

---

## Mapping of geological risk in an area in the municipality of Francisco Morato - SP

### Mapeamento de risco geológico em área no município de Francisco Morato - SP

Received: 10-02-2024 | Accepted: 15-03-2024 | Published: 21-03-2024

---

#### Alexandre de Tarso Silva Bedin

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1023-9560>

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil

E-mail: alexandredearsobedin@gmail.com

#### Alberto Alonso Lázaro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2517-1805>

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil

E-mail: alberto.alonso@mackenzie.br

---

#### ABSTRACT

The municipality of Francisco Morato is the scene of a considerable number of episodes of gravitational mass movements (landslides) and floods. This work presents the concepts that guide the analysis of landslides and floods, the assessment of geological risks, the geological contextualization of the municipality of Francisco Morato, the description of a geological risk mapping area, the development of risk mapping in the described area, the definition of the degrees of geological risk in the sectors of the mapped area and the list of recommendations for mitigating the risks studied.

**Keywords:** Geological risk; Slips; Floods; Disaster prevention.

---

#### RESUMO

O município de Francisco Morato é palco de uma quantidade considerável de episódios de movimentos gravitacionais de massa (escorregamentos) e de inundações. O presente trabalho apresenta os conceitos que norteiam uma análise de escorregamentos e inundações, a avaliação de riscos geológicos, a contextualização geológica do município de Francisco Morato, a descrição de uma área de mapeamento de risco geológico, o desenvolvimento do mapeamento de risco na área descrita, a definição dos graus de risco geológico nos setores da área mapeada e a relação de recomendações para a mitigação dos riscos estudados.

**Palavras-chave:** Risco geológico; Escorregamentos; Inundações; Prevenção de desastres.

## INTRODUÇÃO

Os desastres naturais configuram-se como uma problemática alarmante nos tempos atuais, ameaçando as comunidades locais e destruindo as vidas dos moradores. Na região metropolitana de São Paulo, a presença de construções sem planejamento e qualidade, fruto das desigualdades sociais e econômicas, impulsionou a ocupação de zonas propícias a acidentes naturais, como enchentes e escorregamentos de massa.

No que tange aos desastres naturais, os estudos relacionados a deslizamentos de áreas vulneráveis ocupadas ganharam notoriedade após diversos acidentes no contexto brasileiro. Isso ocorreu, uma vez que esses eventos envolveram uma quantia considerável de perda de vidas humanas e danos materiais.

Essa pesquisa tem como objetivo contribuir com a prevenção de desastres naturais, especialmente escorregamentos de massa em encostas e inundações, para a posterior mitigação desses riscos; através de um estudo profundo das causas das instabilidades em encostas e enchentes e análise minuciosa da eficácia dos métodos de redução dos impactos desses fenômenos. O estudo ainda propõe recomendações para mitigação dos riscos de escorregamentos e inundações.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir são apresentados os conceitos utilizados na compreensão dos escorregamentos, inundações e avaliação de riscos geológicos.

### **Desastres naturais**

No decorrer da história, a humanidade transformou sua percepção sobre a natureza, fomentando um sentimento errôneo de superioridade tecnológica, em função dos avanços da civilização. Exemplos como as inundações em New Orleans durante o Furacão Katrina (2005) e o terremoto de Kobe no Japão (1995) demonstram que até mesmo as nações mais preparadas podem ser surpreendidas por eventos naturais. (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

Acidentes naturais, tais como deslizamentos, inundações, terremotos e furacões podem ser causados por diversos fatores. A ocupação humana feita de maneira inadequada e indiscriminada aumentou a ocorrência desses eventos, tendo em vista que, recorrentemente, áreas com alto grau de risco são ocupadas.

Ademais, pesquisas recentes indicam que questões como o aquecimento global estão relacionadas ao aumento das temperaturas climáticas. Dessa forma, eventos como temporais, chuvas intensas e estiagens se tornam cada vez mais recorrentes, levando a um aumento nos casos de acidentes (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

### **Erosão continental**

Erosão continental caracteriza-se pelo processo de desgaste e retirada de solo e agentes protetores do solo da superfície da terra e pode ser ocasionado pela ação das águas pluviais e fluviais e por causas antrópicas. Dentre os diversos tipos de erosão continental, pode-se citar:

- Erosão hídrica: Ocorre quando um volume de água das chuvas ou de um rio transporta partículas e sedimentos, ocasionando sulcos.
- Erosão antrópica: Decorrente de ações humanas. Dentre elas está o desmatamento, a construção civil, e a agricultura inadequada, que deixam o solo exposto aos agentes erosivos.

