



Diagnostico das áreas de risco de deslizamento mapeadas pela Defesa Civil de Salvador em 2016

Diagnosis of landslide risk areas mapped by the Civil Defense in Salvador in 2016

Fernando Nascimento Santos

José Ângelo Sebastiao Araújo dos Anjos

O registro histórico de deslizamentos revela que Salvador encontra-se entre os municípios com maior probabilidade de ocorrência de acidentes associados a movimentos de massa em encostas. Impulsionada pelos últimos eventos com vítimas fatais ocorridos em 2015, a gestão municipal tem trabalhado na construção de instrumentos técnico-administrativos, visando prevenir a ocorrência de novos desastres. Nesse contexto, no ano de 2016 surgiu o projeto Mapeamento de Áreas, desenvolvido pelo Setor de Monitoramento de Risco da Defesa Civil de Salvador, a fim de produzir mapas atualizados das áreas potencialmente de risco da Cidade, subsidiando, assim, a gestão do risco. Este projeto resultou no mapeamento de 31 áreas de risco no ano de 2016, das quais 25 apresentam o deslizamento como principal fonte de risco, enquanto as demais caracterizam-se pela predominância do risco de alagamento. Essas áreas encontram-se geologicamente localizadas em dois domínios principais, o Complexo Cristalino de Salvador, que hospeda cerca de 81% das áreas, e a Bacia do Recôncavo. De modo geral, as áreas ocupam as porções do relevo onde são encontradas as maiores declividades e altitudes do município. O diagnóstico obtido a partir das observações de campo revelou que, embora a água seja o principal agente deflagrador dos deslizamentos, o cenário de risco das áreas está frequentemente associado a fatores resultantes da ocupação urbana, tais como ausência de sistema de drenagem, taludes de corte e aterros lançados e lançamento de esgoto e lixo nas encostas, considerados agentes predisponentes ao deslizamento.

Palavras-chave: Mapeamento de risco, deslizamentos, Salvador.

The historical record of landslides in Salvador shows that it is among the municipalities most likely to experience accidents associated with mass movements on slopes. Driven by the latest events with fatal victims in 2015, municipal management has been working on the construction of technical and administrative instruments, aiming to prevent the occurrence of new disasters. In this context, in 2016 a Risky Areas Mapping project was developed by the Civil Defense, in order to produce updated maps of the potentially risky areas of the City, thus subsidizing risk management. This project resulted in the mapping of 31 risk areas, of which 25 presented landslides as the main source of risk, while the others are characterized by the predominance of flooding risks. The areas are geologically located in two main domains, the Cristalino Complex of Salvador, which hosts about 81% of the areas, and the Recôncavo Basin. In general, the areas occupy the parts of the relief where the highest slopes and altitudes of the municipality are found. The diagnosis obtained from the field observations revealed that, although water is the main triggering agent of landslides, the risk scenario of the areas is often associated with factors resulting from urban occupation, such as the absence of a drainage system, construction slopes, dumps and sewage discharge, and the launching of garbage on the slopes, considered predisposing agents to landslide.

Keywords: Risk mapping, landslides, Salvador.

F.N. Santos

Perito Criminal Federal na área de Meio Ambiente. e-mail: santos.fnascimento@gmail.com

J.A.S.A. Anjos

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. R. Barão de Jeremoabo, s/n – Ondina - Salvador - BA, 40170-290. E-mail: jose.anjos@ufba.br . <https://orcid.org/0000-0002-9343-1605>

7.1 Introdução

Nas últimas décadas, desastres naturais relacionados a movimentos de massa se tornaram tema cada vez mais presentes no município de Salvador, capital do Estado da Bahia, que se encontra entre as cidades brasileiras com maior índice de acidentes associados a deslizamento de solo em encostas (AUGUSTO FILHO, 1994). Aliado à limitação de áreas naturalmente favoráveis à habitação, o processo acelerado de urbanização leva a maioria da população do município a uma inserção precária, ocupando principalmente áreas impróprias nas encostas, o que resulta em condição vulnerável à ocorrência de acidentes envolvendo danos materiais e vítimas fatais, com consequentes prejuízos ambientais e econômicos.

Além dos condicionantes naturais que tornam porções do terreno susceptíveis a escorregamentos, a ação antrópica nestas áreas atua como fator predisponente na ocorrência de movimentos de massa, com práticas que potencializam os processos naturais, tais como execução de cortes no talude e aterros lançados, disposição inadequada de resíduos sólidos e lançamento de efluentes líquidos domésticos diretamente nas encostas.

Este é um processo histórico, cujo registro remonta à fundação da cidade. Segundo Santana (2006), em carta enviada pelo mestre Luís Dias a Portugal, o mesmo relata que em 1551 já aconteciam deslizamentos em Salvador. Ao longo da história, esse problema vem se intensificando e se diversificando na cidade, acompanhando o seu crescimento desordenado.

Após os últimos deslizamentos ocorridos no ano de 2015, que resultaram num total de 15 vítimas fatais, nos bairros do Alto do Peru e Bom Juá, uma série de esforços estão sendo empregados pela gestão municipal visando prevenir a ocorrência de novos desastres, a exemplo da elaboração do Plano Municipal de Redução de Riscos, por meio de assessoria técnica especializada. No entanto, qualquer iniciativa da Defesa Civil de monitoramento e prevenção de risco esbarra em limitações como o desconhecimento das áreas de risco e ausência de informações consistentes sobre as áreas susceptíveis a deslizamentos.

