestões gerais de intervenção, a fim de orientar a implantação de práticas voltadas à prevenção de desastres;
- Desenvolver documentos cartográficos e relatórios técnicos em linguagem acessível, com foco em alcançar o público em geral, da forma mais abrangente possível.

3. CONCEITOS BÁSICOS

Para o correto entendimento e aplicação das setorizações de áreas de risco geológico, é fundamental a plena compreensão dos conceitos básicos envolvidos no seu processo de elaboração.

Assim, são apresentadas a seguir algumas definições dos termos utilizados direta ou indiretamente na construção dos trabalhos, baseadas nos entendimentos de Ellison (1948,) Augusto Filho (1992), Merritt *et al.* (2003), Morgan (2005), Ministério das Cidades & IPT (2007), FELL *et al.* 2008, UNISDR (2009), Julien (2010) e Bitar (2014).

Processo geológico: conjunto de ações derivadas da dinâmica natural do planeta Terra, que promovem modificações na superfície e subsuperfície, mesmo quando sua deflagração seja impulsionada por ações antrópicas.

Risco: probabilidade de ocorrência e severidade de um efeito adverso à saúde, à propriedade ou ao meio ambiente.

Risco geológico: relação entre a probabilidade de ocorrência de um evento adverso de natureza geológica e a magnitude de suas consequências socioeconômicas.

Setorização de áreas de risco geológico: divisão do terreno em áreas ou domínios homogêneos e sua classificação de acordo com os graus de risco.

Suscetibilidade: em geociências, está relacionada à propensão ou potencialidade natural de ocorrer um evento do meio físico em uma determinada área.

Perigo: condição com potencial para causar consequência indesejável em um intervalo de tempo. Deve incluir o local, a área de deflagração e atingimento, velocidade e probabilidade de ocorrência em um dado período de tempo.

Vulnerabilidade: grau de perda de um dado elemento ou grupo de elementos em uma área afetada por um evento adverso. Em geral, quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco.

Desastre: uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou sociedade, envolvendo amplo impacto e perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais, que excedem a capacidade de gerenciamento próprio por parte da população afetada.

Talude natural: superfície natural inclinada, sem alterações em sua geometria provocadas pela ação humana.

Talude de corte: superfície inclinada decorrente da ação antrópica (escavação ou aterro).

Movimentos de massa: deslocamento descendente de solo, rocha ou detritos sob ação da força da gravidade.

Processos hidrológicos fluviais: elevação temporária do nível da água que escoam pelos canais fluviais.

Erosão: em geociências é o processo bifásico que compreende a remoção de partículas de um determinado meio e seu transporte até que não haja mais energia suficiente para tal.

4. ÁREAS ABRANGIDAS

As setorizações de áreas de risco geológico são desenvolvidas exclusivamente em regiões onde existem imóveis nos quais há permanência humana, como casas, edifícios, hospitais, escolas, estabelecimentos comerciais, dentre outros. Dessa forma, regiões não habitadas, como loteamentos em implantação, campos utilizados para atividades esportivas ou agropecuária, terrenos baldios, estradas, pontes, linhas férreas e túneis, não são objeto de mapeamento.

Todavia, salienta-se a importância de englobar nos mapeamentos as áreas de risco localizadas em margens de estradas e rodovias, situação bastante comum em alguns municípios brasileiros.

A Figura 1 exemplifica algumas situações que são e que não são objeto das setorizações de áreas de risco geológico.



Figura 01 - Situações que são e que não são objeto de análise das setorizações de áreas de risco geológico. As fotos A e B apresentam instabilizações em taludes de rodovias, cujas margens são habitadas, e, portanto, são consideradas áreas de risco geológico. A foto C ilustra um caso de comprometimento de via de acesso por danos causados a uma ponte e a foto D mostra instabilizações em rodovia com margens não habitadas (não caracterizam áreas de risco geológico). Fotos: acervo SGB-CPRM.

5. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO

As setorizações de áreas de risco geológico constituem instrumentos de suma importância para o ordenamento territorial e prevenção de desastres. Entretanto, como qualquer trabalho técnico, sua utilização inadequada pode induzir a erros de planejamento e provocar consequências desagradáveis para gestores e para a população de maneira geral. Dessa forma, é de fundamental importância que o usuário conheça as principais aplicabilidades e limitações de uso do trabalho.

As principais aplicabilidades das setorizações de áreas de risco geológico são:

- Subsidiar o poder público na seleção das áreas prioritárias a serem contempladas por ações destinadas à prevenção dos desastres;
- Contribuir para a elaboração de projetos de intervenção estrutural em áreas de risco;
- Embasar a elaboração de planos de contingência;
- Auxiliar a construção de sistemas de monitoramento e alerta de desastres;
- Direcionar as ações da Defesa Civil;
- Fomentar ações de fiscalização com objetivo de inibir o avanço da ocupação nas áreas de risco mapeadas e em terrenos com condições topográficas e geológicas similares;

Por outro lado, não devem ser usadas para:

- Qualquer aplicação incompatível com a escala cartográfica de elaboração (1:1.000 a 1:2.000);
- Substituir análises de estabilidade de taludes e encostas;
- Substituir projetos de engenharia destinados à correta seleção, dimensionamento e implantação de obras estruturais em áreas de risco;
- Avaliar a pertinência e eficácia de obras de engenharia de qualquer natureza;
- Substituir estudos censitários específicos, para indicar o número e a característica socioeconômica dos habitantes das áreas de risco;
- Indicar quando ocorrerão eventos adversos nas áreas de risco;
- Determinar a energia, alcance e trajetória de movimentos de massa, enxurradas e inundações.

6. PROCESSOS ANALISADOS

Diversos são os processos geológicos associados a desastres em todo o planeta. Entretanto, de acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (UFSC CEPED, 2013), mais de 87% das mortes provocadas por desastres, entre os anos de 1991 a 2012, no Brasil, estão relacionadas a eventos de inundação, enxurrada e movimentos de massa (Figura 2).

Portanto, com base nesse protagonismo, os processos descritos a seguir são considerados durante a setorização de áreas de risco geológico.

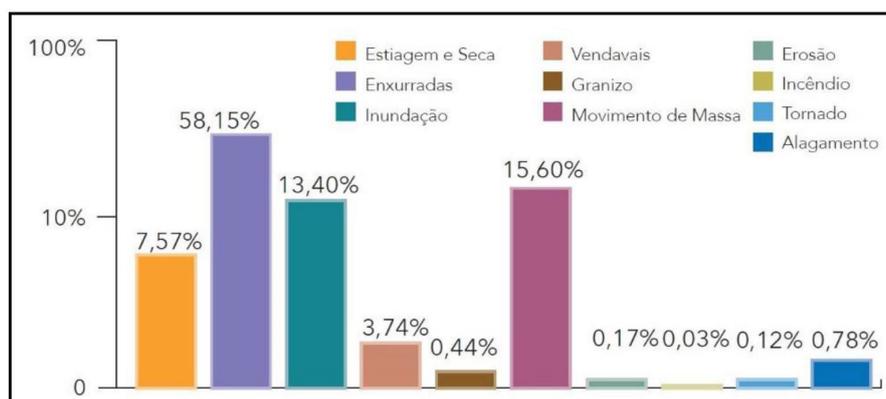


Figura 02 - Mortos por tipo de desastre no Brasil, entre os anos de 1991 e 2012 (UFSC CEPED, 2013).

6.1. MOVIMENTOS DE MASSA

Ao rigor do conceito, os movimentos de massa são exemplos de mecanismos erosivos, pois provocam a remoção e transporte de partículas. Todavia, devido sua dinâmica peculiar, bem como sua alta associação com desastres de grande magnitude, em trabalhos voltados ao ordenamento territorial e prevenção de desastres, normalmente, os movimentos de massa são tratados à parte dos demais tipos de processos e formas erosivas.

Existem diversas classificações dos movimentos de massa (e.g. Varnes 1978, Hutchinson 1988, Cruden & Varnes 1996). Entretanto, nas setorizações de áreas de risco geológico é adotada a classificação proposta por Augusto Filho (1992), apresentada no Quadro 1 e abrange de maneira direta e simplificada os principais tipos deflagrados no território brasileiro.

Quadro 01 - Classificação dos movimentos de massa (modificado de Augusto Filho, 1992).

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO, MATERIAL E GEOMETRIA
Rastejo	Vários planos de deslocamento (internos); Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade; Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes; Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada; Geometria indefinida.
Deslizamentos	Poucos planos de deslocamento (externos); Velocidades de médias (m/h) a altas (m/s); Pequenos a grandes volumes de material; Geometria e materiais variáveis; Planares: solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; Circulares ou rotacionais: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas; Em cunha: solos e rochas com dois planos de fraqueza.
Quedas	Sem planos de deslocamento; Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado; Velocidades muito altas (vários m/s); Material rochoso; Pequenos a médios volumes; Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc.; Rolamento de matacão; Tombamento.
Corridas	Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação); Movimento semelhante ao de um líquido viscoso; Desenvolvimento ao longo das drenagens; Velocidades médias a altas; Mobilização de solo, rocha, detritos e água; Grandes volumes de material; Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.

6.2. PROCESSOS HIDROLÓGICOS

Os principais processos hidrológicos considerados nos trabalhos de setorização de áreas de risco geológico são aqueles causados pela elevação natural do volume de água nos cursos d'água, com eventual aumento da energia de escoamento. Tais processos integram a dinâmica fluvial natural e referem-se às enchentes, inundações e enxurradas (Quadro 2), as quais são causadas durante eventos pluviométricos episódicos ou contínuos e podem ser intensificadas por ações humanas inadequadas.

As setorizações de área de risco também incluem, dentre os processos analisados, os alagamentos naturais, que são entendidos como o acúmulo momentâneo de água em regiões topograficamente mais baixas que as imediações ou em áreas sob influência direta do afloramento das águas subsuperficiais. Normalmente, alagamentos naturais são comuns em áreas edificadas sobre mangues, lagoas de cheia, canais fluviais soterrados, dolinas, dentre outras.

Quadro 02 - Classificação dos processos hidrológicos.

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS
Enchente	Elevação gradativa e temporária do nível d'água em um canal de drenagem, devido ao aumento da vazão ou descarga; O nível d'água se limita ao leito maior dos canais fluviais
Inundação	Elevação gradativa e temporária do nível d'água em um canal de drenagem, devido ao aumento da vazão ou descarga; Ocorre o extravasamento das águas do canal fluvial principal; A água atinge a planície fluvial; Em geral, decorre da evolução da enchente; Em áreas litorâneas, tende a ocorrer sob influência regular de marés.
Enxurrada	Enchente ou inundação brusca e de curta duração; Caracteriza-se por alta energia de transporte e alto potencial destrutivo; Frequentemente associada com o processo de erosão de margem fluvial.
Alagamento	Acúmulo momentâneo de água em regiões topograficamente mais baixas que as imediações; Comum em regiões edificadas sobre mangues, lagoas de cheia, canais fluviais soterrados e dolinas; Pode não ter relação direta com os eventos de enchente, inundação e enxurrada; Pode ser causado pelo afloramento do nível freático.

6.3. EROSÕES HÍDRICAS

Apesar das erosões serem causadas por agentes erosivos, como o gelo e o vento, normalmente, as provocadas pela água são as únicas associadas às áreas de risco geológico no Brasil. Dessa forma, nas setorizações de risco geológico serão consideradas apenas esse grupo de processos e formas.

Estão incluídas no grupo das erosões hídricas as formas e processos sintetizados no Quadro 3.

Quadro 03 - Classificação das erosões hídricas.

PROCESSOS E FORMAS	CARACTERÍSTICAS
Erosão marinha	Provocada pelo impacto e percolação da água do mar; Ocorre em regiões litorâneas ao longo da linha de costa; Processo influenciado pelo regime de marés. Pode deflagrar deslizamentos e quedas de blocos em falésias
Erosão de margem fluvial	Provocada pelas águas dos rios; Caracterizada pela remoção de material dos taludes marginais de canais fluviais; Ocorre normalmente de forma localizada; Processo influenciado pela variação sazonal do volume e da energia do fluxo de água;
Terras caídas	Provocada pelas águas dos rios; Caracterizada pela remoção de material dos taludes marginais de canais fluviais; Processo típico da região amazônica; Normalmente afeta grandes áreas; Processo influenciado pela variação sazonal do volume e da energia do fluxo de água
Erosão laminar	Processo superficial; Ocorre a remoção das camadas mais rasas do solo; Causada por escoamento superficial não concentrado (difuso).
Ravinas	Causada pelo fluxo superficial concentrado; Caracterizada por incisão linear no solo; Pode ser facilmente estabilizada naturalmente ou obliterada por equipamentos agrícolas; Não tem associação com o nível de base local ou lençol freático;
Voçorocas	Causada pelo fluxo superficial concentrado; Pode ocorrer erosão subsuperficial associada (<i>piping</i>); Caracterizada por incisão linear no solo; Pode alcançar grandes profundidades; Forma erosiva de difícil estabilização; Pode ter associação com o nível de base local ou lençol freático; Pode ter associação com o sistema de drenagem local.

6.4. OUTROS PROCESSOS

Conforme dados do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (UFSC CEPED 2013), entre os anos de 1991 e 2012, os processos hídricos fluviais (enxurrada e inundação) e os movimentos de massa foram responsáveis por mais de 87% das mortes provocadas por desastres causados por perigos naturais no Brasil.

Entretanto, é importante reconhecer que em algumas regiões do Brasil as áreas de risco geológico comumente estão associadas a processos de abrangência local, os quais são elencados no Quadro 4.

Quadro 04 - Classificação dos processos de subsidência ou solapamento, colapso, expansão e contração de argilas e movimento de dunas.

PROCESSOS E FORMAS	CARACTERÍSTICAS
Subsidência ou solapamento	Comumente associado a regiões de rochas solúveis (rochas carbonáticas e evaporíticas, por exemplo); Caracterizado pelo abatimento de uma porção do território em decorrência da existência de cavidades subterrâneas; Pode evoluir para um colapso.
Colapso	Comumente associado a regiões de rochas solúveis (rochas carbonáticas e evaporíticas, por exemplo); Caracterizado pelo abatimento do teto de uma cavidade subterrânea, com abertura de cavidade na superfície;
Expansão e contração de argilas	Comumente associado a regiões contendo argilas de alta atividade (argilas 2:1); Pode estar relacionado a solos orgânicos; Caracterizada pela abertura de trincas no terreno, que podem causar comprometimento de fundações.
Movimento de dunas	Processo exclusivo de regiões litorâneas; Processo natural de migração de dunas eólicas; Pode ocorrer o soterramento de edificações.