A erosão pode causar impactos alarmantes, entre eles a degradação do solo, a infertilidade do solo, assoreamento e degradação de ecossistemas. (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009)

### **Influência do clima**

O clima refere-se às condições meteorológicas médias de longo prazo em uma região, incluindo padrões de temperatura, umidade, precipitação e ventos. O tempo, por sua vez, descreve as condições atmosféricas momentâneas em um determinado momento e local.

Desastres naturais, como enchentes, secas, furacões e deslizamentos de terra, muitas vezes estão ligados a padrões climáticos extremos ou eventos climáticos intensificados. Mudanças climáticas, influenciadas por fatores humanos, podem agravar a frequência e a intensidade desses desastres (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

### **Colapso e Subsidência do Solo**

Colapso e subsidência do solo são processos em que uma área de terra sofre afundamento, ocasionando recalques.

O colapso do solo é caracterizado pela depressão no terreno causada por camadas de rocha que cedem em função de um carregamento. Dentre as causas dos colapsos estão processos como a dissolução de rochas calcárias ou atividade vulcânica, e ações antrópicas, como a extração de minérios.

A subsidência, no entanto, é o afundamento gradual da superfície de uma determinada área, podendo ser consequência de drenagens de lençóis freáticos, compactação de solos para a construção civil, dentre outros. Dessa maneira, esse processo pode levar a problemáticas como o afundamento de construções e comprometimento de tubulações, além de alterar a dinâmica do ecossistema local (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

### **Escorregamentos de massa**

Os escorregamentos de massa são eventos em que, pela força da gravidade, um determinado volume desliza sobre a superfície em um plano inclinado. Esses deslizamentos são categorizados e cada um possui características e causas específicas.

Quando a uma determinada massa de solo se desloca por uma superfície de ruptura curva em um padrão circular ou semicircular, ele é chamado de escorregamento rotacional e é comum em encostas de pouco declive com solos espessos e homogêneos.

Já, quando o volume de solo ou rocha se desloca em uma superfície de falha plana, é classificado como escorregamento translacional e é recorrente em encostas que possuem um declive mais acentuado e solos e rochas mais heterogêneos.

O escorregamento em cunha é caracterizado por uma porção de rocha em formato de prisma que se movimenta entre duas superfícies planares instáveis. Ocorrem recorrentemente em taludes de corte ou encostas que sofreram remoção da vegetação ciliar. (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

### **Enchentes e Inundações**

Enchentes e inundações ocorrem quando há um transbordamento de um rio ou córrego, sendo geralmente causados por altos índices pluviométricos, derretimento de neve e marés altas. As inundações podem ser categorizadas como fluviais, onde um corpo d'água tem seu nível elevado rapidamente, e pluviais, onde chuvas intensas acarretam uma concentração de água. (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

## **Corridas de Massa**

Corridas de massa são causadas, entre outros motivos, por altos índices pluviométricos. São caracterizadas por movimentos repentinos e velozes de volumes de lama, detritos e rochas em encostas, configurando sério risco às áreas afetadas. (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

## **Tombamentos**

Os tombamentos são, recorrentemente, consequência da erosão, alta umidade do solo, atividade sísmica, dentre outros. Ocorrem de modo semelhante a um bloco de solo ou rocha se desprendendo e atritando com a superfície. Devido à variação na magnitude do volume de solo ou rocha, podem ser menores e localizados ou mais massivos, acarretando riscos alarmantes. (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

## **Gerenciamento de Desastres Naturais**

O gerenciamento de desastres naturais é um processo dividido em fases, que vão desde a identificação do risco, até a prevenção para mitigar esses eventos. Cada uma das fases requer diferentes agentes para sua execução.