Neste contexto, surgiu o projeto de mapeamento de áreas de risco, desenvolvido pelo Setor de Monitoramento de Risco da Defesa Civil de Salvador, que deu início à construção de um banco de dados e de mapas temáticos relacionados a suscetibilidade, vulnerabilidade e risco de escorregamentos para subsidiar a elaboração de planos e programas, tal como o Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC.

Como resultado destes trabalhos, foram mapeadas 31 áreas de risco no ano de 2016, nas quais o deslizamento corresponde ao principal risco identificado. O presente trabalho consiste na discussão dessas áreas de risco, a fim de avaliar o comportamento dos condicionantes naturais, bem como a forma de atuação

dos fatores antrópicos, possivelmente contribuindo com a continuação deste projeto nos anos seguintes.

7.2 Área de Estudo

As áreas de risco mapeadas encontram-se distribuídas em cerca de vinte bairros de Salvador (Quadro 7.1). O processo de deslizamento em encostas corresponde à principal fonte de risco em vinte e cinco destas áreas, principal foco de análise deste trabalho, enquanto o risco de alagamento predomina nas áreas restantes, conforme ilustrado na Figura 7.1.

8.3 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo principal elaborar o diagnóstico integrado das áreas de risco de deslizamento mapeadas pela Defesa Civil de Salvador (Codesal) no ano de 2016.

Objetivos Específicos

- Discutir os resultados do mapeamento desenvolvido pela Codesal;
- Avaliar o comportamento de condicionantes naturais como o substrato e o relevo nas áreas; e
- Discutir o papel desempenhado pelos condicionantes antrópicos.

7.4 Materiais e Métodos

O mapeamento das áreas consideradas de risco envolveu de modo geral três etapas principais: i) Planejamento - seleção das áreas e coleta de dados; ii) Campo - análise, descrição e registros dos dados observados nas áreas; e iii) Pós-campo - elaboração de relatórios e mapas e avaliação dos resultados.

7.5

Planejamento

Seleção das áreas

As poligonais a serem mapeadas foram inicialmente selecionadas pela Coordenadoria de Ações de Prevenção e Redução de Riscos da Defesa Civil de Salvador - CODESAL, com a colaboração das subcoordenadorias de risco e de ações comunitárias. A seleção das áreas foi baseada sobretudo no histórico de ocorrências, priorizando regiões com notável recorrência de deslizamentos. Uma vez selecionadas as áreas, a demanda era repassada para o Setor de Monitoramento de Risco, no qual o projeto de mapeamento foi desenvolvido.

Quadro 7.1: Lista das áreas mapeadas.

Nº	Nome	Bairro	Risco Predominante	Coord X	Coord Y	Área (km ²)
01	Alto do Para	São Caetano / Santa Luzia	deslizamento	555216	8569656	78.15
02	Ana Lucia	Alto da Terezinha	alagamento	556696	8575449	72.08
03	Antonio Teixeira	Periperi	deslizamento	557796	8577074	109.38
04	Baixa de Santa Rita	Sao Marcos	deslizamento	560801	8571401	228.36
05	Baixa Fria	Sao Marcos	deslizamento	561533	8570868	29.69
06	Beira Dique	Campinas de Piraja	alagamento	557258	8570924	194.08
07	Beira Rio da Paz	Bairro da Paz	alagamento	567287	8569772	98.61
08	Bolandeira	Pituacu/Imbui/Boca do Rio	alagamento	561877	8566891	232.16
09	Bom Jua	Bom Jua	deslizamento	556840	8569730	68.14
10	Bosque Real	Sete de Abril	deslizamento	561403	8571572	185.26
11	Calabetao	Calabetao/Mata Escura	deslizamento	557696	8569851	158.96
12	Humildes	Sete de Abril	alagamento	561655	8571849	71.04
13	Irma Dulce	Cajazeiras VI	deslizamento	561965	8574861	48.76
14	Lindolfo Barbosa	Vila Canaria	deslizamento	560748	8572853	144.87
15	Mamede	Alto da Terezinha	deslizamento	556850	8576138	71.76
16	Mamorana	Sao Caetano	deslizamento	555680	8570163	130.08
17	Nova Direta	Boa Vista do Lobato	deslizamento	556766	8571571	19.75
18	Novo Horizonte I	Novo Horizonte	deslizamento	560867	8568965	335.66
19	Novo Horizonte II	Novo Horizonte	deslizamento	561111	8569298	391.18
20	Novos Unidos	Periperi	alagamento	557373	8578270	265.55
21	Padre Ugo	Canabrava	deslizamento	562785	8571325	114.87
22	Pedro Ferrao	Liberdade	deslizamento	554973	8569231	76.19
23	Planalto Real II	Plataforma	deslizamento	556594	8574433	173.28
24	Rosalvo Silva	Sao Marcos	deslizamento	561188	8571138	89.26
25	Sabia	Coutos	deslizamento	558346	8579250	91.14
26	Sao Cipriano	Nova Brasilia	deslizamento	564237	8572099	37.61
27	Tres Manguieras	Canabrava	deslizamento	563503	8570908	187.36
28	Vilamar	Nova Brasília	deslizamento	563519	8571350	337.26
29	Vila Picasso	Capelinha de Sao Caetano	deslizamento	555904	8570778	131.43
30	Vila Tiradentes	Sao Caetano	deslizamento	557195	8569503	113.42
31	Virgilina Rosa	Vila Canaria	deslizamento	561100	8572588	87.93

