

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE MAPEAMENTO DE PERIGO E RISCO PARA DESLIZAMENTOS PLANARES COM METODOLOGIA GIDES/CPRM, NA VILA BAIANA, GUARUJÁ (SP)

Priscila Taminato Hirata¹; Eduardo Soares de Macedo²; Marcela Penha Pereira Guimarães³; Alessandra Cristina Corsi⁴

Resumo – No Brasil e em muitos outros países, as análises de riscos geológico-geotécnicos são quase que exclusivamente realizadas por meio de avaliações qualitativas. Reconhecendo-se as eventuais limitações à análise qualitativa de riscos geológicos, este trabalho visa apresentar os resultados da aplicação da metodologia elaborada pelo projeto de Gestão Integrada de Riscos e Desastres Naturais – GIDES, que abrange métodos quantitativos e qualitativos, para mapeamento de perigo e riscos para movimentos gravitacionais. A área de estudo selecionada nesta pesquisa foi à área da Vila Baiana, no Guarujá-SP, local com maior número de atendimentos realizados pela Defesa Civil Municipal e onde há uma quantidade significativa de dados disponíveis. A carta de perigo elaborada atribuiu às classes P2 – Moderado, relacionados a nenhum indício de instabilidade observado e P4 – Muito Alto, associada à presença de cicatrizes de escorregamentos ou ocorrências pretéritas de escorregamentos. A vulnerabilidade foi qualificada em V2 – Moderado, atribuído a construções de alvenaria, sem danos estruturais. A carta de Risco elaborada atribuiu, por meio da matriz de risco que correlaciona à vulnerabilidade e grau de perigo adotado, as classes R2 – Moderado e R4 – Muito Alto.

Abstract – In Brazil and many other countries, geological-geotechnical risk analyzes are almost exclusively performed through qualitative assessments. Recognizing the possible limitations to the qualitative analysis of geological risks, this paper aims to present the results of the application of the methodology elaborated by the Integrated Management of Natural Hazards and Disasters - GIDES, which includes quantitative and qualitative methods for hazard and risk mapping for mass movements. The study area selected in this study was the Vila Baiana area, in Guarujá-SP, the site with the highest number of visits performed by Civil Defense and where a significant amount of data is available. The hazard map elaborated attributed to classes P2 - Moderate, related to no evidence of observed instability and P4 - Very High, associated with the presence of scars of landslides or previous occurrences of landslides. The vulnerability was qualified in V2 - Moderate, attributed to masonry constructions, without structural damage. The risk map elaborated assigned through the risk matrix that correlates to the vulnerability and degree of danger adopted, the classes R2 - Moderate and R4 - Very High.

Palavras-Chave – Mapeamento, Risco, Perigo, Deslizamento Planar, Guarujá

¹ Geól., Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT: São Paulo - SP, (11) 3767-4356, pthirata@ipt.br
² Geól., PhD, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT: São Paulo - SP, (11) 3767-4370, esmacedo@ipt.br
³ Eng., MSc, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT: São Paulo - SP, (11) 3767-4770, marcelappg@ipt.br
⁴ Geól., PhD, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT: São Paulo - SP, (11) 3767-4352, accorsi@ipt.br

1. INTRODUÇÃO

De um modo geral, no Brasil e em muitos outros países, as análises de riscos geológico-geotécnicos são quase que exclusivamente realizadas por meio de avaliações qualitativas. Dentre os vários motivos está a inexistência de bancos de dados de acidentes geológico-geotécnicos que permitam tratamentos estatísticos seguros, como é comum nas análises de risco tecnológico e industrial.

Reconhecendo-se as eventuais limitações à análise qualitativa de riscos geológicos e a falta de uma metodologia nacional padrão de mapeamento que permita a classificação e cartografia das áreas de perigo e risco de forma uniforme, o governo brasileiro fez um acordo de Cooperação Técnica Internacional (CTI) com o governo japonês, para a gestão integrada de riscos de desastres. Daí surgiu o projeto de Gestão Integrada de Riscos e Desastres Naturais – GIDES, executado pelo Ministério das Cidades, pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações, representado pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), pelo Ministério da Integração, representado pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), e pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM), contando com a cooperação de especialistas japoneses do Ministério da Terra, Transporte, Infraestrutura e Turismo (MLIT), da Agência de Meteorologia do Japão, dentre outros, e através da Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA). O projeto previu a elaboração de manuais técnicos com o intuito de reduzir os riscos de desastres geológicos através de medidas preventivas não estruturais, propondo melhorias nos sistemas de avaliação e mapeamento de riscos, previsão e alerta e também o planejamento urbano na atuação de prevenção de desastres.