7. CONDIÇÕES E PROCESSOS NÃO ANALISADOS

Apesar de se enquadrarem como processos naturais do meio físico, com registros de ocorrência no Brasil, e com potencial de causar perdas e danos, não fazem parte do escopo das setorizações de áreas de risco geológico a análise dos fenômenos: terremotos; ciclones; tufões; tornados; geada; granizo; vendavais; tempestades magnéticas (raios); secas; queimadas.

Alagamentos urbanos, provocados exclusivamente por ausência ou insuficiência de redes de drenagem pluvial, também não são considerados durante a elaboração das setorizações de áreas de risco geológico, uma vez que sua ocorrência está intimamente relacionada a intervenções antrópicas inadequadas, não tendo relação direta com processos naturais do meio físico.

8. CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES

Cada processo geológico cartografado pelas setorizações de áreas de risco geológico é classificado conforme a Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), estruturada de acordo com o Banco de Dados Internacional de Desastres do Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres (CRED), da Organização Mundial de Saúde (OMS/ONU).

A COBRADE representa um instrumento de grande importância na padronização dos registros de ocorrência, facilitando a identificação dos desastres que acometem o país. Além disso, para solicitação de recursos da União, destinados às ações de prevenção e resposta a desastres, é obrigatório que os municípios preencham o Formulário de Identificação de Desastres (FIDE), onde se faz necessário incluir a codificação.

A codificação é estruturada em duas categorias de desastres: natural e tecnológico. A categoria natural inclui os desastres causados por eventos geológicos, hidrológicos, meteorológicos, climatológicos e biológicos, enquanto a categoria tecnológico engloba os desastres relacionados às substâncias radioativas, produtos perigosos, incêndios urbanos, obras civis e transportes de passageiros e cargas não perigosas.

Dessa forma, considerando os limites de atuação do SGB-CPRM, são considerados nas setorizações de áreas de risco geológico os processos relacionados nos grupos geológico e hidrológico. Todavia, muito embora a COBRADE englobe um grande espectro de processos causadores de desastres, alguns mecanismos, como expansão e contração de argilas e movimento de dunas, não são englobados na codificação.

A Codificação Brasileira de Desastres é apresentada parcialmente no Quadro 5, incluindo os processos considerados pelo SGB-CPRM, e integralmente no Apêndice 1.

Quadro 05 - Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) - Parcial.

CATEGORIA	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	COBRADE
1. NATURAL	1. GEOLÓGICO	1. Terremoto	1. Tremor de terra	0	1.1.1.1.0
			2. Tsunami	0	1.1.1.2.0
		2. Emissão vulcânica	0	0	1.1.2.0.0
			3. Movimento de massa	1. Quedas, tombamentos e rolamentos	1. Blocos
		2. Lascas			1.1.3.1.2
		3. Matacões			1.1.3.1.3
		4. Lajes			1.1.3.1.4
		2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e ou rocha	1.1.3.2.1	
			3. Corridas de massa	1. Solo/Lama	1.1.3.3.1
		2. Rocha/Detrito		1.1.3.3.2	
		4. Subsídências e colapsos	0	1.1.3.4.0	
		4. Erosão	1. Erosão costeira/marinha	0	1.1.4.1.0
			2. Erosão de margem fluvial	0	1.1.4.2.0
			3. Erosão continental	1. Laminar	1.1.4.3.1
				2. Ravinas	1.1.4.3.2
				3. Boçorocas	1.1.4.3.3
	2. HIDROLÓGICO	1. Inundações	0	1.2.1.0.0	
		2. Enxurradas	0	1.2.2.0.0	
		3. Alagamentos	0	1.2.3.0.0	

9. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Os métodos empregados pelo SGB-CPRM para elaboração das setorizações de áreas de risco geológico se baseiam nos procedimentos propostos pelo Ministério das Cidades & IPT (2007), os quais empregam a abordagem heurística para o mapeamento e classificação das áreas de risco. Tal método oferece grandes vantagens com relação aos baixos custos de execução e larga aplicabilidade a nível nacional, uma vez que o enfoque qualitativo se mostra bastante conveniente quando se trata de um método de ampla aplicação em regiões cujas características naturais e antrópicas podem variar consideravelmente.

O trabalho é desenvolvido em quatro fases, as quais são sintetizadas no fluxograma representado na Figura 3 e no Quadro 6.

As fases 1, 2 e 3 são desenvolvidas integralmente pela equipe técnica responsável pela execução da setorização de áreas de risco geológico, enquanto a fase 4 é atribuída à coordenação executiva da ação.

VOLUME 3 – VERSÃO 1
SETORIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO

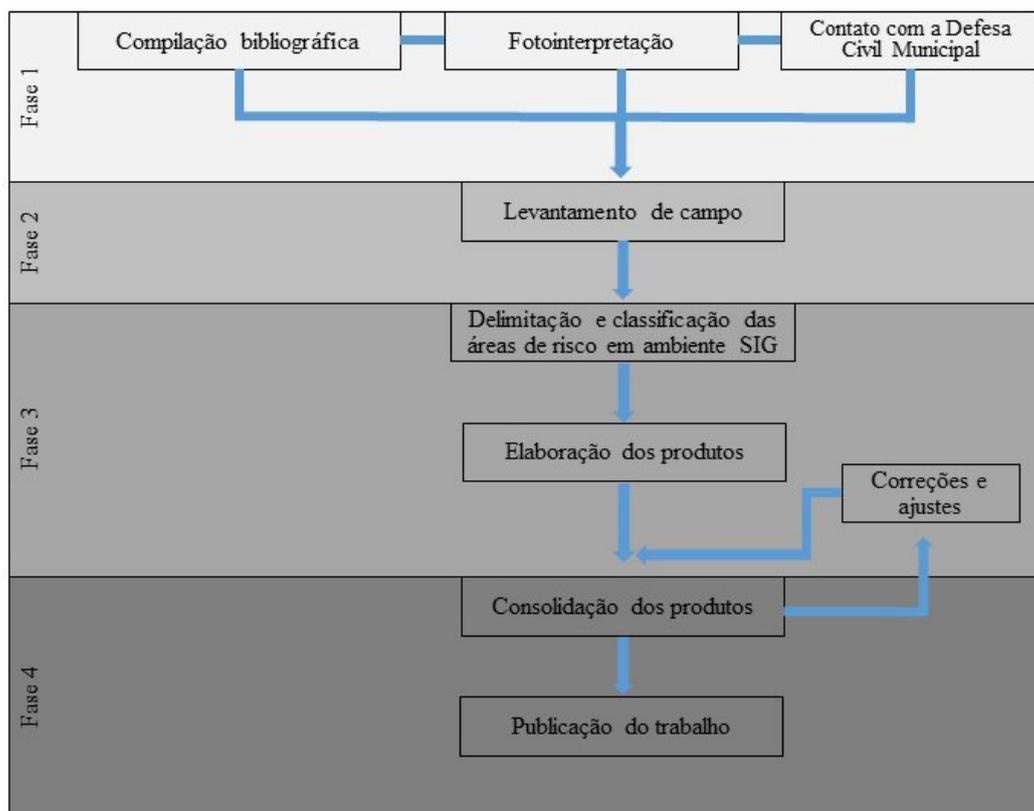


Figura 03 - Sequência de procedimentos desenvolvidos durante a elaboração das setorizações de áreas de risco geológico.

Quadro 06 - Sequência de procedimentos desenvolvidos durante a elaboração das setorizações de áreas de risco geológico.

FASE	ETAPA	CARACTERÍSTICAS
1	Compilação bibliográfica	Útil para o planejamento da campanha de campo;
	Fotointerpretação	Pode auxiliar na identificação prévia de áreas de risco.
	Contato com a Defesa Civil Municipal	Durante essa etapa, é feita uma breve apresentação do trabalho, bem como da importância da participação da Defesa Civil Municipal na campanha de campo.
2	Levantamento de campo	Inclui somente áreas urbanizadas; Escala de referência varia entre 1:1.000 e 1:2.000; É feito por caminhamento em conjunto com a Defesa Civil Municipal; Avaliam-se condições e indícios de risco geológico nas áreas pré-selecionadas pela equipe do SGB-CPRM e naquelas indicadas pela Defesa Civil Municipal; Não avalia eficácia ou pertinência de obras de engenharia de qualquer natureza; Não são avaliadas condições que não tem relação com processos geológicos; Utilizam-se GPS e máquina fotográfica para registro das estações de campo.
3	Delimitação e classificação das áreas de risco	É feita por meio da interpolação de estações de campo; Não são delimitadas áreas sem edificações de permanência humana; Utilizam-se como base as imagens orbitais Google, como <i>Base map</i> , as bases cartográficas e topográficas do <i>Open Street Map</i> , geosserviços de relevo sombreado e de curvas de nível compiladas no <i>plugin MapTiler</i> . Todos passam por um processo de fusão/realçamento visual no QGIS para destacar as informações de relevo sobre a imagem do Google; São delimitadas e classificadas apenas as áreas de risco nos graus alto ou muito alto; As áreas de risco médio ou baixo, eventualmente, são indicadas no relatório como áreas de monitoramento.
	Elaboração dos produtos	Inclui os procedimentos de confecção dos mapas, relatório e arquivos vetoriais.
	Correções e ajustes	Etapa de adequação do material entregue pelas equipes técnicas, após ser consolidado na fase 4.
4	Consolidação dos produtos	Verifica-se se o trabalho não apresenta erros ou desvios metodológicos significativos.
	Publicação do trabalho	Disponibilização do trabalho para o município, para as instituições que atuam na prevenção de desastres e para o público em geral.

9.1. FASE 1 - PRÉ-CAMPO

As atividades que compõem a fase 1 não são sequenciais, ou seja, podem ser desenvolvidas em qualquer ordem ou até mesmo de forma simultânea.

9.1.1. Compilação bibliográfica

A compilação bibliográfica constitui uma etapa de suma importância no planejamento da campanha de campo uma vez que, por meio dela, são obtidas informações valiosas acerca das características geológicas, geomorfológicas, pluviométricas, uso e ocupação, eventuais acidentes e desastres pretéritos provocados por fenômenos geológicos, dentre outras. Durante essa pesquisa é fundamental avaliar se no município alvo do mapeamento já foram desenvolvidos, no passado, trabalhos na mesma temática, principalmente cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação, cartas geotécnicas de aptidão para urbanização, planos municipais de redução de riscos (PMRR) e setorizações de áreas de risco geológico executadas pelo SGB-CPRM ou por outras instituições. Tais estudos poderão servir de base para a identificação das áreas de risco no município, facilitando assim a etapa de levantamento de campo.

Durante a compilação bibliográfica, é fundamental efetuar pesquisas em sites de notícias, nos canais oficiais das defesas civis estaduais e municipais, websites da Agência Nacional de Águas (ANA), do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (Cemaden), do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (Cenad), do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), nos acervos do SGB-CPRM, dentre outros.

9.1.2. Fotointerpretação

Identificar previamente áreas com potencial para serem classificadas como área de risco geológico pode tornar os levantamentos de campo mais ágeis e eficientes, contribuindo assim para o êxito do trabalho. Durante os levantamentos de campo, principalmente em municípios de grande porte, localizar as áreas de risco nem sempre é uma tarefa fácil. Assim, o uso de ferramentas de sensoriamento remoto e técnicas de fotointerpretação podem auxiliar na identificação prévia de áreas com características normalmente encontradas em áreas de risco geológico, como encostas íngremes habitadas, ocupações em planícies de inundação ou margem de cursos d'água e edificações instaladas nas bordas de feições erosivas (Figura 4).

Para tanto, nessa fase são realizadas análises com emprego de imagens orbitais e base de dados cartográficos disponíveis em plataformas gratuitas como o *Google Earth*, *Open Street Map*, dentre outros.



Figura 04 - Voçoroca com margens habitadas previamente identificada durante a etapa de fotointerpretação. Fotos: imagem orbital Google (esquerda) e acervo SGB-CPRM (direita).

9.1.3. Contato com a Defesa Civil Municipal

As setorizações de áreas de risco geológico são elaboradas em conjunto com a Defesa Civil Municipal, uma vez que os profissionais que atuam diariamente no município normalmente detêm amplo conhecimento das áreas sujeitas a apresentar condições de risco. Além disso, como normalmente os agentes municipais de Defesa Civil são pessoas conhecidas por grande parte dos moradores das áreas de risco, o desenvolvimento conjunto do trabalho também favorece a acessibilidade dos pesquisadores do SGB-CPRM nos bairros de alta vulnerabilidade social, bem como em áreas particulares, como residências, escolas, hospitais, creches e lotes.

Assim, é realizado contato prévio com a Defesa Civil Municipal, com o intuito de informar sobre a realização do mapeamento e solicitando apoio no acompanhamento das atividades de campo, em data a ser agendada entre as partes.

9.2. FASE 2 - LEVANTAMENTO DE CAMPO

De maneira geral, o levantamento de campo consiste na identificação de condições potenciais para a deflagração futura dos processos analisados, bem como de evidências que indicam processos em curso ou ocorrências pretéritas. Além disso, também são avaliadas as condições das edificações e da urbanização local, as quais serão de fundamental importância para caracterizar a vulnerabilidade durante o processo de classificação dos graus de risco.

Durante o trabalho de campo, são visitadas as áreas previamente selecionadas nas etapas que integram a fase 1, bem como as regiões indicadas pela Defesa Civil Municipal e locais identificados pela equipe técnica durante seu deslocamento pela área urbana do município. Em caso de atualização de mapeamento, procede-se também a análise de cada área de risco identificada no trabalho anterior, com objetivo de atualizar sua geometria e grau de risco, a depender das condições observadas no momento da vistoria.

Para a realização das atividades de campo são utilizados, obrigatoriamente, equipamentos de posicionamento global por satélite (GPS), câmera fotográfica (preferencialmente com função GPS ativada) e caderneta ou ficha de campo. Eventualmente, podem ser também empregados, onde possível e necessário, veículos aéreos não tripulados (VANTS), tablets, hipsômetros e trenas a laser.

O levantamento de campo é feito por caminhamento, adotando a escala entre 1:1.000 e 1:2.000 como referência. Desse modo, nas áreas mapeadas, devem ser realizadas observações, análises e registro de estações de campo em média a cada 10 e 20 metros, distância que pode ser reduzida em áreas com grande variação de condições ou aumentada em áreas homogêneas.

As estações de campo são registradas com o uso do GPS, onde são avaliadas características ou indícios, que serão posteriormente interpolados no processo de delimitação dos setores de risco, na fase 3. O sistema de coordenadas adotado nas setorizações de áreas de risco geológico é o GCS SIRGAS 2000 (coordenadas geográficas).

Também são coletadas informações históricas sobre a ocorrência dos eventos considerados no mapeamento, por meio de entrevista com moradores locais, bem como de arquivos da prefeitura municipal ou da Defesa Civil. Tais registros são importantes porque indicam a localização de prováveis áreas de risco geológico.

A Figura 5 mostra algumas características do levantamento de campo.