Preparação para atividade de campo

A fase de planejamento da atividade de campo compreendeu basicamente o levantamento de dados preexistentes sobre as áreas e a preparação de imagens de satélite em escala adequada. O levantamento de dados foi realizado por meio da obtenção de:

- Informações básicas de localização: rua de referência, bairro e prefeitura-bairro;
- Imagem de Satélite: em geral, imagens do Google Earth;

- Base cartográfica digital: bacia e sub-bacia hidrográfica, domínio geológico, curvas de nível, drenagem, ocorrências de deslizamento, relevo, entre outros.

O Setor de Monitoramento de Risco da CODESAL conta com um banco de dados digital em ambiente SIG - Sistema de Informações Geográficas, compilados principalmente de CPRM (2014) e Salvador (2004). Além destas informações, o conhecimento dos técnicos mais experientes da Defesa Civil foi de extrema importância para o desenvolvimento das atividades.

7.6

Campo

Reconhecimento

A primeira visita à área de estudo tem caráter de reconhecimento. Nela, os técnicos percorrem toda a área, visando identificar os principais pontos de risco, as melhores opções de acesso e questões de segurança. Além disso, a equipe avalia a necessidade de ajustes na delimitação da poligonal que limita a área. A princípio, a poligonal deve agrupar os principais pontos de risco da área, situados em geral na mesma encosta ou em encostas vizinhas. As poligonais normalmente são limitadas por vias de acessos.

Descrição e registro

Após o reconhecimento da área, o risco foi avaliado ponto a ponto ao longo da poligonal, por meio de investigações geológico-geotécnicas de superfície, ou seja, por meio da identificação dos condicionantes naturais e antrópicos do processo de instabilização que ocorrem na superfície. A avaliação de elementos como o substrato foi realizada principalmente em taludes de

corte construídos pelos moradores. Dentre os fatores observados em campo, destacam-se os relacionados no Quadro 7.2.

As informações registradas em campo subsidiaram a caracterização e o diagnóstico das áreas de risco. Todas as informações são importantes, no entanto, cada área possui sua particularidade, assim, a depender da poligonal de estudo, alguns dados serão mais ou menos determinantes para a avaliação do risco de deslizamento. Estas informações foram complementadas com registros fotográficos, que ilustram a natureza e magnitude do problema.

Análise de Risco

A partir da integração e análise das informações coletadas em campo, bem como dos registros fotográficos, foi determinado o grau de risco das áreas mapeadas como alto, médio ou baixo (ou sem risco). A análise possui natureza qualitativa, uma vez que se baseia sobretudo em observações e evidências de campo.

A metodologia utilizada para definição do grau de probabilidade de ocorrência de deslizamentos adotou os critérios