Um destes trabalhos foi o estabelecimento de metodologia para o *Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos de Gravitacionais de Massa*. Este artigo apresenta a aplicação dessa metodologia na Vila Baiana, no Guarujá-SP, local com maior número de atendimentos realizados pela Defesa Civil Municipal e onde há uma quantidade significativa de dados disponíveis.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na Vila Baiana, município do Guarujá-SP (Figura 1). Segundo a Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações do município do Guarujá (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2014) a Vila Baiana está inserida, em sua maior parte, na área classificada como alta suscetibilidade. Ressalta-se que a carta de suscetibilidade não contempla o raio de atingimento dos eventos, apenas a possibilidade de ocorrência ou não. Com isso, espera-se a ocorrência de escorregamentos na meia e alta encosta, podendo ser ou não atingida a base da encosta.

De acordo com a Carta Geotécnica do Município de Guarujá (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989) a Vila Baiana, está inserida nas classes III, IV, VIA e VII. Para essas classes espera-se a ocorrência de escorregamentos em taludes de corte e depósitos antrópicos. A classe III, onde está localizada a parte plana da área, é apta para a ocupação, porém pode apresentar problemas pontuais com o sistema de drenagem e saneamento. A classe IV, que corresponde à base da encosta, é imprópria à ocupação, salvo quando a área for liberada por estudos específicos e/ou forem adotadas obras e medidas de proteção e estabilização. A classe VIA corresponde à porção da encosta com declividades inferiores a 60%. Ela é apta à ocupação urbana, desde que obras e medidas usuais de drenagem, contenção e proteção superficial sejam implantadas adequadamente. Além disso, possui áreas mais apropriadas à retirada de material de empréstimo. Já a classe VII corresponde à porção da encosta com declividade acima de 60%. Essa porção é imprópria à ocupação urbana e também à retirada de material de empréstimo. Salienta-se que a Carta Geotécnica é um instrumento de planejamento e ordenamento territorial que visa subsidiar novos projetos de parcelamento do solo, incorporando diretrizes de prevenção dos desastres naturais, especialmente os associados aos escorregamentos de encostas, corridas de massa, inundações, enxurradas e processos geológicos e hidrológicos correlatos.

Registros de atendimentos, disponibilizados pela Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Guarujá (Comdec), referentes ao período de 1991 a fevereiro de 2016, mostra que a área da

Vila Baiana corresponde ao maior número de atendimentos realizados pela defesa civil do município, atingindo 27,8%, equivalente a 369 atendimentos, da totalidade de 1311.

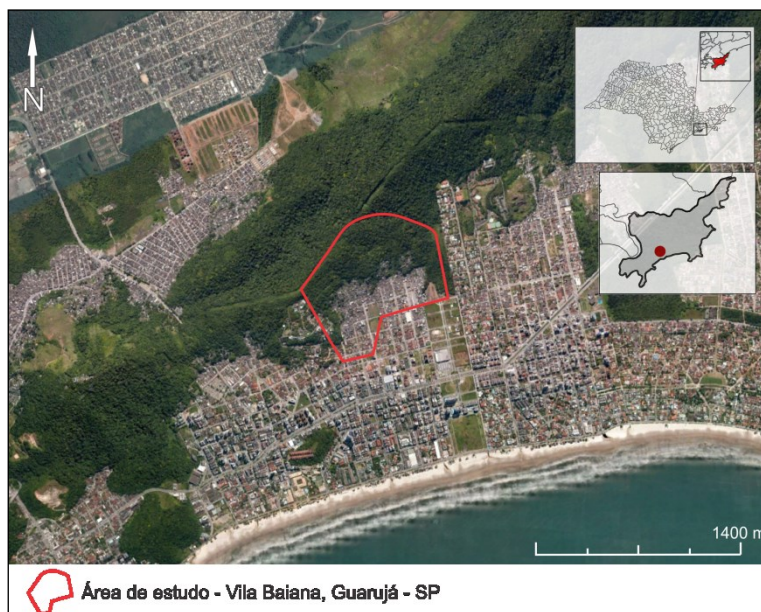


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Modificado de Google Earth Pró, 2018.

De acordo com o banco de dados de mortes por deslizamentos (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2018) seis pessoas já morreram por deslizamentos de 1989 a setembro de 2017 no Guarujá, sendo que quatro mortes estão relacionadas à área da Vila Baiana nos anos de 2005 e 2009. Em 2005, duas pessoas morreram durante chuvas que tiveram um acumulado de 128 mm em 6h e em 2009, chuvas de 82 mm em 24h, provocaram a morte de duas crianças.