Figura 05 - Levantamento de campo durante a setorização de áreas de risco geológico. Fotos: acervo CPRM.

As condições analisadas durante a setorização de áreas de risco são apresentadas nos itens que seguem.

9.2.1. Movimentos de massa

Durante o mapeamento de áreas de risco a movimentos de massa é investigada a presença, características e intensidade das condições e indícios sumarizados no Quadro 7.

Quadro 07 - Características e indícios a serem observados durante a setorização de áreas de risco a movimentos de massa.

GRUPO	CARACTERÍSTICA OU INDÍCIO	INFLUÊNCIA
Características naturais	Amplitude e inclinação do talude ou encosta	Quanto maiores, maior a propensão de deflagração de movimentos de massa.
	Espessura do regolito	Solos delgados tendem a deflagrar deslizamentos planares enquanto solos espessos tendem a deflagrar deslizamentos circulares ou rotacionais.
	Presença de blocos de rocha no regolito	Indica a propensão de ocorrer queda de blocos em associação com deslizamentos.
	Presença de maciço rochoso	Indica propensão de ocorrer queda de blocos de rocha.
	Direção e mergulho das descontinuidades	Quanto mais coincidentes com a direção e mergulho do talude ou encosta, maior a propensão de ocorrer movimentos de massa. Mergulhos verticalizados ou no sentido oposto ao mergulho da encosta ou talude podem contribuir para a deflagração de tombamentos.
	Umidade do regolito	Quanto mais encharcado, maiores as chances de deflagração de movimentos de massa.
	Surgência de água	Pode indicar saturação ou alta pressão de água no interior do maciço.
Características e potencializadores antrópicos	Padrão construtivo	Quanto mais frágil, maior a vulnerabilidade
	Condições das vias	Quanto mais precárias, maior a vulnerabilidade
	Sistema de drenagem pluvial	Se ausente, aumenta a vulnerabilidade. Quanto mais eficiente, menos vulnerável.
	Presença de taludes de corte	Se feito de maneira inadequada, pode deflagrar ou potencializar os danos causados pelos movimentos de massa.
	Presença de aterro e lixo lançados na encosta	Materiais heterogêneos e com baixa coesão. Alta propensão a desenvolverem movimentos de massa.
	Distância da edificação em relação à base e crista do talude ou encosta	Quanto menor a distância, maior a chance de ser atingida por movimentos de massa.
	Lançamento de água servida e esgoto no terreno	Favorecem a saturação e redução da coesão do solo, contribuindo para a deflagração de movimentos de massa.
	Presença de fossa	
	Vazamentos em tubulações	
Evidências de movimentação	Trincas e degraus de abatimento	Em geral, indicam a movimentação do terreno, exceto quando presentes em edificações, pois podem derivar de problemas construtivos.
	Estruturas deformadas (postes, muros, cercas)	Podem indicar a movimentação do terreno.
	Cicatrizes de deslizamentos	Indicam a ocorrência de movimentos de massa pretéritos e, portanto, a alta propensão do local a ser atingido por esse tipo de processo.

9.2.2. Processos hidrológicos fluviais

Durante o mapeamento de áreas de risco a processos hidrológicos fluviais, é investigada a presença e intensidade das condições e indícios sumarizados no Quadro 8.

Quadro 08 - Características e indícios a serem observados durante a setORIZAÇÃO de áreas de risco a processos hidrológicos fluviais.

GRUPO	CARACTERÍSTICA OU INDÍCIO	INFLUÊNCIA
Características naturais	Frequência média de ocorrência dos últimos eventos	Quanto maior a frequência, maior o risco.
	Morfologia do canal e entorno	Canais meandrantos sugerem regiões de baixa velocidade de escoamento e, portanto, com alta propensão ao desenvolvimento de enchentes e inundações gradativas. Canais retilíneos sugerem regiões de alto potencial de escoamento e, portanto, sujeitas ao desenvolvimento de enxurradas. Onde o canal é encaixado, normalmente, não ocorre inundação. Trechos onde o canal apresenta grandes planícies de inundações indicam alta propensão ao desenvolvimento desses processos.
	Relevo da região	Áreas montanhosas tendem a apresentar canais de drenagem com maior gradiente de inclinação, favorecendo a ocorrência de processos de enxurrada.
	Largura do curso d'água	Grandes rios normalmente desenvolvem inundações gradativas, enquanto pequenos córregos normalmente são propensos a desenvolverem enxurradas.
	Marcas nas edificações	Indicam a ocorrência de eventos pretéritos, bem como sua magnitude.
Características e potencializadores antrópicos	Redução brusca da seção drenante do canal (pontes, manilhas, etc.)	Reduções bruscas na seção drenante do curso d'água reduzem o potencial de escoamento e aumentam o risco de extravasamento.
	Padrão construtivo	Quanto mais frágil, maior a vulnerabilidade.
	Condições das vias	Quanto mais precárias, maior a vulnerabilidade.
	Sistema de drenagem pluvial	Se ausente, aumenta a vulnerabilidade. Quanto mais eficiente, menor o potencial de acúmulo de água e, portanto, menos vulnerável.
	Presença de aterro, entulho e lixo lançados no curso d'água	Esses materiais podem obstruir o fluxo de água nos cursos d'água e favorecer o processo de extravasamento.
	Distância da edificação em relação à margem do curso d'água	Quanto menor a distância, maior a chance de ser atingida por eventos hidrológicos fluviais.
	Existência de comportas improvisadas nas residências	Indicam que o local é frequentemente atingido por processos hidrológicos fluviais.
	Grau de impermeabilização do entorno	Quanto mais impermeável, menor a capacidade de infiltração e maior a propensão ao desenvolvimento de alagamentos. As inundações e enchentes também tendem a durar mais tempo em áreas altamente impermeabilizadas.

9.2.3. Erosão hídrica

Durante o mapeamento de áreas de risco, a erosão hídrica é investigada a partir da presença, características e intensidade das condições e indícios sumarizados no Quadro 9.

Quadro 09 - Características e indícios a serem observados durante a setorização de áreas de risco a erosão hídrica.

GRUPO	CARACTERÍSTICA OU INDÍCIO	INFLUÊNCIA
Características naturais	Existência prévia de processos ou formas erosivas	Erosão marinha e de margem fluvial, terras caídas e voçorocas estão frequentemente relacionadas a áreas de risco. Por outro lado, erosão laminar e ravinas raramente apresentam relação direta com essas áreas.
	Espessura do regolito	Quanto mais espesso, maiores as chances de desenvolver intensos processos erosivos hídricos.
	Profundidade do horizonte C	Horizonte mais erodível. Quanto menos profundo, maiores as chances de desenvolver processos erosivos hídricos.
	Presença dos horizontes superficiais (O, A, etc.)	Normalmente, os horizontes superficiais apresentam maior resistência aos processos erosivos.
	Surgência de água	Pode indicar alta propensão ao desenvolvimento de <i>piping</i> .
	Velocidade de expansão da forma	Quanto mais rápida, maior o risco.
Características e potencializadores antrópicos	Padrão construtivo	Quanto mais frágil, maior a vulnerabilidade
	Condições das vias	Quanto mais precárias, maior a vulnerabilidade
	Sistema de drenagem pluvial	Se ausente, aumenta a vulnerabilidade. Quanto mais eficiente, menos vulnerável.
	Presença de escavações no entorno das erosões	Se feitas de maneira inadequada podem potencializar os processos erosivos.
	Presença de aterro e lixo lançados nas feições erosivas	Materiais heterogêneos e com baixa coesão. Alta propensão a desenvolverem movimentos de massa.
	Distância da edificação em relação à base ou crista da feição erosiva	Quanto menor a distância, maior a chance de ocorrerem danos
	Lançamento de água servida e esgoto na feição erosiva	Favorecem a saturação e redução da coesão do solo, contribuindo para a expansão do processo erosivo.
	Presença de fossa	
	Vazamentos em tubulações	
Evidências de movimentação	Trincas e degraus de abatimento	Em geral, indicam a movimentação do terreno, exceto quando presentes em edificações, pois podem derivar de problemas construtivos.
	Estruturas deformadas (postes, muros, cercas)	Podem indicar a movimentação do terreno.

9.2.4. Outros processos

Durante o mapeamento de áreas de risco a subsidência ou solapamento, colapso, expansão e contração de argilas e movimentação de dunas é investigada a presença, características e intensidade das condições e indícios sumarizados no quadro 10.

Quadro 10 - Características e indícios a serem observados durante a setORIZAÇÃO de áreas de risco a subsidência ou solapamento, colapso, expansão e contração de argilas e movimentação de dunas.

PROCESSO	GRUPO	CARACTERÍSTICA OU INDÍCIO	INFLUÊNCIA
Subsidência, solapamento ou colapso	Características naturais	Estar em área formada por rochas solúveis (carbonatos, evaporitos, dentre outras)	A dissolução das rochas gera cavidades subterrâneas.
	Características e potencializadores antrópicos	Urbanização em feições de subsidência	Sugere alta propensão à movimentação e danos às edificações.
	Evidências de movimentação	Presença de dolinas ou cavidades abertas (colapso)	Indica a propensão natural do terreno à subsidência.
		Trincas e degraus de abatimento	Em geral, indicam a movimentação do terreno, exceto quando presentes em edificações pois, nesse caso, podem derivar de problemas construtivos.
		Estruturas deformadas (postes, muros, cercas)	Podem indicar a movimentação do terreno.
Expansão e contração de argilas	Características naturais	Estar em área formada por argilas orgânicas ou de alta atividade (2:1)	Materiais de baixa capacidade de suporte.
	Características e potencializadores antrópicos	Urbanização em áreas alagadas aterradas (pântanos, lagoas, mangues, etc.)	Região com baixa capacidade de suporte, sendo passível seu adensamento e conseqüente deformação das edificações.
	Evidências de movimentação	Trincas e degraus de abatimento	Em geral, indicam a movimentação do terreno, exceto quando presentes em edificações, pois podem derivar de problemas construtivos.
		Estruturas deformadas (postes, muros, cercas)	Podem indicar a movimentação do terreno.
Movimentação de dunas	Características naturais	Estar em área litorânea, em ambiente dominado por dunas eólicas	Feição de alta mobilidade e material de baixa capacidade de suporte
	Características e potencializadores antrópicos	Urbanização em campos de dunas	Região com alta propensão ao soterramento por movimentação das dunas.
	Evidências de movimentação	Soterramento das edificações	Movimentação da duna. Quanto mais rápido o soterramento, maior o risco. Quanto mais próximo das dunas, maior o risco.
		Trincas e degraus de abatimento	Em geral, indicam a movimentação do terreno, exceto quando presentes em edificações, pois podem derivar de problemas construtivos.
		Estruturas deformadas (postes, muros, cercas)	Podem indicar a movimentação do terreno.

9.3. FASE 3 - PRODUÇÃO DE DADOS

9.3.1. Delimitação e classificação das áreas de risco

Os procedimentos adotados para delimitação e classificação das áreas de risco utilizando o software QGIS estão detalhados no Apêndice 1.

A delimitação das áreas de risco geológico é feita em ambiente SIG, por meio da interpolação das posições das estações de campo e das fotografias tiradas durante o levantamento, as quais apontam a localização e as características dos principais indícios de risco observados nas áreas avaliadas. Para tanto, são utilizadas como referência as imagens orbitais Google e as bases vetoriais e topográficas *Open Street Map*, as quais são integradas pela plataforma *Map Tiler*, disponível sob a forma de *plugin* no software QGIS (Figura 6). Não se delimitam áreas não urbanizadas, ou seja, sem edificações utilizadas para permanência humana.

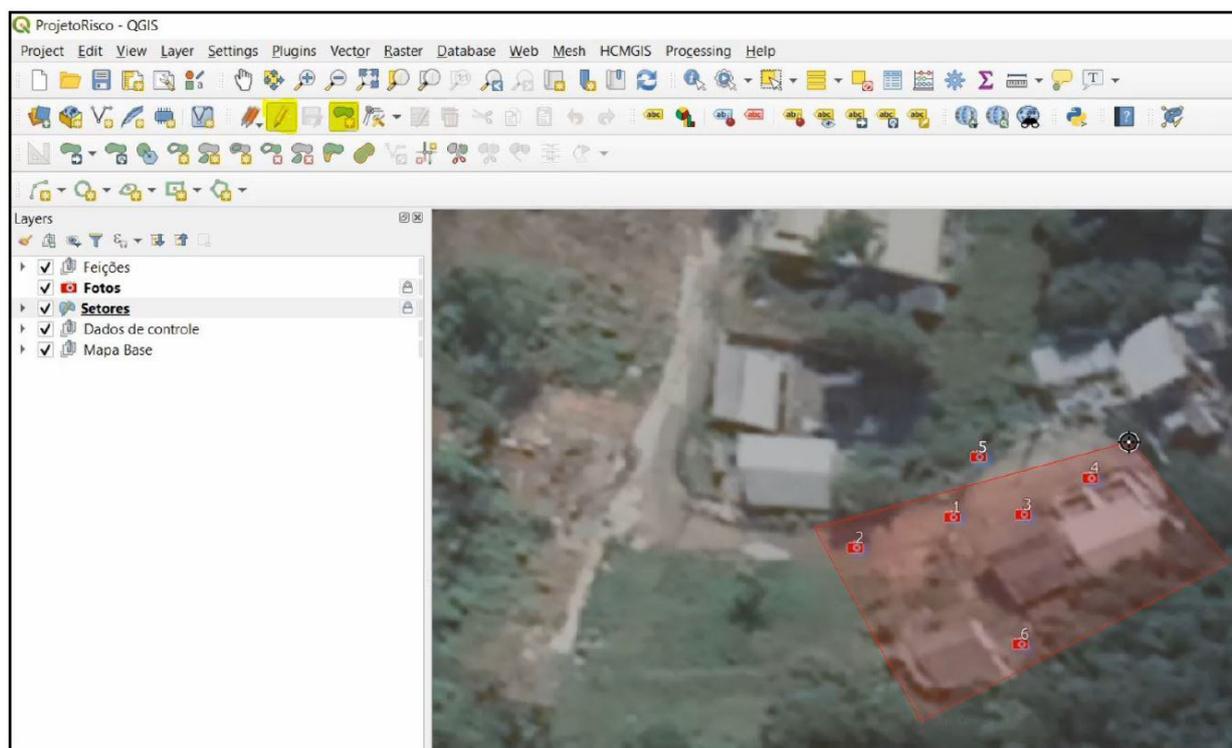


Figura 06 - Delimitação de um setor de risco por meio da interpolação de estações de campo (pontos vermelhos).

O risco de desastres é amplamente conhecido como a interação complexa entre o perigo e as características que tornam as pessoas e lugares expostos e vulneráveis (Figura 7).