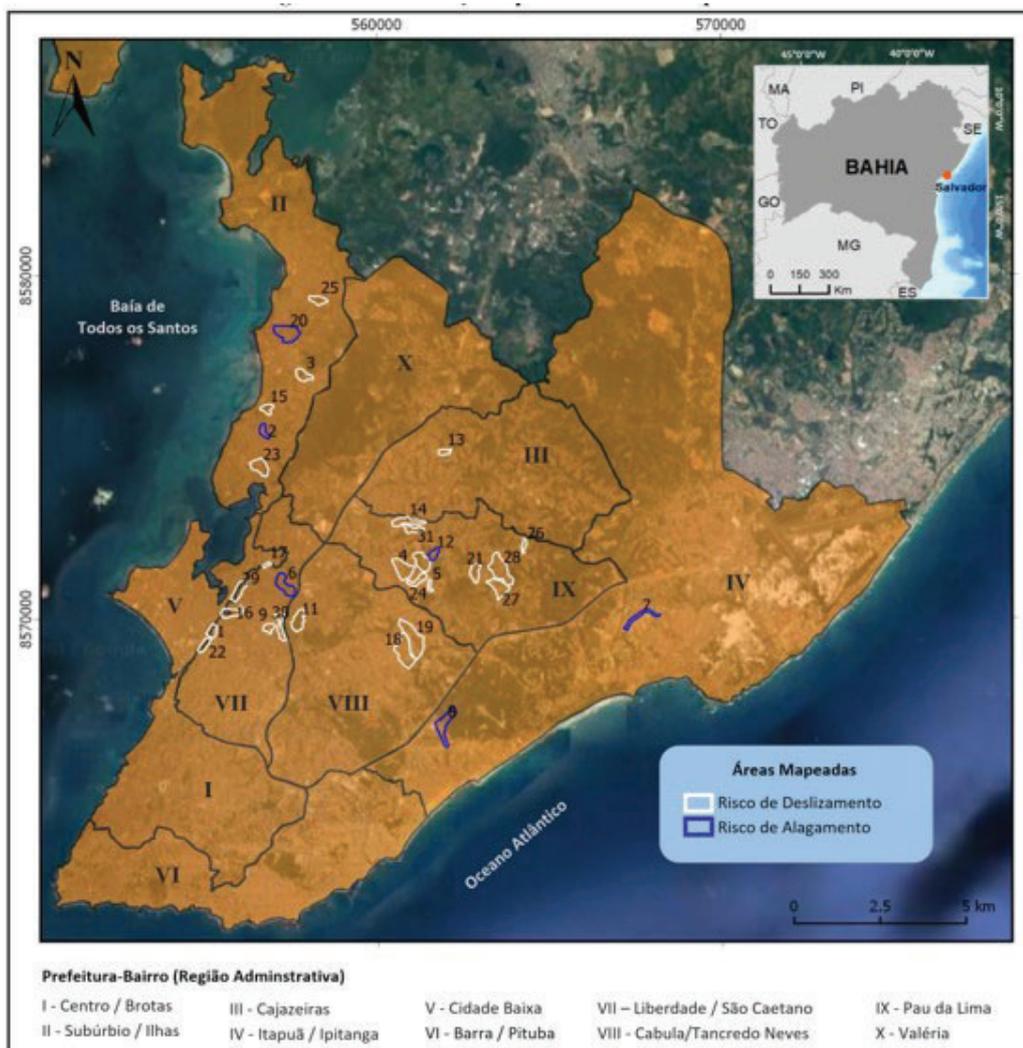


Fig. 7.1 - Distribuição espacial das áreas mapeadas.

Quadro 7.2: Principais elementos observados em campo para caracterização das áreas de risco.

Evidências de instabilização	Substrato
Trincas nas casas e/ou terreno; inclinação de objetos rígidos: poste, muro, árvore, cerca; degraus de abatimento no terreno; fendas de tração no terreno; cicatrizes de deslizamento.	Exposição de rocha (tipo, grau de alteração química e física); tipo de solo (argiloso, argiloarenoso, arenoso etc); coesão (friabilidade); permo-porosidade; espessura do solo; aterros.
Relevo	Vegetação
Morfologia geral da área; altura e geometria das encostas; declividade	Presença de árvores; vegetação rasteira (arbustos, capim); área desmatada; cultivo.
Dinâmica das águas superficiais	Ocupação / Condicionantes antrópicos
Presença de córregos; direção de fluxo; tipo de escoamento (concentrado, difuso, laminar); presença de nascentes / surgência de água; acúmulo de água em superfície - evidências de saturação do solo.	Densidade da ocupação; remoção da vegetação natural / desmatamento; lançamento / vazamento de esgoto e/ou água na encosta; presença de sistema de drenagem (conservação/danos); presença de cortes e aterros; lançamento de resíduos sólidos (entulho/lixo)
Feições erosivas	
Sulcos; ravinas; voçorocas	

sugeridos por (BRASIL, 2006), que descreve o grau de risco em função da ocorrência dos fatores condicionantes, naturais e antrópicos, identificados em campo (Quadro 7.3).

Pós-Campo

O registro das informações foi realizado por meio de relatórios técnicos e mapas temáticos. Os relatórios incluem informações básicas das áreas, como localização e acessos, as observações de campo e parte do registro fotográfico considerada mais representativa da condição atual.

Dentre os mapas temáticos produzidos a partir dos dados coletados, destacam-se o mapa diagnóstico e o mapa de risco. O mapa diagnóstico consiste na representação dos principais condicionantes identificados (substrato, relevo, drenagem natural, lançamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos etc.) que expressam a condição atual da área de risco. O mapa de risco, por sua vez, apresenta a delimitação dos principais setores vulneráveis e susceptíveis a deslizamentos. Outros mapas auxiliares foram gerados como, por exemplo, mapa de localização, mapa de evacuação, mapa de intervenção (prognóstico) e mapa de placas.

Uma vez que os mapas de risco subsidiam a construção do mapa de evacuação, onde são determinadas quais moradias devem ser evacuadas num momento de alerta de deslizamento, as áreas não foram simplesmente segmentadas em setores homólogos,

ou seja, setores que apresentam o mesmo risco de deslizamento. O mapeamento, por outro lado, delimitou as porções das encostas susceptíveis a movimentações de massa e os assentamentos vulneráveis a estes eventos, possibilitando, assim, a definição das moradias a serem evacuadas num momento de alerta.

Para efeito deste trabalho de monografia, os mapas são apresentados de forma sintetizada, em função das limitações de escala que resultam da necessidade de ilustrar todas as áreas mapeadas.

7.7 Estado da Arte - Conceitos e Terminologia

Conceitos Básicos de Risco

Apesar do crescente número de trabalhos envolvendo mapeamento de risco de deslizamento, existe pouca uniformidade de definições e terminologia, desta forma termos como suscetibilidade, vulnerabilidade e risco são aplicados de formas distintas, resultando em produtos com confiabilidade e precisão diferentes. Segundo Fell et al. (2008), inúmeros métodos divergentes para o mapeamento de perigo de deslizamento tem sido testados e postos em prática em diferentes contextos por mais de 30 anos, evidenciando uma carência de padronização. Dentre os trabalhos que definem os conceitos relacionados ao estudo de risco encontra-se, por exemplo, Varnes (1984), o qual define o termo natural hazard (perigo) como sinônimo de suscetibilidade. Por outro lado, Zuquete (1993) define hazard como um fenômeno de origem natural, que se manifesta em um lugar específico, em tempo determinado, produzindo efeitos adversos nas pessoas, nos bens ou no meio ambiente.