Segundo o Plano Municipal de Redução de Riscos – PMRR do Guarujá (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2016), o setor de risco mapeado na Vila Baiana apresenta Risco Alto - R3, com as seguintes características, inclinação média de 30° com presença de taludes de corte de 2 m a 4 m de altura e 70° a 90° de inclinação. As moradias são predominantemente de alvenaria e algumas pontuais em madeira; estão situadas entre 0 m a 4 m de distância do topo do talude de corte e de 0 m a 3 m de distância da base dos taludes. As evidências de movimentação apontadas foram trincas no terreno e nas moradias, muros e paredes embarrigadas, árvores, postes e muros inclinados e presença de cicatrizes de escorregamentos. Além disso, foram identificados depósitos antrópicos sobre o talude de corte compostos de solo lançado, lixo e entulho. Há vazamentos de tubulações de água, lançamento de água servida na superfície do terreno, concentração de água de chuva em superfície e a inexistência de um sistema de drenagem. Para este setor espera-se a ocorrência de novos escorregamentos em taludes de corte e depósitos antrópicos, solapamentos de margem e erosões.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método do “*Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa*” (CPRM, 2017, no prelo), aplicados a deslizamentos planares, consiste em três etapas:

- A 1ª etapa compõe-se de levantamentos de dados e definição da área de estudo;
- A 2ª etapa consiste em duas fases: trabalho de escritório e levantamentos de campo. Em escritório, devem-se aplicar os critérios topográficos para a identificação do perigo potencial e a delimitação das áreas onde pode ocorrer deflagração (área crítica) e/ou atingimento (área de dispersão), relativas a cada tipo de movimento gravitacional de massa. A vistoria de campo valida os critérios e as condições topográficas para então qualificar o grau de perigo, por meio da avaliação dos indícios físicos de instabilidade do terreno, levando à produção da carta de perigo;

- A 3ª etapa é a análise do risco, na qual a vulnerabilidade das edificações, passíveis de ser atingidas durante os movimentos gravitacionais de massa, é avaliada e devidamente correlacionada com as informações da carta de perigo desenvolvida na etapa anterior. O resultado final desta etapa é a carta de risco.

Ressalta-se que o levantamento da base de dados inclui as bases cartográficas disponíveis e os produtos gerados devem possuir escala compatível com a representação de áreas de perigo e risco para visualização adequada na escala de trabalho. Assim é imprescindível adotar como padrão, tanto para a base cartográfica de referência como para os produtos finais, a escala mínima de 1:10.000, sendo a escala mais adequada para análise de perigo 1:10.000 e para risco 1:2.500.

Nos casos de encostas densamente ocupadas, realidade comum em diversos municípios brasileiros, inclusive na área da Vila Baiana, a distribuição das construções acaba por configurar uma organização espacial que avança sobre as áreas fontes dos movimentos gravitacionais de massa. Nesta situação, os limites, tanto dos locais de interesse quanto da abrangência, podem ocorrer muito próximos, ou mesmo serem coincidentes. Ainda que esta seja a realidade local do município, o procedimento e a representação cartográfica deve ser a mesma (Figura 2).

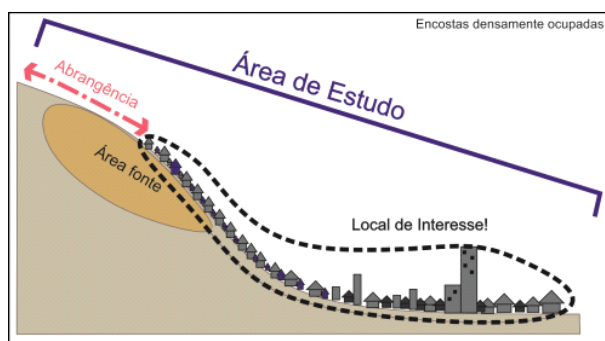


Figura 2. Delimitação da área de estudo em casos de encostas densamente ocupadas. Fonte: CPRM, 2017, no prelo.

Delimitada a área de estudo, que corresponde ao local de interesse e ao limite de abrangência, prossegue-se com a análise de perigo. A partir desta etapa, para cada tipo de ocorrência de processo geológico estudado são adotados critérios distintos de mapeamento de áreas de perigo e de risco.

No mapeamento de perigo é realizada a primeira fase de escritório com a aplicação dos critérios topográficos e das regras de delimitação sobre a área de estudo, e uma segunda fase de campo, na qual deve ser realizada a validação da área de perigo potencial e a qualificação do perigo. A primeira fase consiste na delimitação das áreas denominadas crítica e de dispersão, representadas pelo produto denominado Carta de Serviço, com representação dos polígonos das áreas de perigo potencial para a área de estudo. Assim, concluído o trabalho de escritório, inicia-se a fase de campo composta pela validação das áreas de perigo potencial e qualificação do perigo.

A validação consiste em confirmar os critérios topográficos e desconsiderar as áreas que não atendam a esses critérios. É possível que sejam observadas características (altura, inclinação, posição do ponto de espraiamento, entre outros) diferentes das encontradas na análise de escritório. Para estes casos, a informação de campo deve prevalecer. É necessário confirmar as regras de delimitação que definem a área de perigo potencial (limites da condição topográfica, sentido do fluxo, ponto de espraiamento, entre outros). Todos os limites definidos para as áreas críticas e de dispersão podem sofrer alterações em função das características do terreno observadas em campo e devem ser ajustados previamente para a continuidade do trabalho.

Em campo, com a utilização de uma ficha de campo, são também observados indícios de instabilidade no terreno, o que juntamente com a experiência do profissional, irá permitir a atribuição das classes de perigo para a área crítica. O quadro de classificação de perigo é apresentado na Figura 3. Estas classes referendam observações para uma estação chuvosa normal, ou seja, não são aplicáveis às situações climáticas extremas.