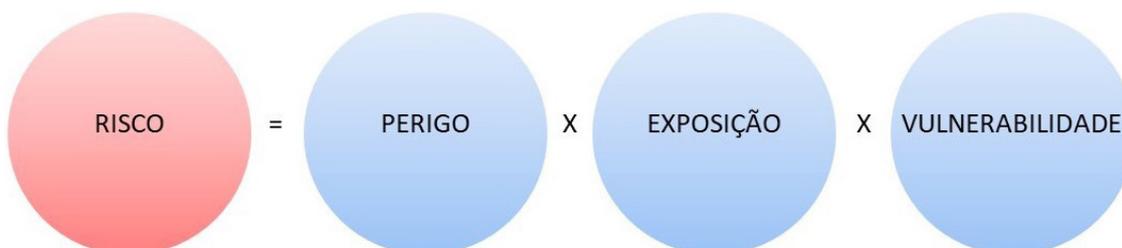


Figura 07 - Definição de risco de desastres (modificado de UNISDR, 2016).

Entretanto, conforme afirmado pelo Escritório de Redução do Risco de Desastres das Nações Unidas (UNISDR), em 2016, em caso de perigos extremos o grau de risco é condicionado muito mais pela exposição do que pela vulnerabilidade, já que tais processos atingem qualquer classe social, independentemente de seu poder aquisitivo. Tal fato fica claro ao analisar os

danos provocados pelos desastres que atingiram o estado de Santa Catarina em 2008 e a Região Serrana do estado do Rio de Janeiro em 2011, os quais ocorreram de maneira generalizada em regiões de alta e baixa renda dos municípios atingidos.

Assim, considerando o conceito exposto, a classificação das áreas de risco geológico será feita com base nos métodos preconizados pelo Ministério das Cidades & IPT (2004 e 2007), os quais, apesar de não indicarem análises detalhadas a respeito dos diversos elementos estruturais e sociais que caracterizam a vulnerabilidade, consideram o conceito de forma simplificada e, de certa forma, intrínseca à potencialidade dos eventos de causarem danos à uma determinada região em análise.

A classificação proposta por Ministério das Cidades & IPT (*op. cit.*) foi originalmente concebida para ser aplicada no mapeamento de áreas de risco a movimentos de massa e processos hídricos. Todavia, apesar de apresentarem mecanismos de deflagração diferentes, outros processos, como erosão, subsidência, solapamento ou colapso, movimentação de dunas, expansão e contração de argilas, apresentam algumas características semelhantes àquelas associadas aos movimentos de massa. Dessa forma, na prática, o mapeamento das áreas de risco geológico considera alguns atributos do meio físico que são comuns a diversos processos. Portanto, a orientação proposta para a classificação dos graus de risco a movimentos de massa (Quadro 11) foi estendida para esses processos.

As setorizações de áreas de risco geológico desenvolvidas pelo Serviço Geológico do Brasil delimitam apenas as áreas de risco alto e muito alto, conforme orientações expostas nos Quadros 11 e 12.

As áreas de risco baixo e médio, eventualmente avaliadas durante a elaboração do trabalho, são apontadas como áreas de monitoramento, com o intuito de salientar a importância da aplicação de boas práticas de uso e ocupação do território, bem como das atividades de fiscalização voltadas à inibição do surgimento de novas áreas de risco alto ou muito alto.

Quadro 11 - Orientações gerais para classificação dos graus de risco a movimentos de massa, erosões, subsidência, solapamento ou colapso, movimentação de dunas, expansão e contração de argilas (Modificado de Ministério das Cidades & IPT, 2007).

GRAU DE PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
R1 Baixo	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de BAIXA OU NENHUMA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Não são observados sinais/feições/evidências de instabilidade. NÃO HÁ INDÍCIOS de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. 3. Mantidas as condições existentes, NÃO SE ESPERA a ocorrência de eventos destrutivos no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
R2 Médio	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de MÉDIA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. É observada a presença de sinais/feições/evidências de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipientes. Processo de instabilização EM ESTÁGIO INICIAL de desenvolvimento. 3. Mantidas as condições existentes, e REDUZIDA A POSSIBILIDADE de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
R3 Alto	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Observa-se a presença significativa de sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de instabilização em PLENO DESENVOLVIMENTO, mas ainda sendo possível monitorar a evolução do processo. 3. 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.
R4 Muito alto	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. 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 a margem de córregos, 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. 3. 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.

Quadro 12 - Classificação dos graus de risco a processos hídricos (Modificado de Ministério das Cidades & IPT, 2004).

GRAU DE PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
R1 Baixo	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com BAIXO POTENCIAL DE CAUSAR DANOS e baixa frequência de ocorrência (NÃO HÁ REGISTRO DE OCORRÊNCIAS significativas nos últimos 5 anos).
R2 Médio	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com MÉDIO POTENCIAL DE CAUSAR DANOS, média frequência de ocorrência (registro de uma OCORRÊNCIA SIGNIFICATIVA nos últimos 5 anos).
R3 Alto	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com ALTO POTENCIAL DE CAUSAR DANOS, média frequência de ocorrência (registro de uma OCORRÊNCIA SIGNIFICATIVA nos últimos 5 anos) e envolvendo moradias de ALTA VULNERABILIDADE.
R4 Muito alto	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com ALTO POTENCIAL DE CAUSAR DANOS, principalmente sociais, alta frequência de ocorrência (pelo menos três EVENTOS SIGNIFICATIVOS nos últimos 5 anos) e envolvendo moradias de ALTA VULNERABILIDADE.

9.3.2. Produtos elaborados

De maneira geral, os produtos essenciais a serem apresentados ao final das setorizações de áreas de risco geológico estão relacionados abaixo, exceto em casos onde não foram identificadas áreas de risco alto ou muito alto em campo, quando é apresentado apenas o relatório.

- Relatório;
- Mapa Índice;
- Pranchas das áreas de risco;

9.3.2.1. Relatório

O relatório reúne os aspectos metodológicos adotados pelo trabalho, bem como sintetiza os seus resultados e as características gerais das áreas de risco mapeadas no município. Para que o texto seja fluido e direto, não é elaborado no relatório o exame individual de cada área de risco mapeada, já que tal análise é apresentada individualmente nas pranchas.

As sugestões de intervenção indicadas têm a função de orientar os usuários e não dispensam, em nenhuma hipótese, a realização de estudos e projetos específicos, a serem desenvolvidos sob a inteira responsabilidade dos usuários, devidamente amparados por profissionais habilitados para tal.

As conclusões indicam, de maneira clara e objetiva, com base nos resultados obtidos no trabalho, quais são as considerações e constatações obtidas pelo trabalho e possibilidades de estudos futuros.

9.3.2.2. Mapa Índice e Pranchas

Os procedimentos adotados para a elaboração do mapa índice e das pranchas utilizando o software QGis, estão detalhados no Apêndice 1.

O mapa índice reúne todos os setores de risco mapeados no município, com o objetivo principal de apresentar ao usuário a distribuição das áreas, facilitando assim a sua localização. Esse documento cartográfico também indica a posição do município no território nacional, bem como as informações gerais compiladas do trabalho, como número de áreas de risco mapeadas, número de pessoas e edificações em áreas de risco e os principais processos associados.

A figura 8 mostra os principais elementos do mapa índice, bem como seus significados.

As pranchas são elaboradas para cada área de risco mapeada e têm como principal objetivo indicar as principais características observadas em campo, as quais são descritas na lateral direita do leiaute e, também, apresentadas sob a forma de fotografias alocadas nas margens esquerda e inferior do documento. As pranchas podem ser utilizadas para identificar com detalhes quais elementos estão incluídos nas áreas de risco, embasando assim ações de prevenção de desastres.

VOLUME 3 – VERSÃO 1
 SETORIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO

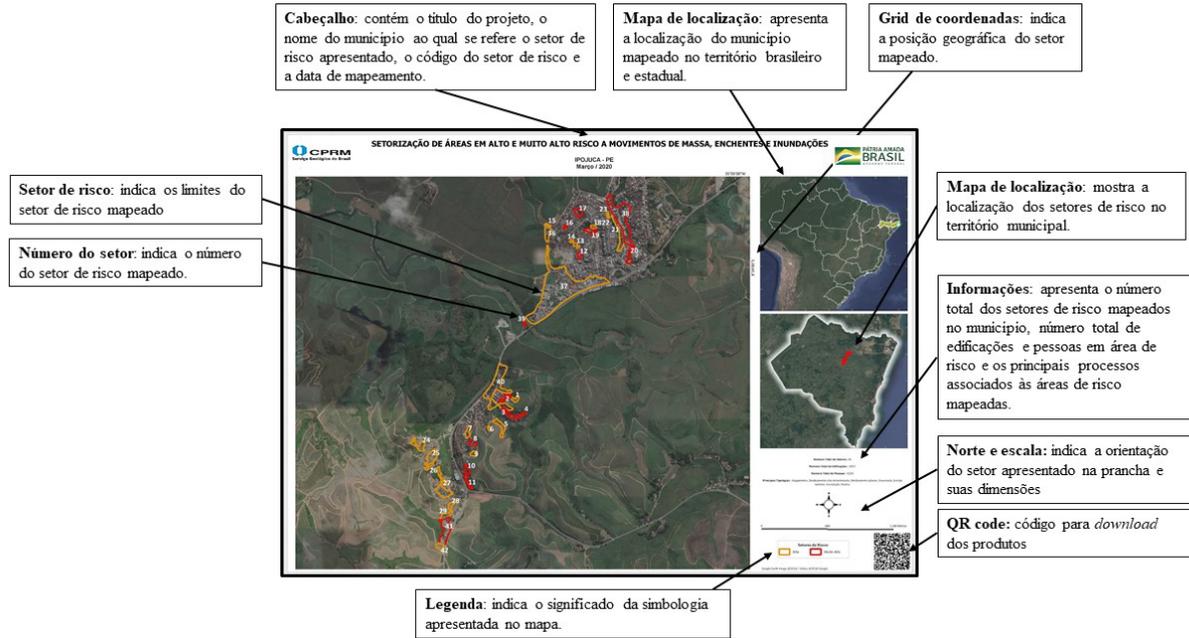


Figura 08 - Elementos que constituem o mapa índice.

O código do setor, apresentado na plancha e nos arquivos vetoriais, tem o seguinte formato:

UF_MUNICIP_SR_XXX_CPRM onde:

UF: unidade da federação a qual pertence o município mapeado;

MUNICIP: sete primeiros caracteres do nome do município;

SR: abreviatura de setor de risco;

XXX: número do setor de risco;

CPRM: nome da instituição responsável pela execução do mapeamento.

A Figura 9 mostra os principais elementos da plancha, bem como seus significados.



Figura 09 - Elementos que constituem a plancha.

9.3.3. SIG

As camadas vetoriais (SIG) correspondem ao arquivo KML e às armazenadas no arquivo Base_de_Dados.gpkg.

Os dados armazenados no arquivo KML incluem as áreas de risco mapeadas e podem ser acessados no *Google Earth*, enquanto as camadas que compõem o arquivo Base_de_Dados.gpkg podem ser acessadas por meio do software gratuito QGIS ou similares.

As camadas do arquivo Base_de_Dados.gpkg dividem-se em dois grupos. O primeiro engloba as camadas que são elaboradas manualmente durante a delimitação dos setores e elaboração dos produtos e inclui as camadas setores, fotos, trincas, sentido do movimento de massa, drenagem, degrau de abatimento e borda erosiva.

O segundo grupo engloba as camadas que servem de apoio para a elaboração das pranchas e do mapa índice e que são preenchidas automaticamente durante o processo. Esse grupo inclui as camadas estado analisado, estados brasileiros, estatísticas, limites multiescala, município analisado e tabela de controle.

A estrutura de atributos de cada uma das camadas que compõe a Base_de_Dados.gpkg é indicada no Apêndice 2.

9.3.4. Correções e ajustes

Essa etapa compreende atividades de adequação dos produtos disponibilizados pela equipe executora à coordenação executiva da ação, caso tenham sido notados erros ou desvios metodológicos durante o processo de consolidação dos produtos na fase 4. Desse modo, a etapa de correções e ajustes nem sempre ocorre durante o processo de elaboração das setorizações de áreas de risco geológico.

9.4. FASE 4 - PUBLICAÇÃO

9.4.1. Consolidação dos produtos

Ao serem entregues pela equipe executora, todos os produtos elaborados passam por um processo de consolidação, durante o qual verifica-se se o trabalho não apresenta erros ou desvios metodológicos significativos. Dentre os aspectos verificados, os principais são:

- se o trabalho foi entregue totalmente ou se está incompleto;
- se não existem arquivos danificados ou corrompidos;
- se a organização e a nomenclatura das pastas estão corretas;
- se a grafia do nome do município mapeado está correta;
- se os arquivos vetoriais estão projetados no sistema de coordenada adotado pela ação;
- se a tabela de atributos dos arquivos vetoriais está corretamente preenchida.

9.4.2. Publicação do trabalho

Após ser aprovado na etapa de consolidação, o trabalho então segue para publicação, que compreende as seguintes atividades:

- armazenamento no repositório institucional de geociências do serviço geológico do Brasil (RIGEO) - <http://rigeo.cprm.gov.br/>
- integração ao mapa on-line para prevenção de desastres - <http://geoportal.cprm.gov.br/desastres/>
- disponibilização aos gestores municipais e às instituições de monitoramento e alerta de desastres por meio eletrônico.
- disponibilização às instituições responsáveis por operar sistemas de monitoramento e alerta de desastres.

10. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. E. G. de. A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil: os desastres como problema político. In: 1º SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA POLÍTICA. *Anais...* Porto Alegre. 2015.

- AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS-COBRAE, 1., 1992. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABMS, 1992. p. 721-733.
- BANCO MUNDIAL. **Avaliação de Perdas e Danos: Inundações Bruscas em Pernambuco - Junho de 2010**. Relatório Técnico. 2012a. 71p.
- BANCO MUNDIAL. **Avaliação de Perdas e Danos: Inundações Bruscas em Santa Catarina - Novembro de 2008**. Relatório Técnico. 2012b. 67p.
- BANCO MUNDIAL. **Avaliação de Perdas e Danos: Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro - Janeiro de 2011**. Relatório Técnico. 2012c. 63p.
- BITAR, O. Y. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000. Nota Técnica Explicativa**. IPT & CPRM. São Paulo. Brasília. 2014. 50p.
- BRASIL. Lei Federal 12.608/2012. **Diário Oficial da União**: seção 1, página 1, Brasília, DF. 2012.
- CRUDEN, D. M. ; VARNES, D. J. Landslide Types and Processes. In Turner. A. K. and Schuster. R. L. (Editors). **Landslides: Investigation and Mitigation**: Transportation Research Board. Special Report. Vol. 247. pp. 36-75. 1996.
- ELLISON, W. D. Soil Erosion. **Soil Science Society American Proceedings**. v. 12, n. 5, p. 479-484, 1948.
- FELL, R. *et al.* Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. **Engineering Geology**, v. 102, p. 83-111, 2008.
- HUTCHINSON, J. N. 1988. General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. In: Proceedings, Fifth International Symposium on Landslides (Ed: Bonnard, C.), Rotterdam: Balkema, 1, 3-35. 1988.
- JULIEN, P. Y. **Erosion and Sedimentation**, 2nd ed. Cambridge University Press. 2010. 371 p.
- MERRITT, W. S.; LETCHER, R. A.; JAKEMAN, A. J. A review of erosion and sediment transport models. **Environmental Modelling & Software**. v. 18, p. 761-799, 2003.
- MINISTERIO DAS CIDADES; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: 2007. 176 p.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamentos, Enchentes e Inundações**. Apostila de treinamento. 2004. 73p.
- MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. Oxford, Blackwell Science Ltd: 2005. 304p.
- NOGUEIRA, F. R.; OLIVEIRA, V. E. de; CANIL, K. Políticas públicas regionais para gestão de riscos: o processo de implementação no ABC, SP. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo. XVII, n. 4. p. 177-194, 2014.
- UNISDR. **Economic Losses, Poverty & Disasters. 1998-2017**. Technical Report. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters United Nations Office for Disaster Risk Reduction. 2018. 31p.
- UNISDR. **UNISDR anual report 2015**. United Nations. 75p. 2016.
- UNISDR. **UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction**. United Nations. 2009. 35p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012**. 2. ed. Ver. Ampl., Florianópolis. 2013. 126p.
- VARNES, D. J. Slope movement types and processes. In: Schuster RL, Krizek RJ (eds) **Landslides, analysis and control, special report 176**: Transportation research board, National Academy of Sciences, Washington, DC., pp. 11–33. 1948.

APÊNDICE 1

VOLUME 3 – VERSÃO 1
SETORIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO

Quadro 1 - Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)

CATEGORIA	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	COBRADE	
1. NATURAL	1. GEOÓGICO	1. Terremoto	1. Tremor de terra	0	1.1.1.1.0	
			2. Tsunami	0	1.1.1.2.0	
		2. Emissão vulcânica	0	0	1.1.2.0.0	
			3. Movimento de massa	1. Quedas, tombamentos e rolamentos	1. Blocos	1.1.3.1.1
		2. Lascas			1.1.3.1.2	
		3. Matacões			1.1.3.1.3	
		4. Lajes			1.1.3.1.4	
		2. Deslizamentos		1. Deslizamentos de solo e/ou rocha	1.1.3.2.1	
		3. Corridas de Massa		1. Solo/Lama	1.1.3.3.1	
		4. Erosão	2. Rocha/Detrito	2. Rocha/Detrito	1.1.3.3.2	
				4. Subsidências e colapsos	0	1.1.3.4.0
		4. Erosão	1. Erosão costeira/marinha	0	1.1.4.1.0	
			2. Erosão de margem fluvial	0	1.1.4.2.0	
		4. Erosão	3. Erosão continental	1. Laminar	1.1.4.3.1	
	2. Ravinas			1.1.4.3.2		
	3. Voçorocas			1.1.4.3.3		
	2. HIDROLÓGICO	1. Inundações	0	0	1.2.1.0.0	
		2. Enxurradas	0	0	1.2.2.0.0	
		3. Alagamentos	0	0	1.2.3.0.0	
	3. METEOROLÓGICO	1. Sistemas de grande escala/escala regional	1. Ciclones ²	1. Ventos Costeiros (Mobilidade de Dunas)	1.3.1.1.1	
				2. Marés de tempestade (ressacas)	1.3.1.1.2	
			2. Frentes Frias/Zonas de convergência	0	1.3.1.2.0	
		2. Tempestades	1. Tempestade local/convectiva	1. Tornados	1.3.2.1.1	
				2. Tempestade de raios	1.3.2.1.2	
				3. Granizo	1.3.2.1.3	
				4. Chuvas intensas	1.3.2.1.4	
		3. Temperaturas Extremas	2. Onda de frio	1.3.2.1.5	1.3.2.1.5	
				1. Onda de calor	0	1.3.3.1.0
				2. Onda de frio	1. Friagem	1.3.3.2.1
	4. CLIMATOLÓGICO	1. Seca	2. Seca	2. Geadas	1.3.3.2.2	
				1. Estiagem	0	1.4.1.1.0
			3. Incêndio florestal	1. Incêndios em parques, áreas de proteção ambiental e áreas de preservação permanente nacionais, estaduais ou municipais	1.4.1.3.1	1.4.1.3.1
					2. Incêndios em áreas não protegidas, com reflexos na qualidade do ar	1.4.1.3.2
		4. Baixa umidade do ar		0	1.4.1.4.0	
		5. BIOLÓGICO	1. Epidemias	1. Doenças infecciosas virais	0	1.5.1.1.0
				2. Doenças infecciosas bacterianas	0	1.5.1.2.0
	3. Doenças infecciosas parasíticas			0	1.5.1.3.0	
	4. Doenças infecciosas fúngicas			0	1.5.1.4.0	
	2. Infestações/Pragas		1. Infestações de animais	0	1.5.2.1.0	
			2. Infestações de algas	1. Marés vermelhas	1.5.2.2.1	
				2. Cianobactérias em reservatórios	1.5.2.2.2	
3. Outras Infestações			0	1.5.2.3.0		

APÊNDICE 2

ELABORAÇÃO DO SIG, MAPA ÍNDICE E PRANCHAS

Kit de trabalho

O kit de trabalho deve ser utilizado para elaborar a base de dados SIG do mapeamento, o mapa índice e as pranchas. É composto pelas pastas e arquivos apresentados na figura 1.

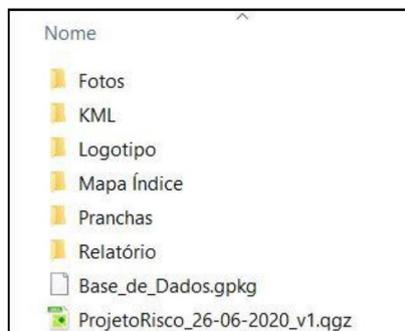


Figura 01 - Estrutura e organização do kit de trabalho.

O arquivo *Base_de_Dados.gpkg* contém todo o banco de dados SIG do trabalho e o arquivo *ProjetoRisco.qgz* é o projeto de construção de leiaute que será utilizado para confeccionar as pranchas e o mapa índice (Figura 1).

As pastas Relatório, Pranchas, Mapa Índice e KML devem armazenar os documentos gerados no trabalho.

A pasta fotos deve ser organizada em subpastas correspondentes aos setores mapeados no município, de modo que haja uma pasta de fotos por setor (Figura 2).

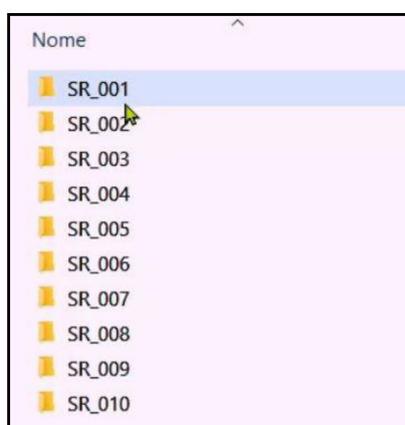


Figura 02 - Organização da pasta fotos.

As pastas referentes a cada setor podem conter até seis fotos selecionadas e que caracterizem da melhor forma possível o setor de risco mapeado (Figura 3).

A nomenclatura das pastas e fotos deve seguir exatamente o mesmo padrão apresentado nas Figuras 2 e 3.



Figura 03 - Organização e nomenclatura das fotos.

Recomenda-se que as fotos tenham no máximo 3Mb, a fim de não sobrecarregar o leiaute e, conseqüentemente, os arquivos gerados durante o trabalho.

A pasta logotipo contém as marcas institucionais e o QR code que direciona para a página do projeto no *website* do SGB-CPRM (Figura 4).



Figura 04 - Conteúdo da pasta logotipo.

MAPA ÍNDICE E PRANCHAS

O objetivo do mapa índice e das pranchas é apresentar, de maneira objetiva, a distribuição espacial e principais características dos setores de risco mapeados no município. Para tanto, o ideal é que esses documentos cartográficos permitam a visualização sempre na maior escala possível (Figura 5).

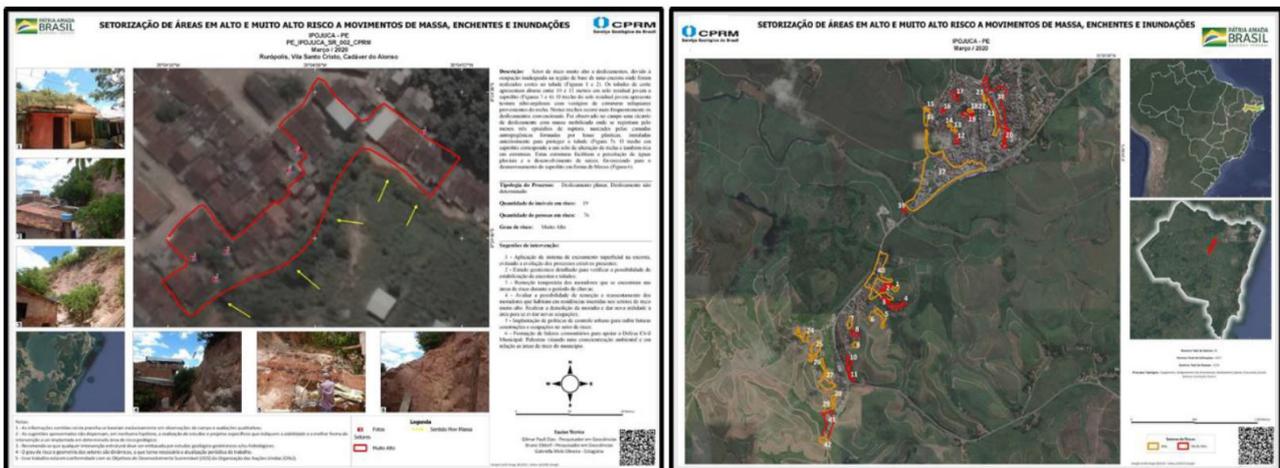


Figura 05 - Exemplos de prancha (esquerda) e mapa índice (direita) elaborados durante a setorização de áreas de risco geológico.

o mapa índice é elaborado de forma individual para cada município, enquanto as pranchas são produzidas para cada área de risco cartografada, conforme procedimentos descritos a seguir.

Adição de pontos de controle coletados em campo com GPS

As estações coletadas com auxílio de GPS podem facilitar a localização dos indícios observados em campo e, conseqüentemente, contribuir para a delimitação dos setores de risco geológico. A seguir, são detalhados os procedimentos para adicioná-las ao projeto.

Na pasta kit de trabalho, abra o arquivo *ProjetoRisco.qgz* e ative a janela *browser*. Em seguida, localize o arquivo contendo os pontos de campo e arraste-o para a janela de edição (Figura 6).

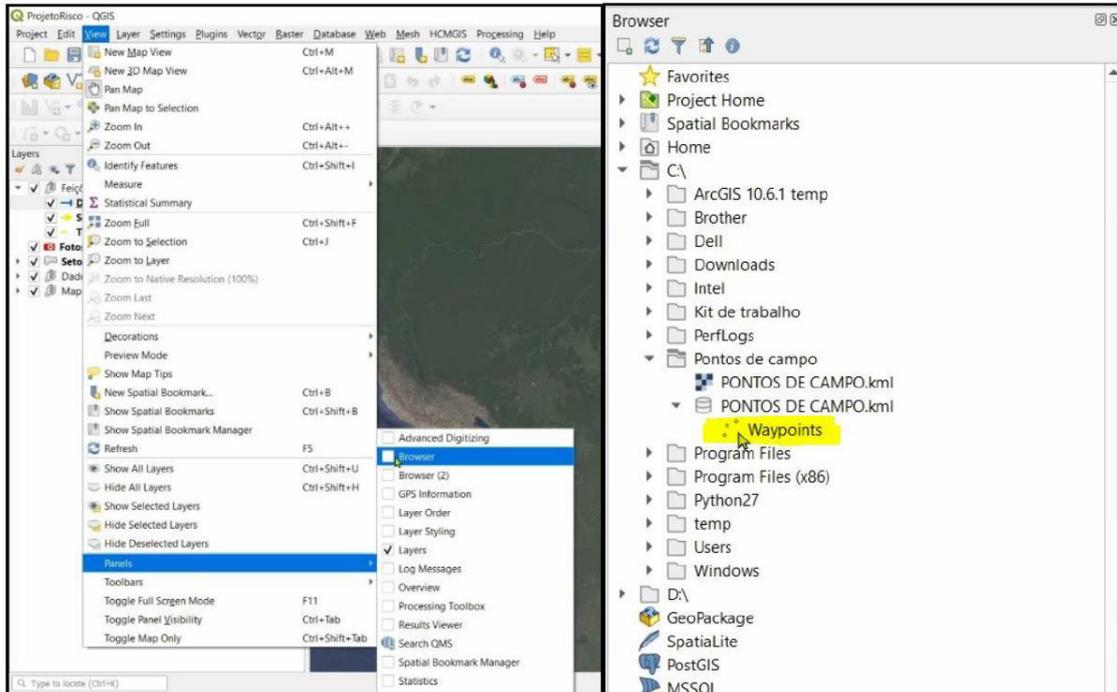


Figura 06 - Procedimento para ativar a janela *browser* e adicionar os pontos de campo.

Adição da localização das fotos

Para adicionar a localização das fotos selecionadas, ative a caixa de ferramentas e utilize a aba de pesquisa para encontrar a ferramenta *import geotagged photos* (Figura 7).