Cascini et al. (2005) ratifica a necessidade de uma terminologia unificada, associada a métodos consolidados para avaliação dos componentes do risco e classificação dos mesmos, permitindo que os zoneamentos de áreas distintas possam ser comparados e analisados conjuntamente. A padronização visa também assegurar a confiabilidade da avaliação de risco, através de procedimentos que garantam que etapas fundamentais na análise de risco sejam devidamente consideradas e executadas.

No entanto, esta padronização esbarra em dificuldades como: as diferentes condições encontradas nos diferentes países (sejam elas econômicas, estruturais ou naturais), a escassez de dados sobre as ocorrências de deslizamentos, a complexidade intrínseca do processo de deslizamento e seus contextos geológicos distintos e a própria falta de entendimento dos conceitos de risco pela população e pela gestão pública.

Quadro 7.3: Critérios para definição do grau de probabilidade de ocorrência de deslizamento.

Grau	Descrição
Baixo ou sem risco	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, entre outros) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamento. Não há evidências de instabilização em encostas. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de deslizamentos no período de um ciclo chuvoso.
Médio	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, entre outros) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e a presença de evidências de instabilidade é incipiente. Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de deslizamentos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.
Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, substrato, entre outros) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos (ex.: alta declividade, substrato friável, cortes e aterros). As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento, trincas em moradias, objetos rígidos inclinados, cicatrizes de deslizamento e feições erosivas) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de deslizamentos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.

Neste contexto, com o objetivo de construir um manual técnico para o zoneamento de suscetibilidade, perigo e risco de deslizamento que tivesse aceitação internacional, o JTC 1 - Joint Technical Committee on Landslide and Engineered Slopes (Comitê Técnico de Escorregamentos e Taludes Construídos) criou um comitê científico que contou com a colaboração de especialistas de 15 países, dentre os quais o Brasil.

O trabalho do comitê resultou na publicação de Fell et al. (2008), intitulado *Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning* (Diretrizes para o Zoneamento da Suscetibilidade, Perigo e Risco de Deslizamento para Planejamento do Uso do Solo). Dentre as diretrizes propostas pelo manual, destacam-se definições e terminologias para uso internacional, descrição dos tipos e níveis de mapeamento de risco, orientações sobre informações requeridas para as diferentes escalas de mapeamento e orientações sobre confiabilidade, validade e limitações dos métodos.

No Brasil, Augusto Filho et al. (1990) propõem uma ho-

mogeneização nacional da terminologia e conceitos, definindo termos como acidente, evento e risco de maneira muito próxima às definições mais aceitas atualmente. O tema ganhou mais força a partir da criação da Política Nacional de Defesa Civil (PNDC), que preconiza a prevenção de desastres como forma de atuação prioritária, tendo em vista que ações de resposta aos desastres e de reconstrução exigem muitos gastos e desviam recursos que poderiam ser alocados em programas de desenvolvimento (BRASIL, 2007a). A PNDC, além do estabelecimento de diversas metas de realização de estudos de risco, trouxe uma série de definições como desastre, risco, dano e vulnerabilidade.

Em 2006, o Ministério das Cidades publicou um livro-guia intitulado *Prevenção de Riscos de Deslizamentos de Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais*, com o intuito de subsidiar a implementação de políticas de prevenção de riscos pelas prefeituras. Esta publicação define diversos conceitos voltados ao estudo de risco, discute a análise de risco e sugere diretrizes para o mapeamento nos municípios brasileiros na tentativa de uniformizar a abordagem do tema no âmbito da Defesa Civil

e seus instrumentos político-administrativos. O livro faz parte do programa nacional de capacitação do Ministério das Cidades, criado em 2003 juntamente com a Ação de Apoio à Prevenção e Erradicação de Riscos em Assentamentos Precários, que forneceu apoio financeiro aos municípios para elaboração dos Planos Municipais de Redução de Riscos (BRASIL, 2006). Outras publicações apoiadas pelo Ministério das Cidades serviram de guia para a análise e mapeamento de risco no país, a exemplo de Brasil (2007b), utilizado como material de treinamento de equipes municipais para o mapeamento e gerenciamento de riscos.

Em 2012, a Lei Nacional 12.608 passa a fornecer amparo legal à gestão de riscos, com a definição de novas obrigações do poder público nas esferas federal, estadual e municipal. O plano Plurianual e o respectivo orçamento da União determinam a realização de inúmeras ações no combate aos desastres naturais causados pelos movimentos de massa, destinando recursos jamais vistos no país. Dentre essas ações estão os mapeamentos de suscetibilidade, vulnerabilidade e risco, sob a responsabilidade dos ministérios das Cidades e da Integração Nacional, e do Serviço Geológico do Brasil - CPRM (FELL et al., 2008).