Perigo	Descrição
Moderado (P2)	São atendidos os critérios topográficos, porém não são observadas feições de instabilidade. Mantidas as condições existentes é possível a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
Alto (P3)	São atendidos os critérios topográficos e/ou são observados indícios de instabilidade no terreno. Mantidas as condições existentes é alta a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
Muito alto (P4)	São atendidos os critérios topográficos e/ou são observados indícios marcantes de instabilidade no terreno de acordo com o tipo de movimento. Mantidas as condições existentes é muito alta a possibilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa no período compreendido por uma estação chuvosa normal.

Figura 3. Classes de perigo para a área crítica. Fonte: CPRM, 2017, no prelo.

A área de dispersão assume a classificação um grau abaixo em relação à área crítica, uma vez que essa área pode não apresentar evidências de instabilidades oriundas do desencadeamento do movimento gravitacional de massa. O grau de perigo definido para a área de dispersão é caracterizado conforme a descrição apresentada na Figura 4.

Perigo	Descrição
Baixo (P1)	Mantidas as condições da área crítica correspondente, é possível o atingimento da área por movimentos gravitacionais de massa no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
Moderado (P2)	Mantidas as condições da área crítica correspondente, é alta a possibilidade de a área ser atingida por movimentos gravitacionais de massa, em um período compreendido por uma estação chuvosa normal.
Alto (P3)	Mantidas as condições da área crítica correspondente, é muito alta a possibilidade de a área ser atingida por movimentos gravitacionais de massa, em um período compreendido por uma estação chuvosa normal.

Figura 4. Classes de perigo para área de dispersão. Fonte: CPRM, 2017, no prelo.

Para deslizamentos planares, se nenhum indício for identificado na área crítica, ela deverá ser considerada como perigo moderado (P2), quaisquer indícios presentes relacionados a trincas, árvores inclinadas e grau de saturação do solo caracterizam a área como perigo alto (P3), enquanto que a presença de degraus e cicatrizes já determina a área crítica como perigo muito alto (P4), qualquer indício, mesmo um único, que seja considerado marcante define a área crítica como perigo muito alto (P4).

São observados parâmetros de vulnerabilidade, a partir do material empregado nas construções – alvenaria e/ou madeira – e da presença de danos estruturais. A descrição das classes de vulnerabilidade empregadas na metodologia é apresentada na Figura 5.

Vulnerabilidade	Descrição
Baixa (V1)	Construções de alvenaria bem construídas, sem danos estruturais, e que apresentam laudo técnico específico de engenharia comprovando sua resistência frente ao movimento gravitacional de massa identificado.
Moderada (V2)	Construções de alvenaria visualmente bem construídas, sem danos estruturais (provocados por movimentações no terreno). E não necessita de laudo técnico especializado.
Alta (V3)	Construções de alvenaria com danos estruturais presentes (provocados por movimentações no terreno). Ou Construções mistas (alvenaria e madeira) ou totalmente de madeira visualmente bem construída.
Muito alta (V4)	Construções de alvenaria com danos estruturais marcantes. Ou Construções mistas danificadas (com trincas e danos estruturais), casa de madeira, casas

Figura 5. Classes de vulnerabilidade. Fonte: CPRM, 2017, no prelo.

São consideradas edificações precárias, até as construções de alvenaria que apresentam laudo técnico. É essencial que este laudo seja assinado por profissional de engenharia devidamente certificado, e que seu conteúdo esteja associado especificamente ao movimento gravitacional de massa identificado no setor de perigo. Admite-se que a classe de vulnerabilidade mais baixa (V1) somente será fornecida a construções que apresentem este laudo técnico. A Figura 6 sintetiza a análise de vulnerabilidade baseada no tipo de construção das moradias e os danos estruturais.

Tipo	Danos estruturais		
	Sem danos	Danos presentes	Danos marcantes
Alvenaria (com laudo técnico)	V1	V3	V4
Alvenaria (sem laudo técnico)	V2	V4	V4
Madeira	V3	V4	V4
Mista	V3	V4	V4

Figura 6. Classificação da Vulnerabilidade das Construções. Fonte: CPRM, 2017, no prelo.

A análise da vulnerabilidade deverá ser realizada apenas no interior das áreas delimitadas e qualificadas quanto ao grau de perigo (produto final da Segunda Etapa). Esta análise deve ser realizada em escala de detalhe – 1:2.500 – e as observações e descrições técnicas só podem ser realizadas in loco, visitando-se as construções dentro dos polígonos de perigo para a fundamentação necessária à qualificação do risco. O grau de vulnerabilidade pode ser feita de forma individual ou por amostragem de construções, a depender da densidade de construções na área de estudo. A representação gráfica do resultado pode ser diferenciada conforme o que for verificado em campo.

Após o levantamento da vulnerabilidade, a qualificação do grau de risco é obtida utilizando-se a matriz de risco apresentada na Figura 7.