A primeira etapa é a prevenção, que envolve mapear o grau de vulnerabilidade em que as comunidades analisadas se encontram. Assim, os potenciais riscos, como moradias possivelmente afetadas e pessoas em locais perigosos são identificados e, a partir disso, são formulados mapas temáticos de risco e outras ferramentas que auxiliam a defesa civil e os demais agentes responsáveis a tomar as medidas de mitigação.

A próxima etapa é a de preparação para eventuais desastres, em que são elaborados planos de emergência, treinamentos e exercícios a fim de garantir que a comunidade e as autoridades responsáveis estejam aptas a gerenciar possíveis acidentes.

Em seguida, ocorre a etapa de resposta, na qual o desastre já ocorreu e as autoridades entram em ação para salvar vidas e fornecer apoio às comunidades.

A próxima etapa corresponde ao pós-desastre e visa reconstruir parte do que foi perdido e devolver aos cidadãos sua vida cotidiana. Essa é uma fase de longo prazo, já que os agentes de apoio e as comunidades tentam reconstruir as estruturas danificadas, fornecer apoio médico e emocional aos atingidos e reestabelecer a normalidade nessas áreas afetadas.

A última fase é a de preparação para desastres posteriores. Nela, são tomadas medidas de mitigação de riscos e reavaliação dos planos e estratégias. (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009).

## DESENVOLVIMENTO DO MAPEAMENTO DE RISCO GEOLÓGICO

### Contexto geológico de Francisco Morato

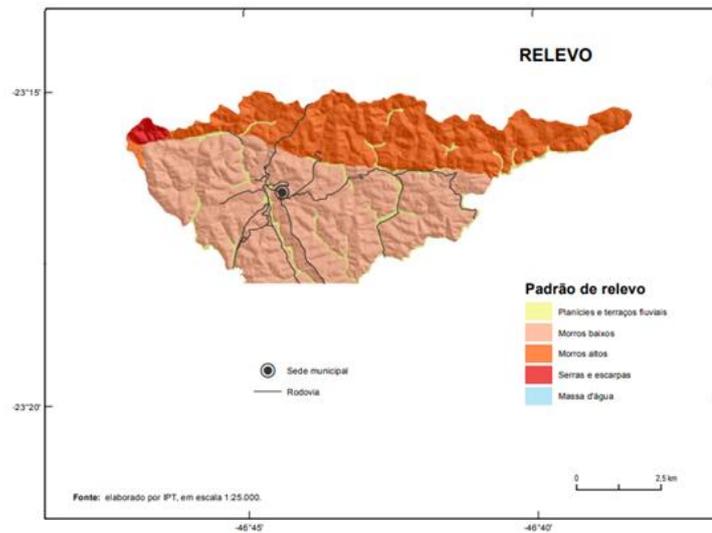
O município de Francisco Morato, situado no estado de São Paulo, apresenta uma diversidade marcante em seu relevo e geologia, contribuindo para a riqueza ecológica e paisagística da região.

Em termos de altitude, o município exibe uma variação notável, oscilando entre 734 e 1047 metros acima do nível do mar. Essa amplitude altimétrica contribui para a formação de diferentes formas de relevo que caracterizam a paisagem local.

Dentre as formas de relevo presentes em Francisco Morato, destacam-se as serras e escarpas, que conferem um aspecto montanhoso a certas áreas. Além disso, o município apresenta morros altos e morros baixos, proporcionando uma topografia variada. A presença de planícies e terraços fluviais completa o quadro, revelando a influência dos processos fluviais na configuração da paisagem. Os mapas de relevo e declividade no município de Francisco Morato estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