De modo geral, as definições de Augusto Filho et al. (1990), Brasil (2006), Brasil (2007b) e Fell et al. (2008) são consonantes e complementares. Portanto, os conceitos aqui abordados são fruto da compilação destas publicações que comumente são utilizados como diretrizes para os trabalhos de mapeamento de risco de deslizamento no âmbito nacional e internacional.

As definições dos principais termos aplicados em estudos de áreas de risco são:

Evento: Fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo, sem causar dano econômico e/ou sociais. Desta forma, o evento trata de um fato já ocorrido;

Acidente: Refere-se a um fato já ocorrido, onde foram registradas consequências sociais e/ou econômicas, danosas ao cidadão (perdas e danos);

Perigo: Condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável (dano econômico e/ou social). São vários os processos do meio físico que podem causar situações de perigo de movimentos de encostas, a exemplo de escorregamentos de taludes naturais ou encostas, quedas de blocos rochosos, corridas de lama e/ou de blocos, deslizamentos de aterros, deslizamentos de lixo e de entulhos lançados nas encostas, entre outros;

Vulnerabilidade: Grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo;

Suscetibilidade: Indica a potencialidade de ocorrência de

processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência;

Risco: Indica a probabilidade de ocorrência de algum dano a uma população, pessoas ou bens materiais. É uma condição potencial de ocorrência de um acidente. O risco é frequentemente definido como o produto entre a probabilidade de ocorrência de um fenômeno e suas consequências, através da expressão $R = P \times C$, onde R é o risco, P consiste na suscetibilidade à ocorrência de um fenômeno e C representa as consequências potenciais, diretamente relacionadas à vulnerabilidade da ocupação. Esta expressão permite interpretar que a ausência de vulnerabilidade elimina o risco, o que justifica a gestão de risco atuar, muitas vezes, na redução da mesma, com medidas tais como implantação de sistemas de alerta e alarme e relocação de moradores. Da mesma forma, a eliminação da suscetibilidade também leva à mitigação do risco, por meio da atuação sobre os processos ou fenômenos, em geral, com obras de engenharia que vão desde sistemas de drenagem a grandes obras de contenção; e

Área de risco: Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. No contexto das cidades brasileiras, a maior parte dessas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda.

7.8 Mapeamento de risco

No que diz respeito aos estudos de risco de deslizamento, não apenas as terminologias e conceitos apresentam divergências ao longo dos anos. Fell et al. (2008) discutem o fato de diferentes metodologias para elaboração dos mapas de risco geológicos terem sido testadas ao longo das últimas décadas em todo o Mundo. Segundo Brasil (2006), estes mapeamentos são predominantemente realizados por meio de avaliações qualitativas, embora tenham surgido exemplos de quantificação de risco através da análise da probabilidade anual (frequência) de deslizamentos de terra potenciais e quantificação da vulnerabilidade das ocupações.

As análises qualitativas, apesar de não utilizar parâmetros quantitativos, são baseados numa diversidade de critérios a serem analisados principalmente em campo, tais como tipo de substrato, declividade, vegetação, ocupação urbana, drenagem, tipologia do processo e indícios de deslizamento. Estes critérios conjuntamente contribuem para a definição do grau de risco de determinada área ou setor. Infelizmente, a percepção destes parâmetros está subordinada à experiência e à vivência do profissional nos trabalhos de mapeamento (BRASIL, 2006).

Segundo Cerri e Carvalho (1990), as análises qualitativas são adequadas para o levantamento preliminar do quadro de ris-

co de uma região, no qual o importante é estabelecer uma hierarquia de setores que sirva de base para implantação de ações não-estruturais como o planejamento urbano.

A metodologia adotada pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2006) preconiza dois níveis de mapeamento de risco: a setorização (zoneamento) e o cadastramento. A setorização consiste na delimitação de zonas ou setores nos quais as moradias compartilham do mesmo grau de risco. A setorização, então, compreende uma certa generalização, uma vez que em meio às moradias de determinado setor, podem haver edificações que não se encontram no mesmo grau de risco que as demais.

Por outro lado, o cadastramento envolve a análise do risco moradia por moradia, não envolvendo generalização. De maneira geral, a setorização fornece dados suficientes para definição das ações necessárias para a gestão dos riscos identificados. No entanto, quando é necessário um nível de detalhe maior, devem ser realizados os cadastramentos.

Brasil (2006) sugere que, uma vez selecionado o nível de mapeamento a ser desenvolvido, o trabalho de campo deve desenvolver as seguintes atividades:

1. definição dos processos perigosos (processos do meio físico que podem causar situações de risco);
2. identificação dos fatores condicionantes e predisponentes aos processos de instabilização (declividade, substrato, drenagem, vegetação, habitação), bem como evidências de instabilidade (trincas no terreno e em moradias, inclinação de objetos rígidos, cicatrizes de deslizamentos, dentre outras);
3. registro dos resultados das investigações e das interpretações em ficha de campo;
4. delimitação dos setores;
5. localização precisa das áreas de risco e
6. estimativa das consequências potenciais do perigo identificado.