Vulnerabilidade das construções (V)	Grau de perigo do terreno (P)			
	P1	P2	P3	P4
V1	R1	R1	R2	R3
V2	R1	R2	R3	R4
V3	R2	R3	R4	R4
V4	R3	R4	R4	R4

Figura 7. Matriz de correlação formada pela vulnerabilidade das construções (v) versus grau de perigo do terreno (P) para classificação de risco. Fonte: CPRM, 2017, no prelo.

A qualificação do grau de risco está fundamentada no histórico de ocorrências, identificação dos tipos de movimento gravitacional de massa, delimitação da estimativa de alcance dos eventos, reconhecimento de feições de instabilidade no terreno e na resistência das construções. As classes de risco estão descritas na Figura 8.

Risco	Descrição
Baixo (R1)	Ausência de indícios de instabilidade no terreno, alto nível de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local é baixa a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.
Moderado (R2)	Há indícios pouco claros de instabilidade no terreno, alto a moderado nível de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local é moderada a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.
Alto (R3)	Indícios claros de instabilidade no terreno, baixo a moderado nível de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local é alta a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.
Muito alto (R4)	Presença marcante de indícios de instabilidade no terreno e baixos níveis de resistência das construções. Mantidas as condições médias de chuvas para o local é muito alta a possibilidade de destruição das construções por movimento gravitacional de massa.

Figura 8. Classificação de risco. Fonte: CPRM, 2017, no prelo.

3. RESULTADO DOS TRABALHOS

Foram adotadas as escalas de 1:10.000 para as curvas de nível, de 1:5.000 para representação cartográfica do mapa de perigo e 1:2.500 para os mapas de vulnerabilidade e de risco.

A seguir são apresentados os passos do método do “Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa” (CPRM, 2017, no prelo), aplicados a deslizamentos planares na área da Vila Baiana, no Guarujá – SP.

A primeira fase de escritório compreende a aplicação dos critérios topográficos e a delimitação das áreas onde pode ocorrer deflagração e/ou atingimento. Para isto foi elaborada uma carta de

inclinação, a partir de um modelo digital de elevação (MDE), na escala 1:10.000, com intervalos de inclinações de 0° a 10°, de 10° a 20°, 20° a 25°, 25° a 30°, 30° a 50° e > 50° (Figura 9).

Após a realização da carta de inclinação prossegue-se mapeando as porções das encostas com inclinação igual ou superior a 25° descartando as porções com alturas menores que 5 metros. Sabendo-se que o modelo digital de terreno adotado está na escala 1:10.000 e o espaçamento entre as curvas de nível é de 5 m, as porções já selecionadas com inclinação igual ou superior a 25° correspondem as porções com alturas maiores que 5 m (Figura 10).

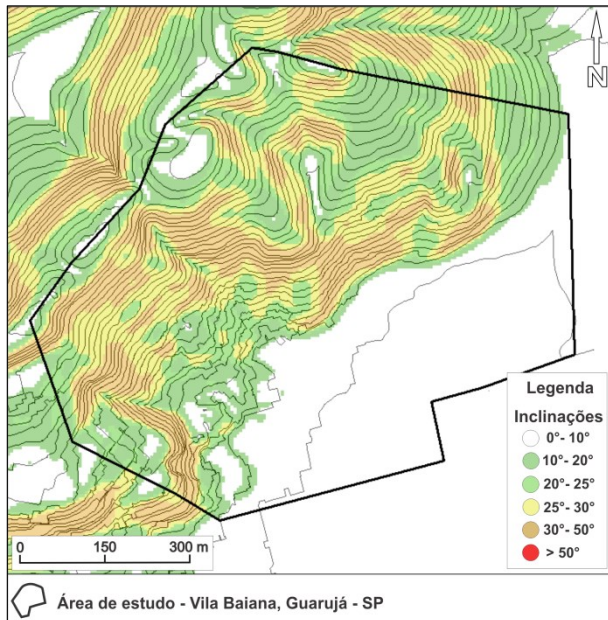


Figura 9. Carta de inclinação.

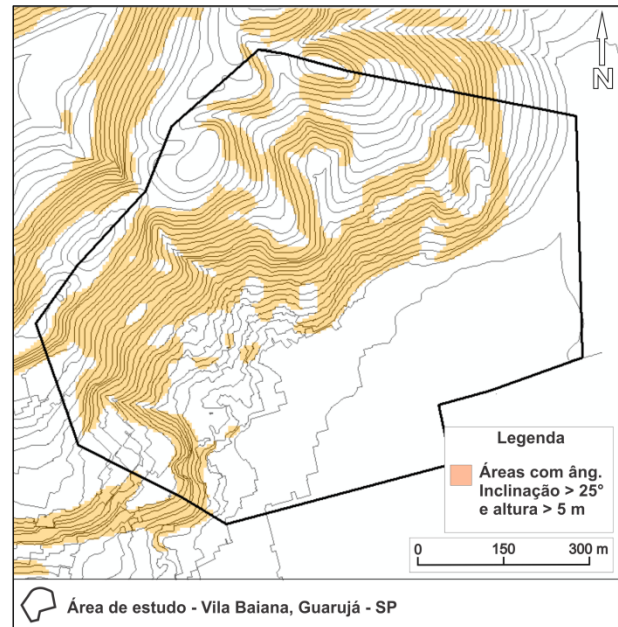


Figura 10. Áreas com inclinação maior ou igual a 25° e altura maior ou igual que 5 m.