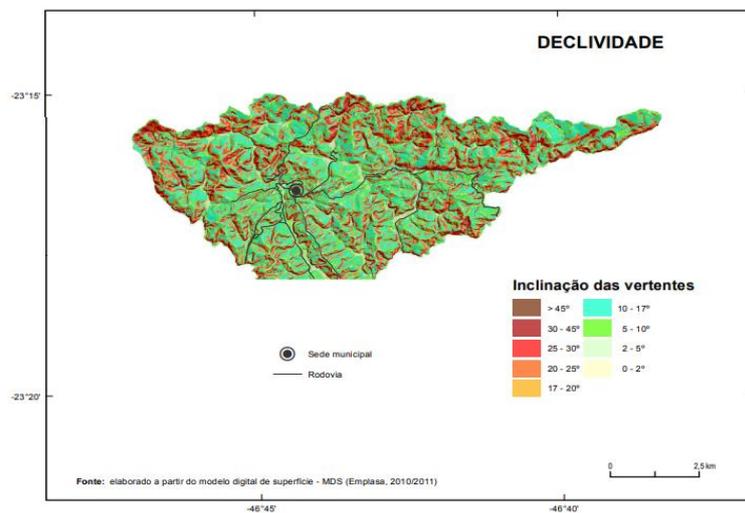
Do ponto de vista geológico, Francisco Morato é marcado por uma diversidade de litologias que compõem seu substrato. Entre essas litologias, encontramos micaxistos, meta-arenitos, filitos, migmatitos, gnaiss graníticos, argilas, areias, cascalhos e aluviões fluviais. Essa composição geológica diversificada não apenas influencia as características do relevo, mas também desempenha um papel crucial na definição da flora e fauna locais (LÁZARO, 2021).

**Figura 1 - Relevo do Município de Francisco Morato**



Fonte: IPT-CPRM (2013)

**Figura 2 – Mapa de declividade do Município de Francisco Morato**



Fonte: IPT-CPRM (2013)

### Descrição da área de mapeamento

A área de mapeamento está localizada no bairro Jardim Nossa Senhora do Rosário, Francisco Morato, São Paulo. É caracterizada por conter diversas moradias irregulares, fato que intensifica as problemáticas de risco geológico.

Possui um relevo ondulado e altitude que varia de 808 m até 864 m acima da linha do mar. Na Figura 3, é possível observar a variação da altitude através do mapa de curvas de nível da área em questão.

A partir das curvas de nível elaboradas pelo Laboratório de Geotecnologias Mackenzie (LABGEO, 2023a) observa-se que a área em questão possui altitude mais

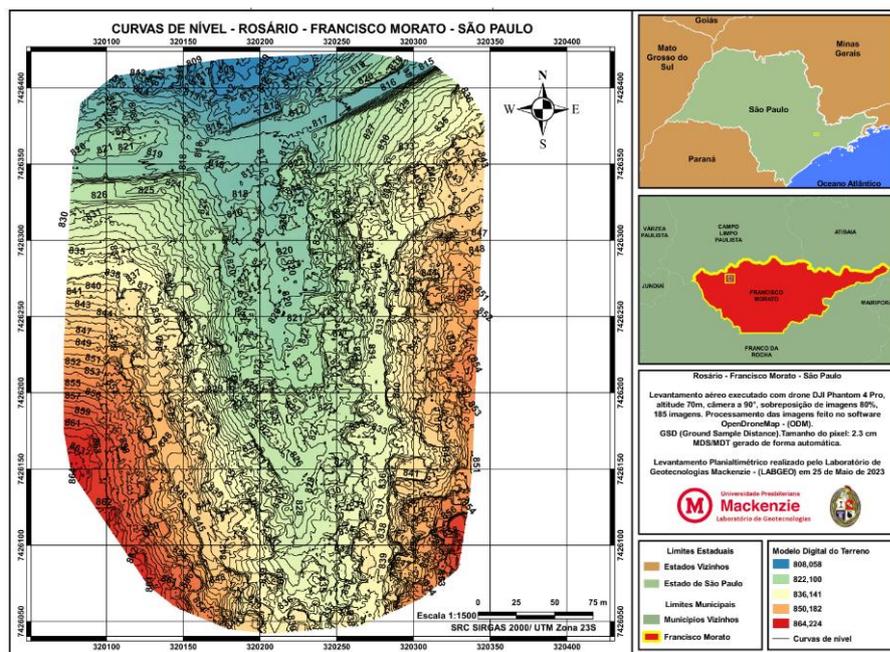
elevada nas regiões periféricas, o que acarreta a formação de um vale nas partes centrais. A geometria de seu relevo torna a área sujeita a enchentes e inundações nas partes menos elevadas, além de acarretar fenômenos como escorregamentos e outros movimentos gravitacionais de massa.