Segundo Geo-Rio (2000), as cartas de risco devem conter informações de áreas anteriormente afetadas por deslizamentos e obras de instabilização existentes no local, além da delimitação das áreas sujeitas a novos deslizamentos e base topográfica atualizada. Para atingir este objetivo, é necessário que se reúna todos os dados e informações disponíveis, tais como: fotografias aéreas ou imagens de satélite; mapas temáticos (Geologia, Solo, Geomorfologia); cartas topográficas; inventário de ocorrências e obras de contenção.

Fell et al. (2008) ressaltam a existência de outros tipos de zoneamento de deslizamento, como o zoneamento de suscetibilidade e o zoneamento de perigo. Estes mapeamentos são em geral uti-

lizados para mapeamentos em escalas menores, em geral menores que 1:5.000, que exigem menor nível de detalhes que a setorização de risco. Os mesmos envolvem caracterização do tipo de processo envolvido, sua distribuição espacial, magnitude (área e volume) e frequência (probabilidade), quando em estudos quantitativos. No entanto, o zoneamento de suscetibilidade e perigo não compreendem análise dos elementos em risco, ou seja, da vulnerabilidade.

De maneira geral, o objetivo do estudo determina o tipo e nível de detalhe do mapeamento e a escala dos mapas. Todavia, vários outros fatores podem condicionar o mapeamento, como, por exemplo, o estágio de desenvolvimento do plano ou projeto de zoneamento. Zoneamentos de suscetibilidade e de perigo são mais utilizados em estágios iniciais de desenvolvimento. Da mesma forma, o financiamento disponível pode ser um condicionante prático, visto que os mapeamentos de suscetibilidade e de perigo envolvem um custo menor e maior praticidade que o zoneamento de risco.

7.9 Terminologia de Classificação de Movimentos de Massa

Hutchinson (1968) define movimentos gravitacionais de massa como o deslocamento declive abaixo de materiais como sedimento, rocha e/ou solo que ocorrem sob ação da gravidade. Embora agentes de transporte como a água possam estar envolvidos nesses processos, eles não atuam como agentes primários de transporte.

São diversos os sistemas classificatórios de movimentos de massa, os quais definem uma série de terminologias para descrever os diferentes tipos de movimentos existentes. Dentre os estudos que abordam o tema, destacam-se Hutchinson (1968), Varnes (1958; 1978), Guidicini e Nieble (1984), Cruden e Varnes (1996) e Augusto Filho (1992). Segundo Augusto Filho (1994), as inúmeras classificações são baseadas principalmente nos seguintes critérios:

- Cinemática do movimento: definida pela velocidade, direção e sequência dos deslocamentos;
- Tipo de material: solo, rocha, detritos e depósitos em geral e
- Geometria: extensão e forma da superfície de ruptura e material mobilizado.

A classificação proposta por Varnes (1978) é considerada como o sistema classificatório oficial pela International Association of Engineering Geology (IAEG), sendo uma das mais utilizadas mundialmente (BANDEIRA, 2003). Esta classificação se baseia no tipo de movimento e no material transportado,

Quadro 7.4: Classificação dos movimentos de massa.

Tipo de movimento		Material predominante	Cinética e geometria
Queda		Lascas de rocha, blocos de rocha fraturada ou solo em margens de corpos d'água	Queda livre com ou sem repique em planos inclinados
Tombamento		Lascas de rocha com fraturamento subvertical	Basculamento e posterior queda de lascas de rocha
Rolamento		Blocos de rocha e/ou matacões	Rolamento de blocos/matacões aflorantes em taludes de solo
Escorregamentos	Rotacional	Rochas muito fraturadas ou solos espessos sem anisotropia relevante ou resíduos sólidos urbanos	Movimentos rápidos ou lentos ao longo de superfícies aproximadamente conchoidais ou cilíndricas
	Translacional	Blocos de rocha ao longo de foliação ou descontinuidade, solos rasos sobre rocha ou camada resistente, resíduos sólidos urbanos sobre material mais resistente	Movimentos rápidos ou lentos ao longo de superfícies aproximadamente planas
	Em cunha	Blocos de rocha	Movimento ao longo de linha de intersecção entre dois planos de descontinuidade
Fluxo	Corrida	Detritos (mistura de solo com blocos de rocha, vegetação etc) ou lama	Movimento semelhante ao de um líquido viscoso, desenvolvido ao longo dos fundos de vale, com altas velocidades (>20km/h) e extenso alcance
	Rastejo	Solos coluvionares ou massa de tálus	Velocidades muito baixas (mm a cm/ano). Movimentos paralelos à superfície, constantes, sazonais ou intermitentes, usualmente com nível do lençol freático próximo a superfície.
Complexos		Materiais diversos	Combinação de dois ou mais dos principais tipos de movimento

Fonte: Geo-Rio (2000).

distinguindo, assim, cinco tipos de movimentos: quedas (falls), tombamentos (topples), escorregamentos (slides), espalhamentos (spreads) e corridas (flows). A combinação de dois ou mais tipos de movimento de massa caracteriza um tipo complexo de movimento.