Nas áreas selecionadas anteriormente, foram traçadas linhas perpendiculares às curvas de nível equidistantes preferencialmente a 50 metros (Figura 11). Depois, foram marcados pontos nas interseções das linhas perpendiculares com as extremidades superiores (topo) e inferiores (base) (Figura 12) e calculadas as diferenças de elevação (Altura H) entre a extremidade superior (topo) e inferior (base) em cada linha perpendicular traçada.

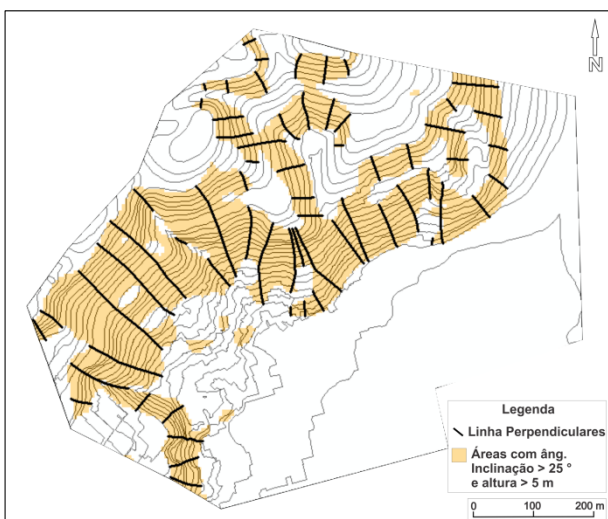


Figura 11. Linhas perpendiculares às curvas de nível equidistantes preferencialmente a 50 metros.

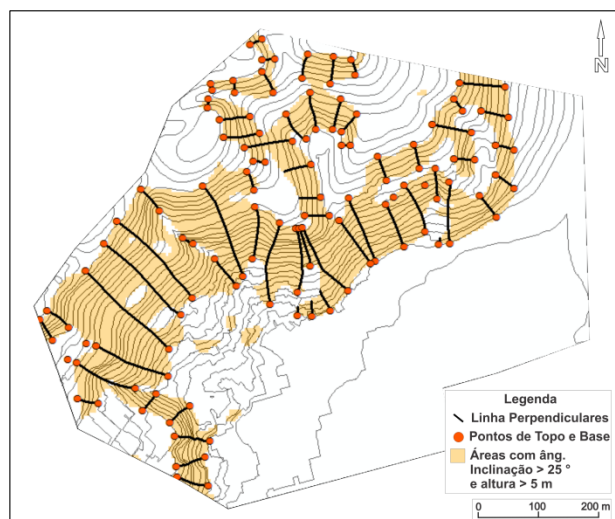


Figura 12. Pontos de topo e base das linhas perpendiculares anteriormente traçadas.

Para delimitação da Área Crítica, a partir de cada ponto marcado anteriormente, no topo, foi marcado um ponto a 10 metros de distância, sobre a mesma linha, à montante e, na base, foi marcado à jusante um ponto com a mesma medida da diferença de elevação (Altura H), sobre a

mesma linha, à jusante, limitado a 30 metros. Assim, foi delimitada uma área interligando os pontos finais das linhas traçadas (Figura 13).

Para delimitação da Área de Dispersão, a partir de cada ponto marcado na interseção das linhas perpendiculares com a extremidade inferior (base) foi marcado um ponto à distância de duas vezes a medida da diferença de elevação ($Altura H \times 2$), sobre a mesma linha, à jusante, limitado a 50 metros. Deste modo foi delimitada uma área interligando os pontos marcados com os pontos finais marcados anteriormente para a Área Crítica (Figura 14). O resultado da aplicação dessa sequência de passos são polígonos referentes às áreas de perigo potencial, com a delimitação da Área Crítica e Área de Dispersão, referentes ao processo de escorregamento planar (Figura 15).

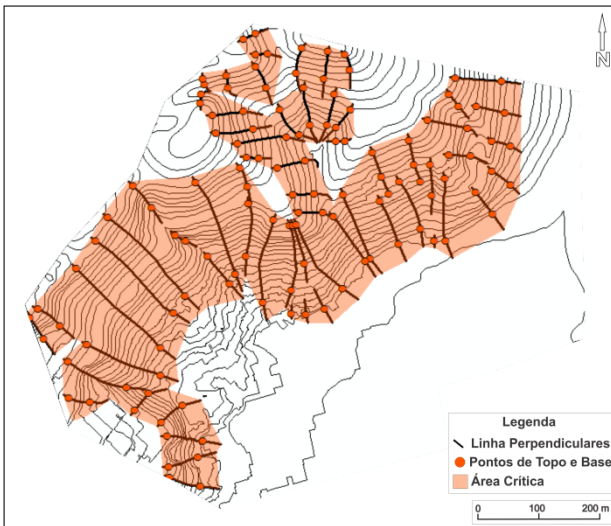


Figura 13. Área Crítica delimitada a partir dos critérios topográficos adotados.