A fim de compreender de maneira mais profunda o relevo e a declividade do terreno em questão, foram traçados dois cortes com extremidades nos pontos A-B e C-D, como demonstrado na Figura 4.

Entre as extremidades de cada corte, registrou-se pontos auxiliares para que se pudesse determinar as declividades do terreno entre eles. Os pontos em questão são representados nas Figuras 5 e 6.

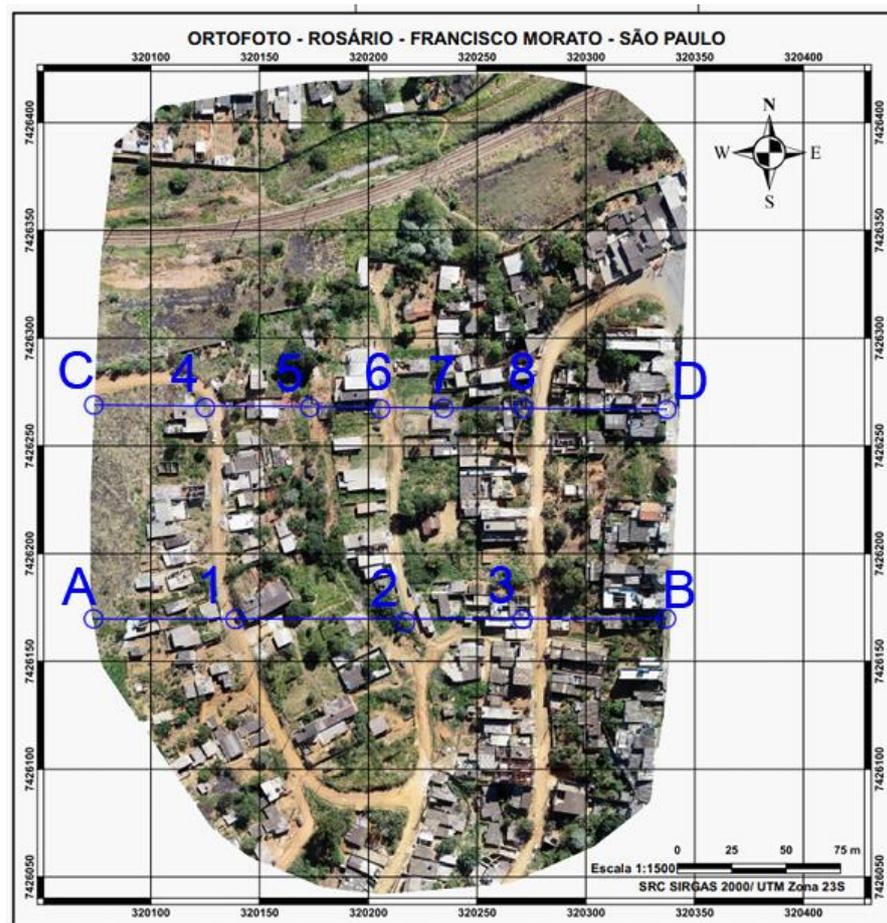
A partir dessas figuras, foi possível identificar mais precisamente o perfil do terreno da área de mapeamento.

**Figura 3** – Curvas de nível no Bairro do Rosário em Francisco Morato



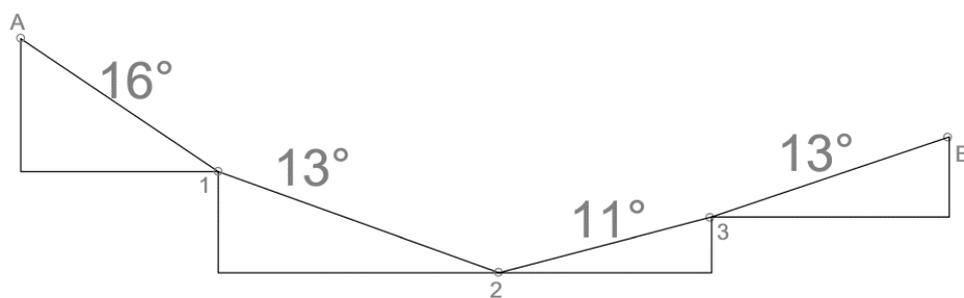
Fonte: LABGEO (2023a)