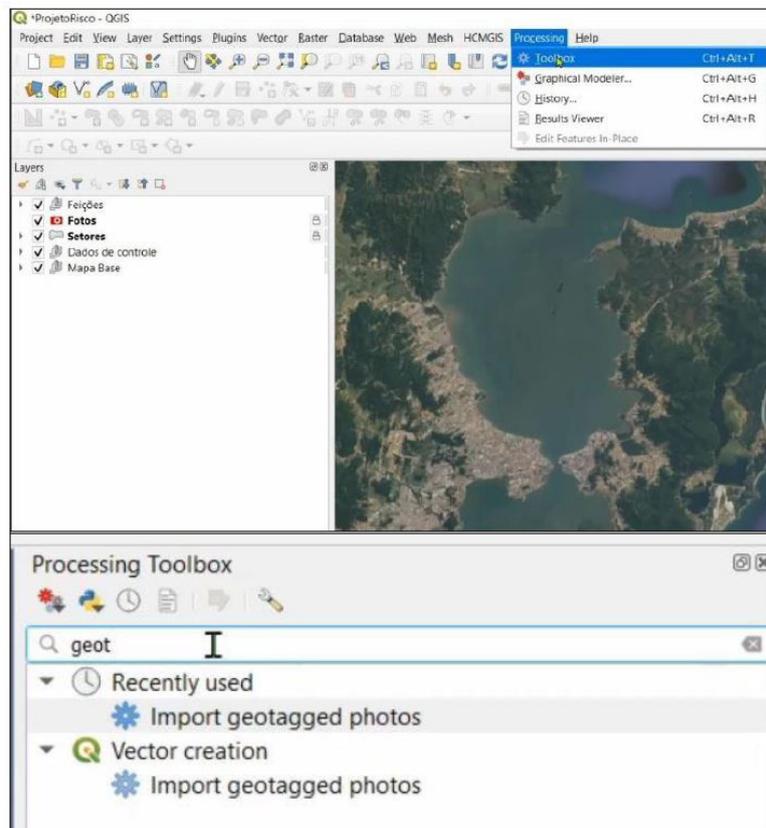


Figura 07 - Procedimento para ativar a caixa de ferramentas e ativar a ferramenta *import geotagged photos*.

Utilizando a ferramenta *import geotagged photos*, na caixa *input folder*, selecione a pasta fotos do kit de trabalho e marque a opção *scan recursively* (Figura 8).

Mantenha as caixas *photos* e *invalid photos table* preenchidas com *create temporary layer* (Figura 8).

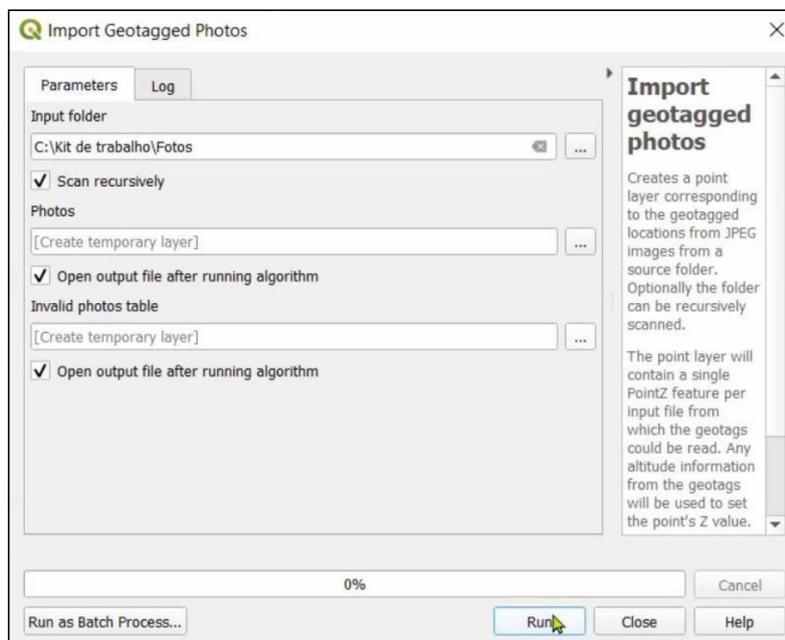


Figura 08 - Preenchimento das caixas de opções disponíveis na ferramenta *import geotagged photos*.

Caso existam fotos não georreferenciadas, o software indicará conforme apresentado na Figura 9.

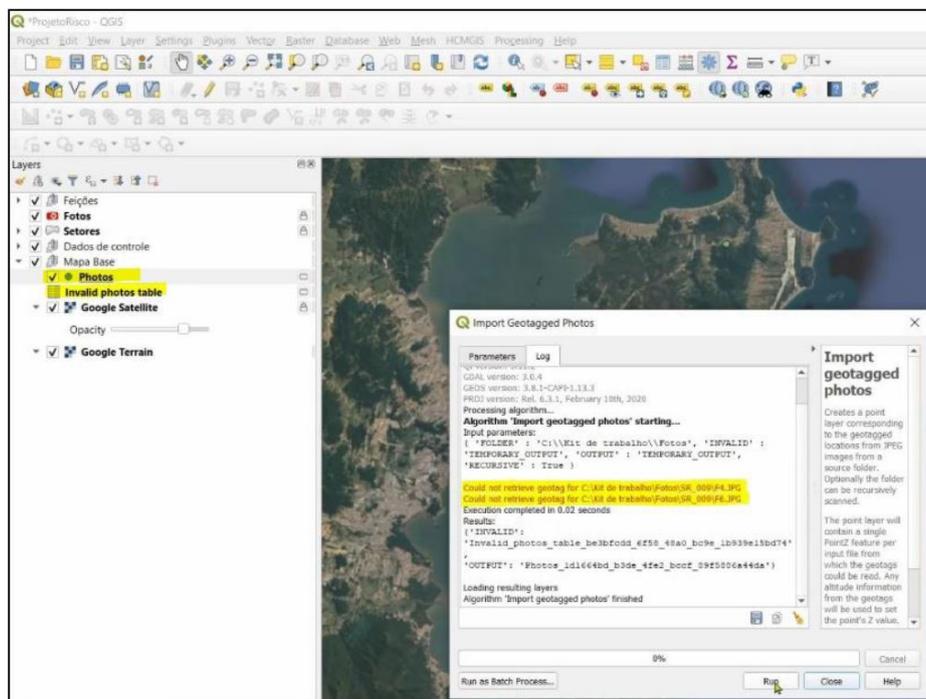


Figura 09 - Fotos não georreferenciadas apontadas pela ferramenta *import geotagged photos*.

Nesse caso, selecione a camada *photos* na aba lateral esquerda, abra edição e adicione os pontos referentes às fotos não georreferenciadas, utilizando as ferramentas grifadas em amarelo na Figura 10.

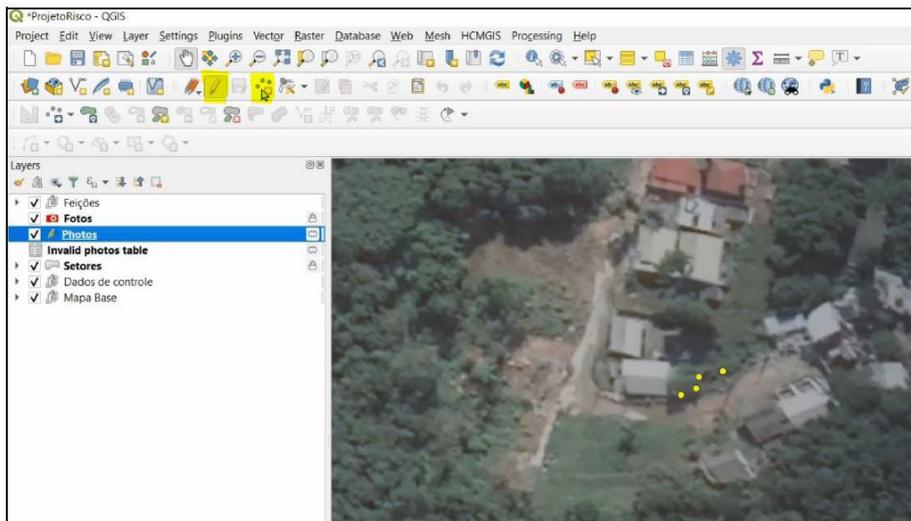


Figura 10 - Procedimento para adicionar a posição das fotos não georreferenciadas.

Ao adicionar o ponto no local desejado, abrirá a caixa *photos – features attributes*, conforme Figura 11.

Abra a tabela de atributos da camada *invalid photos table* e transfira os dados dessa tabela para a caixa *photos – features attributes*, copiando e colando as informações nos campos de mesmo nome (Figura 11).

Ao terminar essa etapa, feche e salve a edição clicando no ícone de lápis.

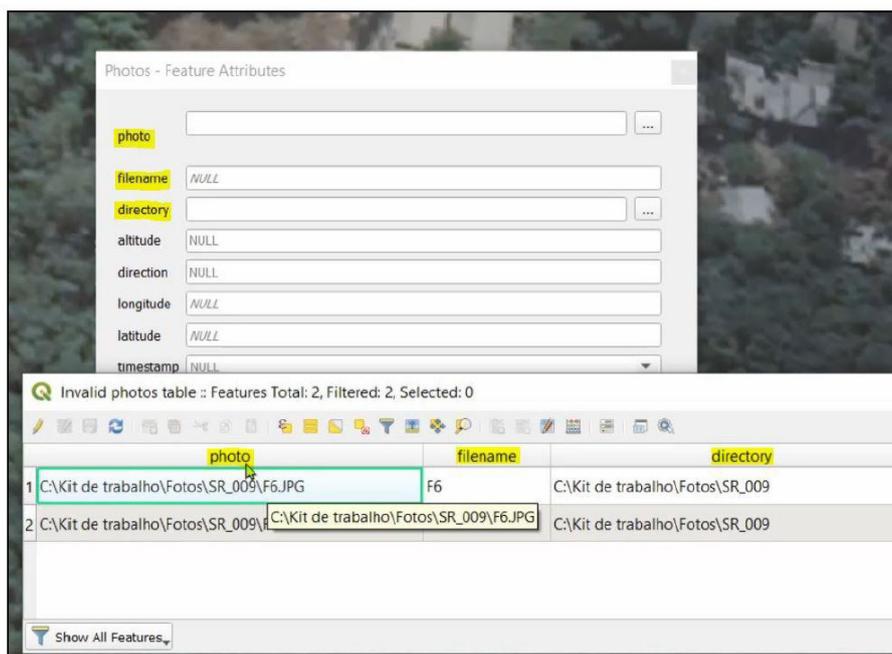


Figura 11 - Procedimento para transferir os atributos para os pontos adicionados.

Para transferir os pontos e seus respectivos atributos para a camada definitiva fotos, abra a edição da camada. Em seguida, clique na camada *photos* e abra sua tabela de atributos. Clique em *select all* ou pressione Ctrl+A para selecionar todas as informações da tabela de atributos da camada *photos*.

Copie as informações selecionadas (Ctrl+C), feche a tabela de atributos e clique sobre a camada fotos, na aba esquerda, pressionando (Ctrl+V) em seguida. Clique em *paste all (including invalid)*.

Abra a tabela de atributos da camada fotos e confira se todas as informações foram copiadas com sucesso. Em caso positivo, feche a edição e salve.

Remova as camadas temporárias *photos* e *invalid photos table*.

Ajuste da posição das fotos

Caso seja necessário ajustar a posição das fotos, clique sobre a camada fotos e abra sua edição, clicando no ícone de lápis amarelo.

Selecione a ferramenta *move feature*, grifada em amarelo na Figura 12.

Em seguida, clique sobre o ícone da foto que deseja mover e depois no ponto para onde deseja movê-la. Feche a edição e salve.

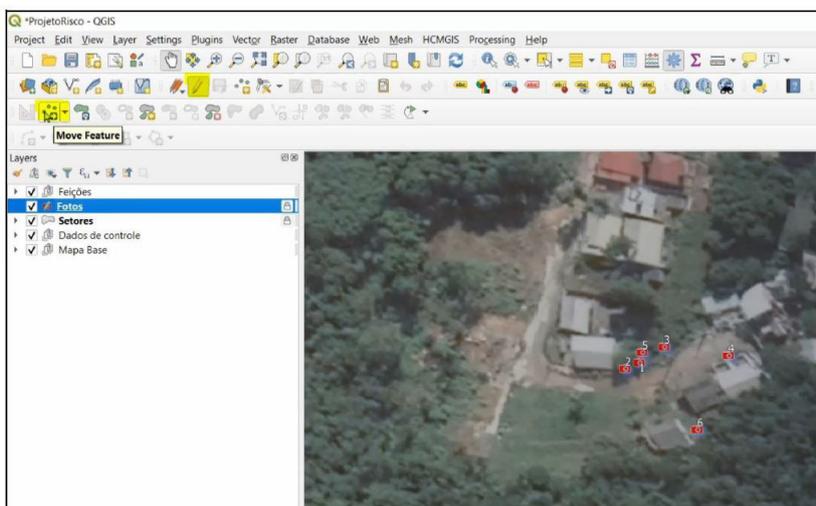


Figura 12 - Procedimento para mover a posição das fotos.

Delimitação das áreas de risco

Atenção:

Considerando a escala de trabalho e o conceito de risco geológico, os polígonos não devem englobar grandes porções do território sem ocupação humana.

Selecione a camada setores, abra a edição e utilize a ferramenta *add polygon feature*, conforme grifado em amarelo na Figura 13.

Com o botão esquerdo do mouse, selecione os vértices do polígono e, após adicionar o último vértice, clique com o botão direito do mouse (Figura 13).

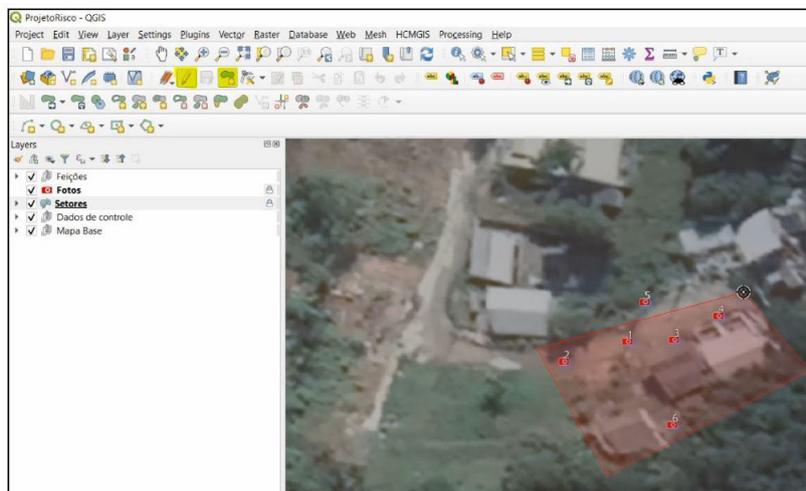


Figura 13 - Procedimento inicial para delimitar as áreas de risco.

Atenção:

Os setores de risco **não devem se sobrepor**. Caso seja necessário indicar mais de um processo em uma mesma região, devem ser utilizados os cinco campos para inclusão de novas tipologias: TIPOLOGIA G2, TIPOLOGIA E2, TIPOLOGIA G3, TIPOLOGIA E3...TIPOLOGIA G5, TIPOLOGIA E5.

Considerando as informações coletadas em campo, preencha os atributos navegando entre as abas da janela setores – *feature attributes* e clique em OK quando finalizar (Figura 14).

O botão OK somente se ativa quando todos os atributos obrigatórios são preenchidos.

Salve a edição e repita o procedimento para desenhar novas áreas de risco.