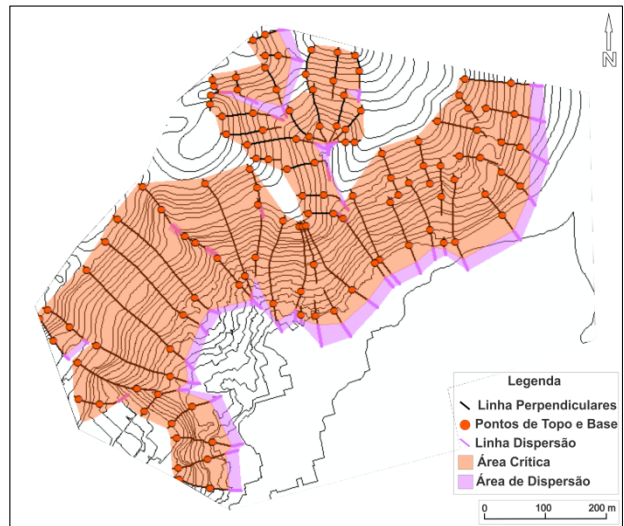


Figura 14. Área de Dispersão delimitada a partir dos critérios topográficos adotados.

Concluída a fase de trabalho de escritório, inicia-se a segunda fase de campo que compreende a validação da área de perigo potencial (área crítica e de dispersão) e a qualificação do perigo referente a processos de escorregamentos planares na área de estudo. Na validação da área de perigo potencial foram verificados os critérios topográficos utilizados e desconsiderados as áreas que não atendam a esses critérios. Para isto foram realizadas vistorias em campo (Figura 16) com o auxílio de um telêmetro a laser (Figura 17), onde foram vistoriados oito pontos da área de estudo, os quais ratificaram os critérios topográficos adotados, sinalizando encostas com inclinação igual ou superior a 25° e altura igual ou maior que 5 metros. Foram feitos pequenos ajustes nas delimitações da Área Crítica e Área de Dispersão, englobando pequenas porções que constavam inicialmente como área de dispersão.



Figura 16. Vista da área da Vila Baiana em um dos pontos vistoriados. Notar a alta declividade do terreno.



Figura 17. Utilização do telêmetro a laser para averiguação dos graus de inclinação.

Ainda em campo, foi realizada a qualificação do grau de perigo somente na Área Crítica, com base na observação de indícios de instabilidade no terreno. As áreas em vermelho foram assim atribuídas, pois apresentavam cicatrizes de escorregamento e ocorrências pretéritas de escorregamentos, justificadas pelos técnicos da Defesa Civil do Guarujá, que acompanharam os trabalhos de campo. As áreas em amarelo não apresentavam indícios de instabilidade no terreno. O mapa de perigo gerado é apresentado na Figura 18.

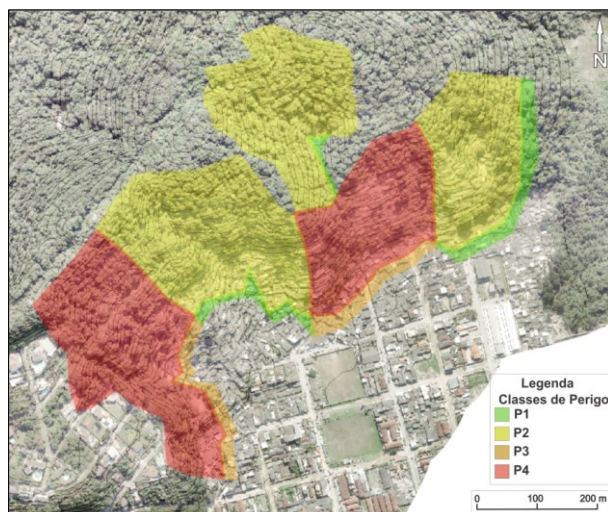


Figura 18. Mapa de Perigo.

Para qualificação da vulnerabilidade foi avaliado o parâmetro de vulnerabilidade, apenas no interior das áreas delimitadas e qualificadas quanto ao grau de perigo a partir da observação do material empregado nas construções – de alvenaria a madeira – e a presença de danos estruturais. Esses parâmetros definiram a adoção da classe de vulnerabilidade V2 para a área de estudo como um todo, conforme Figura 19.

Após o levantamento da vulnerabilidade, foi realizada a qualificação do grau de risco, por meio da matriz de risco, que correlaciona vulnerabilidade e grau de perigo adotado. As classes de riscos atribuídas estão representadas na Figura 20.