**Figura 4** – Ortofoto do Bairro do Rosário em Francisco Morato

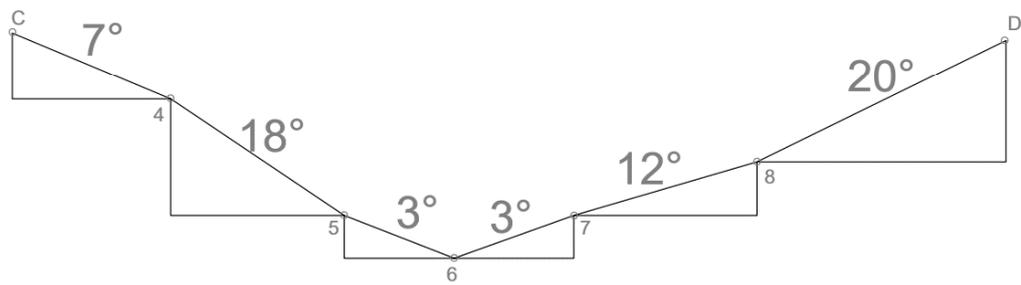


Fonte: LABGEO (2023b), modificada pelo autor

**Figura 5** – Seção A – B



Fonte: Próprio autor (2023)

**Figura 6 – Seção C – D**

Fonte: Próprio autor (2023)

### Setorização da área escolhida para o mapeamento

Para o desenvolvimento do projeto, a área de mapeamento foi setorizada de acordo com o risco geológico mais preponderante em cada área. Sendo assim, a área em questão foi dividida em duas zonas, como na Figura 7:

A Zona 1 (Z1) foi considerada risco de inundação em função de relatos de moradores locais e colaboradores da Defesa Civil de Francisco Morato. Além disso, foi observado indícios de alagamentos anteriores em algumas moradias irregulares, como na Figura 8.

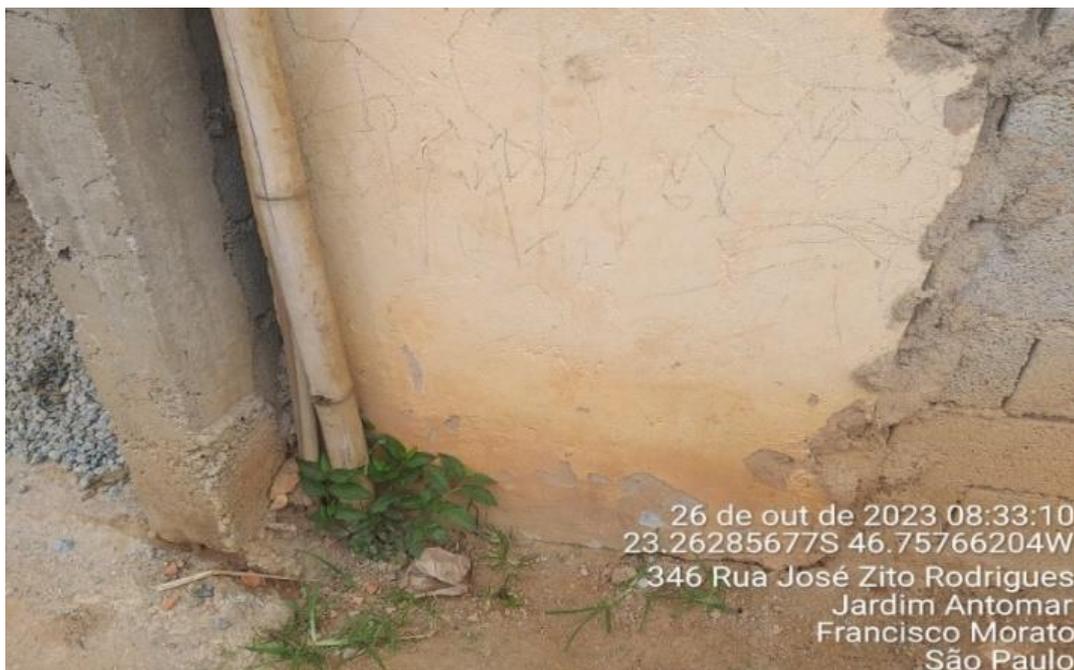
A Zona 2 (Z2) foi classificada como risco de escorregamento de massas de acordo com relatos de moradores locais e de colaboradores da Defesa Civil do município. Na Figura 9, é possível identificar taludes com declividade elevada, o que também influenciou a setorização.