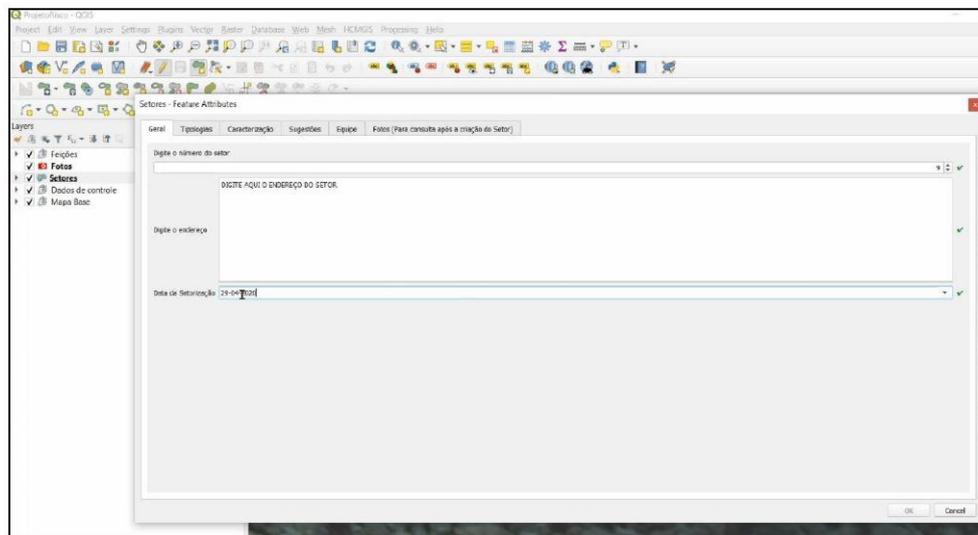


Figura 14 - Procedimento para preencher os atributos dos setores de risco.

Adição de feições nas áreas de risco

Selecione a feição que deseja inserir, abra a edição e utilize a ferramenta *add line feature*, conforme grifado em amarelo na Figura 15.

Com o botão esquerdo do mouse, desenhe os vértices da feição e, para finalizar, clique com o botão direito do mouse.

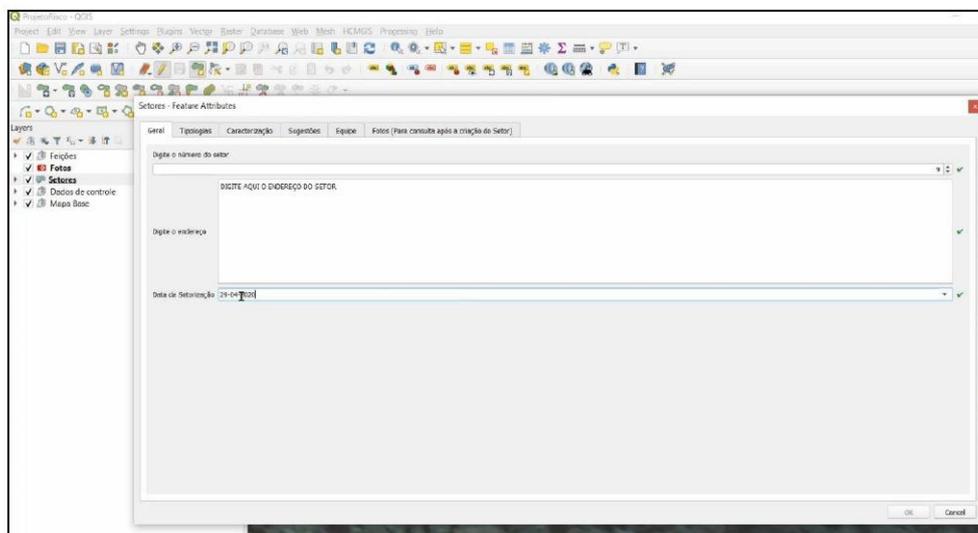


Figura 15 - Procedimentos para inserir feições nas áreas de risco.

Para feições de drenagem, existe a opção de inserir o nome do curso d'água (não obrigatório) (Figura 16). Defina em qual setor você deseja que a feição apareça e, em seguida, clique em OK (Figura 16). Repita o procedimento para adicionar outras feições.

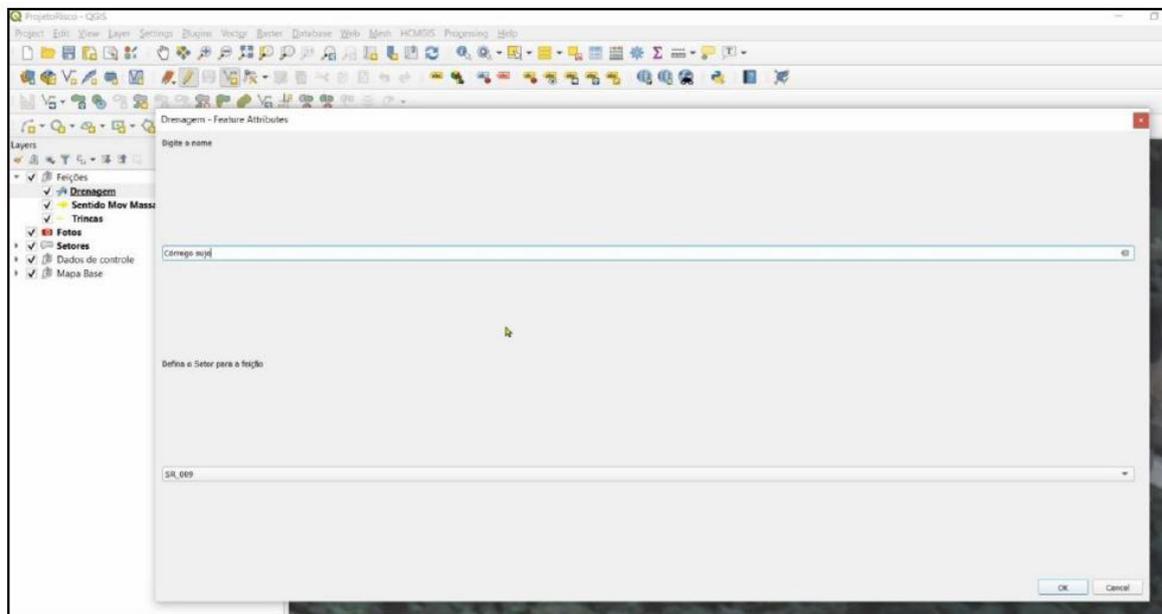


Figura 16 - Procedimentos para preencher os atributos das feições inseridas nas áreas de risco.

Como exportar os layouts

Clique na opção *show layout manager*, selecione o layout que deseja exportar (mapa índice ou setores) e em seguida clique em *show* (Figura 17).

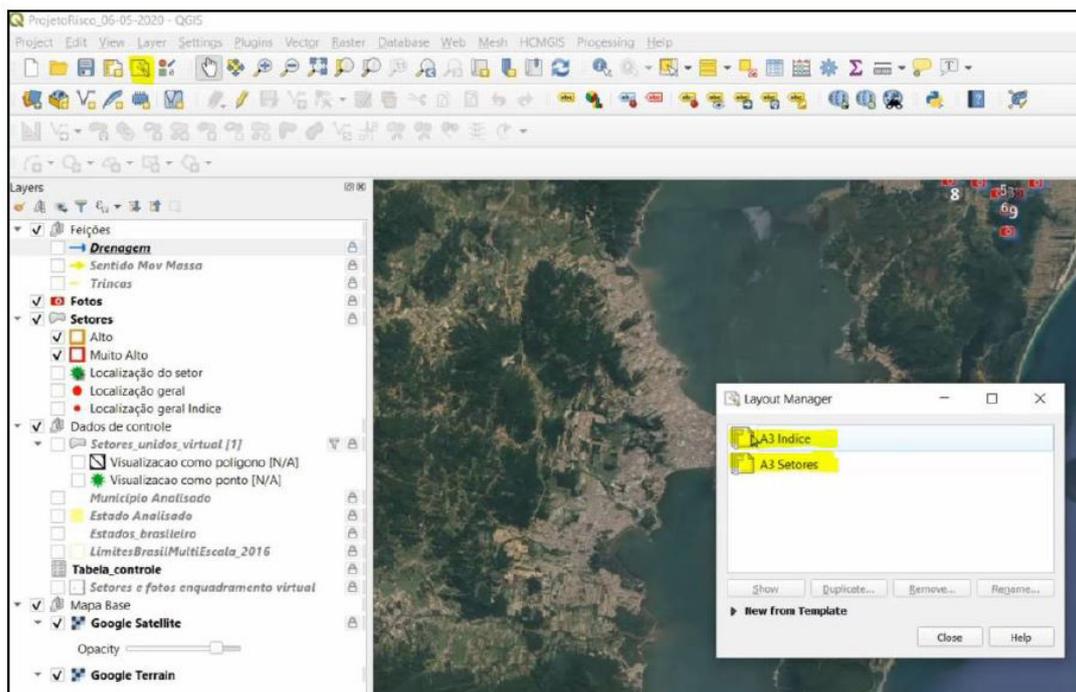


Figura 17 - Procedimentos para abrir o gerenciador de leiaute.

VOLUME 3 – VERSÃO 1
SETORIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO

Clique em *preview atlas* para gerar os *leiautes* e utilize as setas para navegar entre as pranchas (Figura 18).

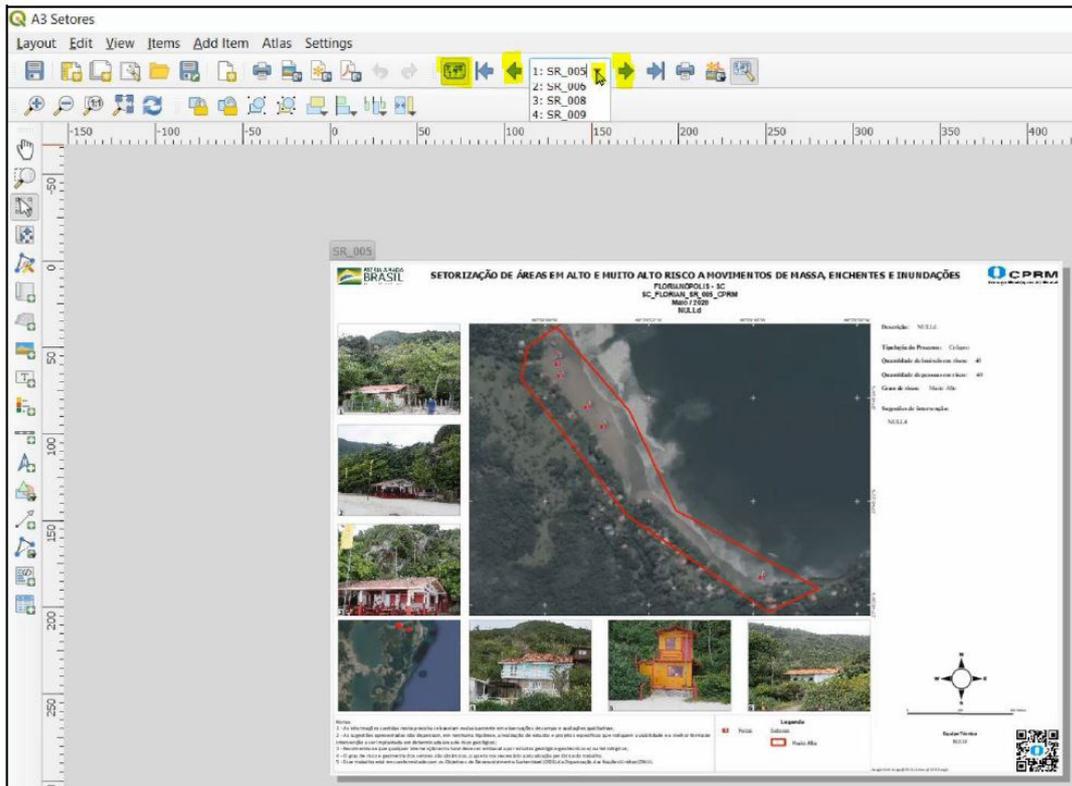


Figura 18 - Procedimentos para gerar os leiautes.

Na janela atlas, localizada no canto direito da tela, desmarque a opção *single file export when possible*, para exportar uma prancha em cada arquivo PDF. No campo *output filename expression.*, preencher com a expressão: "||NUM_SETOR (Figura 19).

Para exportar, utilize a opção *export atlas as PDF*, mapeie a localização da pasta kit de trabalho, selecione a pasta pranchas e clique em *save* (Figuras 20 e 21).

Repita os mesmos procedimentos para visualizar e exportar o mapa índice.

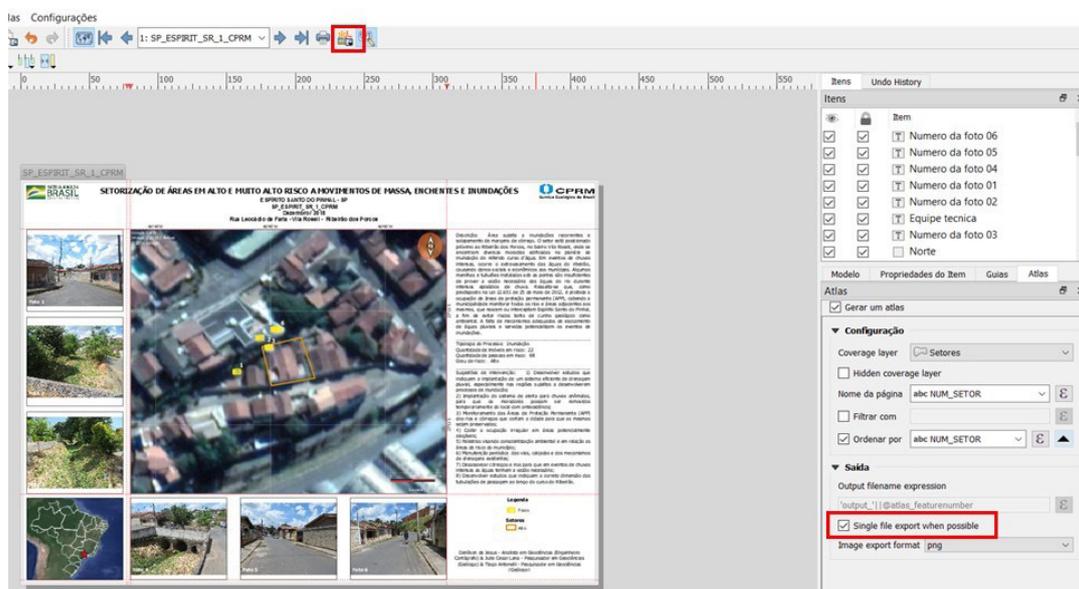


Figura 19 - Procedimentos para gerar os leiautes.