Figura 19. Mapa de Vulnerabilidade.

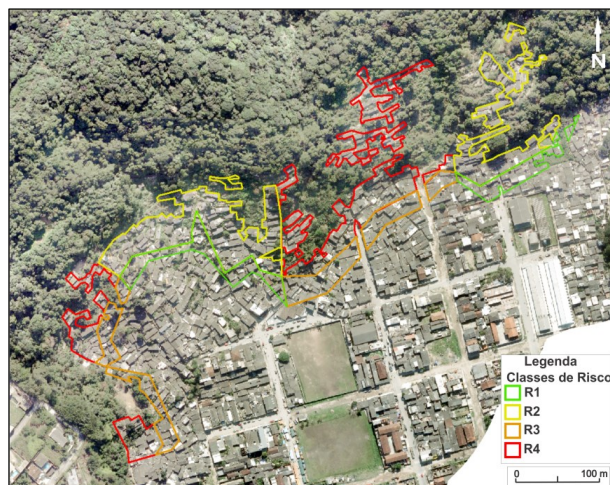


Figura 20. Mapa de Risco.

4. CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia de mapeamento de perigo e risco a movimentos gravitacionais de massa elaborada pelo projeto GIDES, para processos de deslizamentos planares, resultaram em 37 linhas perpendiculares as curvas de nível, equidistantes aproximadamente 50 m uma das outras e 4

(quatro) mapas de perigo potencial (área crítica e potencial), perigo, vulnerabilidade e risco. O mapa de Perigo elaborado atribuiu às áreas críticas, às classes P2 – Moderado, relacionada a nenhum indício de instabilidade observado e P4 – Muito Alto, relacionada à presença de cicatrizes de escorregamentos ou ocorrências pretéritas de escorregamentos, as demais classes, P1 – Baixo e P3 – Alto foram atribuídas para a área de dispersão, a partir da extrapolação de 1 (um) grau abaixo em relação a área crítica. A vulnerabilidade foi qualificada em V2 – Moderado, atribuído a construções de alvenaria, sem danos estruturais. A carta de Risco elaborada atribuiu por meio da matriz de risco que correlaciona à vulnerabilidade e grau de perigo adotado, todas as classes de risco variando de R1 – Baixo, R2 – Moderado, R3 – Alto e R4 – Muito Alto.

Sobre os estudos em campo foi possível conferir o ângulo de inclinação das áreas críticas, somente em oito pontos da área de estudo. Medidas como o limite das áreas críticas tanto de base (espraçamento de detritos) quanto de topo (ponto inicial de deflagração do processo, com potencial de atingimento a área ocupada) não foram possíveis de serem verificadas devido às dificuldades de acesso e segurança na área de estudo. Há impedimentos na tomada de medidas distantes com o telêmetro, devido à disposição das casas do sopé da encosta que obstruem a visada, Além do que a utilização deste equipamento traz insegurança aos moradores locais que se sentem ameaçados, pondo em risco, conseqüentemente, a equipe em campo. Assim sugere-se a realização de estudo de campo detalhado e flexível para melhor segurança da equipe e, conseqüentemente, melhor classificação das áreas quanto à validação das áreas de perigo potencial (indícios de instabilidade no terreno) e de grau de vulnerabilidade (material empregado e danos estruturais nas construções).

Na qualificação do grau de risco por meio da matriz de risco adotada pela metodologia, que correlaciona vulnerabilidade e grau de perigo, não há correspondência com o campo atribuído. No caso das áreas críticas relacionadas ao Risco 4 – Muito Alto, apesar da presença de cicatrizes de escorregamentos ou ocorrências pretéritas de escorregamentos o nível de resistência das construções não são baixos, pois são em sua maioria edificações em alvenaria, sem laudo de técnico específico. Além do que não foram observados danos estruturais nas áreas vistoriadas.

Os produtos cartográficos gerados poderão subsidiar as gestões de perigo e risco em âmbito municipal e regional, o planejamento e ordenamento territorial urbano, orientar e definir as obras de engenharia, preventivas ou de mitigação do perigo ou risco, e auxiliar na criação de sistemas de alerta e evacuação, visando à redução da ocorrência de acidentes geológico-geotécnicos, bem como sua dimensão e conseqüências.

REFERÊNCIAS

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Atualização do Plano Municipal de Redução de Risco do Município do Guarujá*. São Paulo: IPT, 2016. (Relatório Técnico 148.222 – 205).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Banco de mortes por deslizamento no Brasil*. São Paulo: IPT, 2017.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Instituto Geológico. *Carta Geotécnica do Município de Guarujá – SP: escala 1:20.000*. São Paulo: IPT/IG, 1989.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Serviço Geológico do Brasil *Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação do Município de Guarujá – SP, escala 1:25.000*. São Paulo: IPT/CPRM, 2014.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). *Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos de Gravitacionais de Massa*. Rio de Janeiro: CPRM/Projeto GIDES, 2017. No prelo.