**Figura 7** – Setorização de riscos no Bairro do Rosário em Francisco Morato



Fonte: Imagem modificada pelo autor (GOOGLE EARTH, 2023)

**Figura 8** - Marcas de inundação em moradia no Bairro do Rosário



Fonte: Próprio autor (2023)

**Figura 9** – Talude com alta declividade

Fonte: Próprio autor (2023)

### **Classificação do risco de escorregamento**

A classificação do grau de risco associado a cada uma das zonas foi baseada na planilha para mapeamento de risco sugerida na obra “Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios” (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007).

Nas planilhas, identifica-se os indicadores naturais (altura e inclinação dos taludes de corte e de aterro, as características do solo, da vegetação, das rochas e de processos erosivos) e os antrópicos (distância das moradias ao topo da encosta/talude, o tipo da construção, materiais presentes, abastecimento de água, destino do esgoto, sistema de drenagem superficial, minas de água no talude). Posteriormente, indica-se a presença de feições e processos de instabilidade (trincas, degraus de abatimento, feições erosivas, entre outros) (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007).

A partir da coleta dados necessários, pôde-se enquadrar a zona de escorregamento (Zona 2) conforme classificação de risco a escorregamentos, apresentada por Carvalho, Macedo e Ogura (2007, pg. 64 e pg. 65), descrita abaixo:

R1 - Baixo ou sem risco - Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa ou nenhuma potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos; não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens; mantidas as condições existentes não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período de 1 ano.

R2 – Médio - Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos; observa-se a presença de alguma(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s); mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.

R3 – Alto - Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos; observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.); mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.

R4 – Muito Alto - Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos; as evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de deslizamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude; mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.

Além disso, foram realizadas visitas técnicas no local, onde foram registradas imagens para posterior consulta e auxílio no preenchimento da planilha.

A seguir são apresentadas as feições indicativas de risco de escorregamento, retiradas da planilha utilizada no mapeamento:

- Encostas de terreno natural com altura de 20,0 metros e inclinação de 30°;
- Taludes de corte com 5,0 metros de altura e inclinação de 60°;
- Ocupação antrópica com 100% de habitações de alvenaria;
- Os solos observados são de alteração de rocha, residuais e aluvionares;
- Temos a presença de árvores, área desmatada e vegetação rasteira;

- A área é abastecida por água encanada;
- Temos a presença de enxurradas e lançamento de água servida na superfície;
- O sistema de drenagem superficial é precário;
- O destino dos resíduos de esgoto são fossa séptica e a céu aberto;
- Quanto às feições de instabilidade temos trincas em moradias e feições erosivas;
- São esperados processos de instabilidade de escorregamentos planares em corte;
- São observados processos erosivos laminares e em sulcos.

A seguir são apresentadas as feições indicativas de risco de inundação retiradas da planilha utilizada no mapeamento:

- Ocupação antrópica com 100% de habitações de alvenaria;
- Temos solo exposto na cobertura da área;
- Os canais de percolação das águas pluviais são naturais com largura máxima de 2,0 metros;
- Os processos observados são de erosão e solapamento;
- Temos aproximadamente 20 moradias em risco com 80 moradores.

Com isso, foram preenchidas duas planilhas, uma para a Zona 1 (risco de inundação) e outra para a Zona 2 (risco de escorregamento de massas).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento de risco de deslizamentos e inundações foi realizado utilizando-se a Ficha Descritiva de área de Risco baseada no roteiro proposto por Carvalho, Macedo e Ogura (2007).

Ademais, após análise no relatório, a Zona Z1 foi classificada como Risco 3 (Alto) para inundações, baseado principalmente nos processos erosivos observados em campo, bem como pelo seu histórico de enchentes atestado pelos moradores locais e pela Defesa Civil.