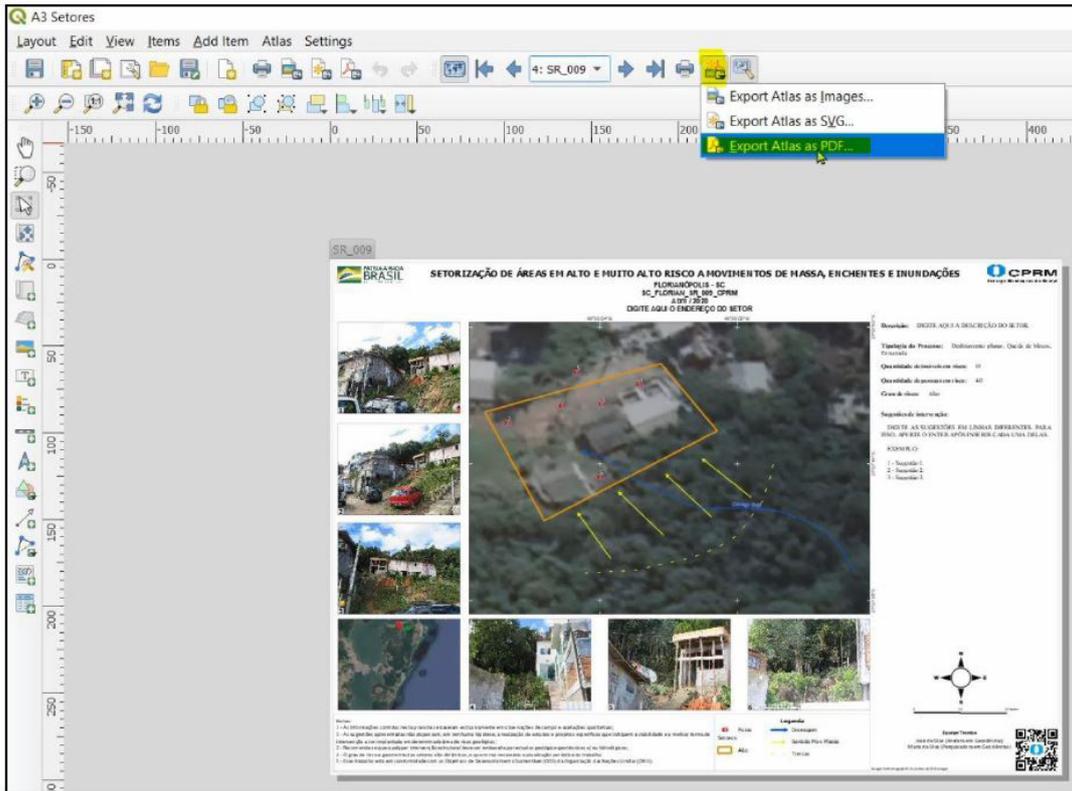


Figura 20 - Procedimentos para exportar os leiautes.

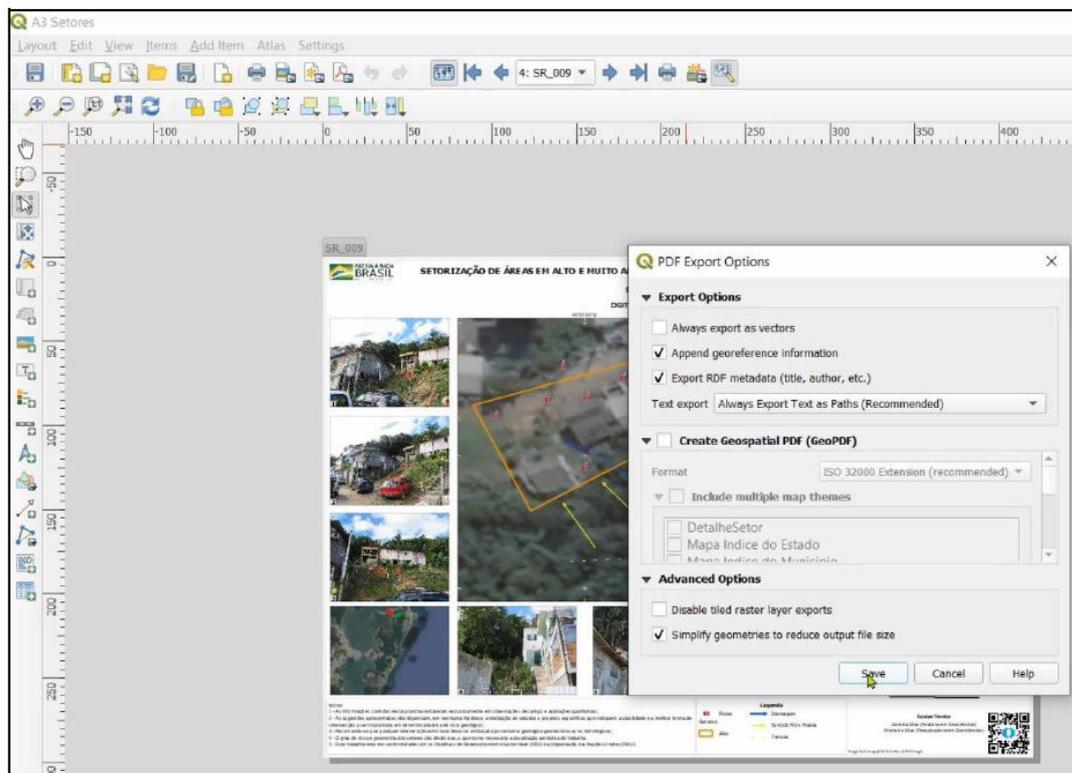


Figura 21 - Procedimentos para exportar os leiautes.

APÊNDICE 3

Quadro 1 - Tabela de atributos da camada setores.

NOME DO CAMPO	ALIAS	TIPO	PREENCHIMENTO OBRIGATÓRIO	DESCRIÇÃO
FID	-----	-----	PREENCHIMENTO AUTOMÁTICO	Campo de preenchimento automático
ID	-----	-----	PREENCHIMENTO AUTOMÁTICO	Campo de preenchimento automático
UF	Unidade da Federação	Texto	SIM	Unidade da federação a qual o município mapeado pertence.
MUNIC	Município mapeado	Texto	SIM	Município mapeado
LOCAL	Endereço	Texto	SIM	Endereço de referência do setor de risco mapeado
DATA_SETOR	Data da setorização	Texto	SIM	Data da setorização
TIPOLO_G1	Tipologia geral 1	Texto	SIM	Tipologia geral 1 identificada na área de risco.
TIPOLO_E1	Tipologia específica 1	Texto	NÃO	Tipologia específica 1 identificada na área de risco.
COBRADE_01	Código Cobrade 1	Texto	SIM	Código Cobrade referente à tipologia 1
TIPOLO_G2	Tipologia geral 2	Texto	NÃO	Tipologia geral 2 identificada na área de risco.
TIPOLO_E2	Tipologia específica 2	Texto	NÃO	Tipologia específica 2 identificada na área de risco.
COBRADE_02	Código Cobrade 2	Texto	NÃO	Código Cobrade referente à tipologia 2
TIPOLO_G3	Tipologia geral 3	Texto	NÃO	Tipologia geral 3 identificada na área de risco.
TIPOLO_E3	Tipologia específica 3	Texto	NÃO	Tipologia específica 3 identificada na área de risco.
COBRADE_03	Código Cobrade 3	Texto	NÃO	Código Cobrade referente à tipologia 3
TIPOLO_G4	Tipologia geral 4	Texto	NÃO	Tipologia geral 4 identificada na área de risco.
TIPOLO_E4	Tipologia específica 4	Texto	NÃO	Tipologia específica 4 identificada na área de risco.
COBRADE_04	Código Cobrade 4	Texto	NÃO	Código Cobrade referente à tipologia 4
TIPOLO_G5	Tipologia geral 5	Texto	NÃO	Tipologia geral 5 identificada na área de risco.
TIPOLO_E5	Tipologia específica 5	Texto	NÃO	Tipologia específica 5 identificada na área de risco.
COBRADE_05	Código Cobrade 5	Texto	NÃO	Código Cobrade referente à tipologia 5
SITUACAO	Situação do setor de risco	Texto	SIM	Situação do setor de risco
DESCRICAO	Descrição do setor de risco	Texto	SIM	Descrição do setor de risco
OBS_OCUP	Observação da ocupação	Texto	NÃO	Observações relativas à ocupação
GRAU_VULNE	Grau de vulnerabilidade	Texto	SIM	Grau de vulnerabilidade das edificações e pessoas que habitam o setor de risco mapeado
GRAU_RISCO	Grau de risco	Texto	SIM	Grau de risco da área mapeada
SUG_INTERV	Sugestões de intervenção	Texto	SIM	Sugestões para intervenção
ORGAO_EXEC	Órgão executor	Texto	SIM	Órgão executor
PROJETO	Nome do projeto	Texto	SIM	Nome do projeto
EQUIPE_EXECUTORA	Equipe executora	Texto	SIM	Equipe que executou a setorização
CD_GEOCMU	Código do município (IBGE)	Número inteiro	SIM	Código do município (IBGE)
SEQUENCIA	Número do setor	Número inteiro	SIM	Número do setor
NUM_EDIF	Número de edificações	Número inteiro	SIM	Número aproximado de edificações inseridas no setor mapeado
SIGLA_RISCO	Código da área de risco	Texto	SIM	Código da área de risco
M_TIPOLO	Número de tipologias	Texto	SIM	Número de tipologias presentes no setor de risco mapeado
NUM_PESS	Número de pessoas	Número inteiro	SIM	Número aproximado de pessoas que habitam o setor de risco mapeado.

VOLUME 3 – VERSÃO 1
SETORIZAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO

Quadro 2 - Tabela de atributos da camada fotos.

NOME DO CAMPO	ALIAS	TIPO	PREENCHIMENTO OBRIGATÓRIO	DESCRIÇÃO
FID	-----	-----	PREENCHIMENTO AUTOMÁTICO	Campo de preenchimento automático
PHOTO	Caminho absoluto	Texto	SIM	Caminho absoluto das fotos utilizadas no trabalho.
FILENAME	Nome da foto	Texto	SIM	Nome dos arquivos fotográficos utilizados no trabalho.
ALTITUDE	Altitude	Texto	NÃO	Altitude do local onde foi tirada a foto.
DIRECTION	Azimute	Texto	NÃO	Azimute da foto.
LONGITUDE	Longitude	Texto	NÃO	Longitude do local onde foi tirada a foto.
LATITUDE	Latitude	Texto	NÃO	Latitude do local onde foi tirada a foto.
TIMESTAMP	Data	Texto	SIM	Data da foto
PATH_RELATIVO	Caminho relativo	Texto	SIM	Caminho relativo das fotos utilizadas no trabalho.
CD_SETOR	Setor	Texto	SIM	Código do setor de risco ao qual a foto pertence
NUM_FOTOS	-----	Inteiro	SIM	Número de fotos.

Quadro 3 - Tabela de atributos das feições trincas, sentido do movimento de massa, drenagem, degrau de abatimento e borda erosiva.

NOME DO CAMPO	TIPO	PREENCHIMENTO OBRIGATÓRIO	DESCRIÇÃO
FID	-----	PREENCHIMENTO AUTOMÁTICO	Campo de preenchimento automático
CD_SETOR	Texto	SIM	Código do setor ao qual a feição pertence.

Quadro 4 - Tabela de atributos da feição rios.

NOME DO CAMPO	TIPO	PREENCHIMENTO OBRIGATÓRIO	DESCRIÇÃO
FID	-----	PREENCHIMENTO AUTOMÁTICO	Campo de preenchimento automático
NOME	Texto	NÃO	Nome do curso d'água
CD_SETOR	Texto	SIM	Código do setor ao qual a feição pertence.

Quadro 5 - Tabela de atributos da camada estado_analisado_vw e estados_brasileiros.

NOME DO CAMPO	TIPO	DESCRIÇÃO
FID	-----	Campo de preenchimento automático
UF	Texto	Unidade da Federação a qual o município mapeado pertence.
CD_GEOCUF	Texto	Código da unidade da Federação (IBGE) a qual o município mapeado pertence.
NM_ESTADO	Texto	Nome da unidade da Federação (IBGE) a qual o município mapeado pertence.
NM_REGIÃO	Texto	Nome da região do país a qual o município mapeado pertence.
SHAPE LENG	Real	Comprimento máximo do polígono
SHAPE AREA	Real	Área do polígono

Quadro 6 - Tabela de atributos da camada Estatísticas.

NOME DO CAMPO	TIPO	DESCRIÇÃO
FID	-----	Campo de preenchimento automático
CLASSES	Texto	Grau de risco das áreas mapeadas.

Quadro 7 - Tabela de atributos da camada Limite Multiescala.

NOME DO CAMPO	TIPO	DESCRIÇÃO
FID	-----	Campo de preenchimento automático
UF	Texto	Unidade da Federação a qual o município mapeado pertence.
CD_GEOCMU	Texto	Código do município (IBGE).
NM_MUNICIP	Texto	Nome do município em caixa alta.
FONTE	Texto	Fonte dos dados.
NOME	Texto	Nome do município.
SIGLA_RISC	Texto	Sigla utilizada na nomenclatura dos setores de risco.
ANODEREFER	Real	Ano de referência do limite municipal.

Quadro 8 - Tabela de atributos da camada Tabela_controle.

NOME DO CAMPO	TIPO	DESCRIÇÃO
FID	-----	Campo de preenchimento automático
A	Texto	Tipologia geral
B	Texto	Tipologia específica
Cobrade	Texto	Código Cobrade
A1	Texto	Tipologia geral

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de 17 *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em três grandes linhas de atuação:

- Geologia e Recursos Minerais;
- Geologia Aplicada e Ordenamento Territorial;
- Hidrologia e Hidrogeologia.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICO DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



PREVISÃO DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



Maiores informações: <http://www.cprm.gov.br/publique/Sobre-a-CPRM/Responsabilidade-Social/Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentavel---ODS-319>

ISBN 978-65-5664-096-9

Sede Brasília

Setor Bancário Norte - SBN
Quadra O2, Aça Norte
Bloco H - Edifício Central Brasília
Brasília - DF - CEP: 70040-904
Tel.: (61) 2108-8400

Escritório Rio de Janeiro - ERJ

Av. Pasteur, 404 - Urca
Rio de Janeiro - CEP: 22290-255
Tel.: (21) 2295-0032

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Tel.: (21) 2295-8248
(21) 2546-0214

Departamento de Gestão Territorial

Tel.: (21) 2295-6147
(21) 2546-0419

Divisão de Geologia Aplicada

Tel.: (31) 3878-0304

Divisão de Gestão Territorial

Tel.: (71) 3878-0304

Ouvidoria

Tel.: 21 2295-4697
ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário - SEUS

Tel.: 21 2295-5997
seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br

2021



 **SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM**

**SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

**MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA**

**MINISTÉRIO DA
ECONOMIA**

 **PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