Da mesma forma, a Zona Z2 foi classificada como Risco 3 (Alto) para escorregamentos de massa, a partir de dados coletados na região que demonstravam taludes sem mata ciliar com altas declividades e sujeitos a carregamentos elevados. Além disso, observou-se processos erosivos nos taludes, trincas em moradias e edificações na beira dos taludes sem proteção vegetal.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise feita nas planilhas e resultados obtidos, concluiu-se que a Zona (Z2) apresenta Risco 3 (Alto) para escorregamentos, e a Zona (Z1) apresenta Risco 3 (Alto) para inundações. A seguir estão apresentadas sugestões para mitigação de riscos de enchentes e movimentos gravitacionais de massa, que fazem parte também da “Revisão e complementação do PMRR – Plano de Redução de Riscos do Município de Francisco Morato – SP (REGEA, 2020).

Recomendações para mitigação dos riscos de enchentes e inundações (REGEA, 2020):

- Implementação, ao longo de ambas as margens dos corpos d'água, de faixas não edificadas com largura nunca inferior a 30 metros;
- Estabelecimento de um eficiente sistema de drenagem para lidar com águas pluviais;
- Salvaguarda dos pontos de descarga concentrada das águas pluviais, por meio de revestimento;
- Adoção de sistemas de coleta e afastamento adequados para esgoto;
- Implementação de sistemas eficazes para o tratamento do esgoto coletado;
- Estabelecimento de sistemas seguros para abastecimento de água;
- Execução periódica da coleta de resíduos sólidos domésticos;
- Remoção imediata de resíduos sólidos dispostos de maneira irregular;
- Abstenção da realização de serviços de manutenção em vias não pavimentadas por meio de terraplenagem sistemática, pois tal método implica na remoção do solo superficial mais resistente à erosão.

Recomendações para mitigação dos riscos de escorregamentos (REGEA, 2020):

- Faixas não edificadas de pelo menos 30 m ao longo das margens dos cursos d'água;
- Sistema de drenagem de águas pluviais;
- Revestimento para proteger pontos de lançamento concentrado de águas pluviais;
- Sistema de coleta e afastamento de esgoto;
- Sistema de tratamento do esgoto coletado;
- Sistema de abastecimento de água;
- Coleta regular de resíduos sólidos domésticos;
- Remoção imediata de resíduos sólidos dispostos irregularmente;

- Evitar conservação de vias não pavimentadas baseada em terraplenagem sistemática, que remove o solo superficial resistente à erosão;
- Pavimentação de vias públicas;
- Controle do adensamento urbano-industrial com análise específica de cada caso;
- Consideração de solos moles na instalação de fundações.

Consideramos que com a implementação das recomendações acima descritas, os riscos observados na área em questão poderão ser mitigados.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao professor Sérgio Vicente Denser Pamboukian e ao Técnico Agrimensor Renato Gluber Candido Prates do Laboratório de Geotecnologias da Escola de Engenharia pela elaboração do levantamento topográfico da área estudada.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, Celso Santos; MACEDO, Eduardo Soares; OGURA, Agostinho Tadashi (organizadores). Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens dos Rios. Ministério da Cidades; Instituto de Pesquisas tecnológicas – IPT. Brasília, 2007.

GOOGLE EARTH. Imagem capturada no programa “Google Earth” em 05/05/2023. Link de acesso: <https://earth.google.com/web/@-23.26345075,-46.75727491,827.47445312a,655.26336796d,35y,-3.53256566h,0.21980401t,-0r/data=OgMKATA>.

IPT-CPRM. Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações – Município de Francisco Morato – SP. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT; Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Brasília, 2013.

LABGEO. Curvas de nível - Rosário - Francisco Morato - São Paulo. Laboratório de Geotecnologias da Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2023a.

LABGEO. Ortofoto - Rosário - Francisco Morato - São Paulo. Laboratório de Geotecnologias da Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2023b.

LÁZARO, Alberto Alonso (Autor). Risco geológico em Francisco Morato. Seminário apresentado na Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2021.

REGEA. Revisão e complementação do PMRR – Plano de Redução de Riscos do Município de Francisco Morato – SP. REGEA Geologia Engenharia e Estudos Ambientais. São Paulo, 2020.

TOMINAGA, Lúcia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela (Organizadores). Desastres Naturais – Conhecer e Prevenir. Instituto Geológico. São Paulo, 2009.