Segundo Bandeira (2003), a classificação de Augusto Filho (1992) consiste num referencial para os trabalhos desenvolvidos no Brasil. Considerando as particularidades da dinâmica das encostas brasileiras e as classificações anteriores, o autor agrupa os movimentos de massa em quatro classes: rastejos, escorregamentos, quedas e corridas. O Quadro 7.4 apresenta os diferentes tipos de movimentos de massa propostos por Geo-Rio (2000) a partir de uma adaptação das classificações de Augusto Filho (1992) e Varnes (1978).

Os tipos de movimentos de massa mais comumente identificados em Salvador são os escorregamentos rotacionais e translacionais. Highland e Bobrowsky (2008) definem escorregamento como um movimento de solo ou rocha, em encostas, que ocorre sobre superfícies de ruptura ou sobre zonas com intensa deformação por cisalhamento. Segundo Tominaga e Amaral (2009), o termo deslizamento é utilizado como sinônimo de escorregamento.

Segundo Highland e Bobrowsky (2008), o deslizamento rotacional caracteriza-se por uma superfície de ruptura côncava, usualmente associado à forma de uma colher (Figura 7.2).

Seu movimento descreve trajetória aproximadamente curva ou rotacional em torno de um eixo paralelo ao contorno do talude, com velocidade bastante variada, de 0,06m/ano a 18m/ano. Sua ocorrência se dá em materiais homogêneos, desprovidos de acentuada anisotropia, como aterros, pacotes de solo ou depósitos espessos, rochas sedimentares ou cristalinas fraturadas.

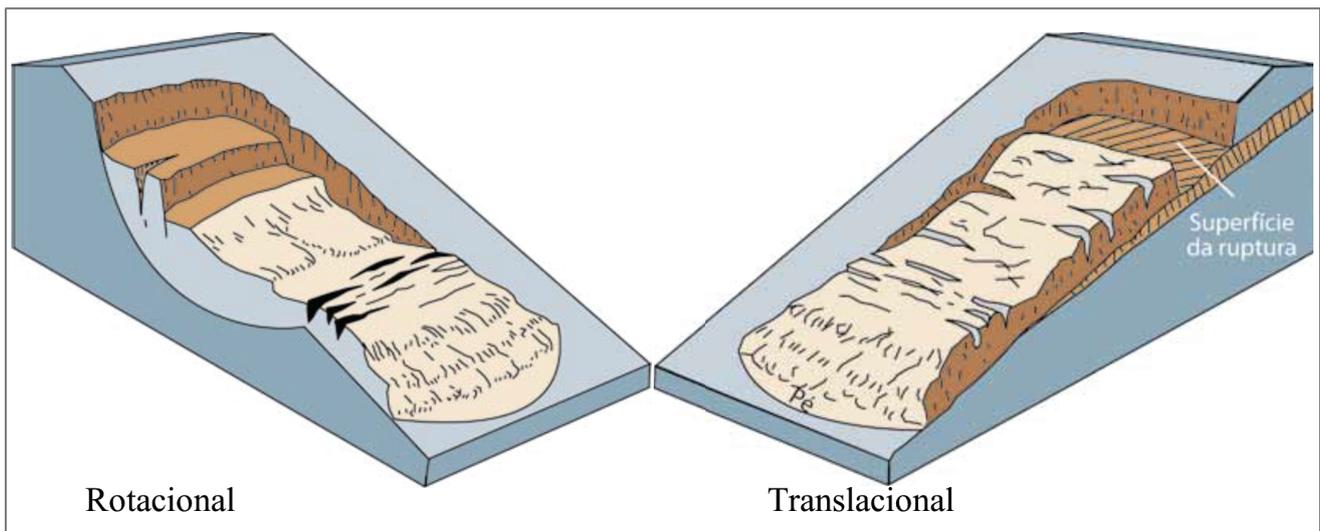
O deslizamento translacional ou planar, por outro lado, é marcado por uma superfície de ruptura plana, com reduzido movimento rotacional. São comuns em solos ou depósitos rasos sobre rocha, saprólito ou material resistente, normalmente associado a altas declividades. Deslizamentos planares são também desenvolvidos ao longo de descontinuidades geológicas como falhas, estratificações, planos de contato litológico ou solo/rocha. Em geral, são mais rasos e mais rápidos que o rotacional. Suas velocidades podem atingir cerca de 1,5m/mês a 1,5m/dia.

7.10 Estudos preliminares na área de estudo

Apesar do quadro recorrente de deslizamentos em encostas de Salvador, existem poucos registros de estudos de risco com abrangência municipal. Dentre os trabalhos de mapeamento de deslizamento que foram desenvolvidos em toda cidade, destacam-se o Plano Diretor de Encostas (PDE) (SALVADOR, 2004) e o mapeamento de suscetibilidade executado por CPRM (2014).

O Plano Diretor de Encostas, publicado em 2004, identi-

Figura 7.2: Esquema ilustrativo dos deslizamentos rotacional e translacional (planar).



Fonte: Highland e Bobrowsky (2008)

cou 437 áreas de risco distribuídas em toda cidade e desde então tem subsidiado a gestão municipal e estadual em ações de controle e prevenção de desastres envolvendo deslizamentos em encostas, principalmente no que diz respeito a obras de contenção. No entanto, o estudo é considerado por muitos como um instrumento obsoleto, uma vez que o risco é dinâmico, ou seja, mutável ao longo do tempo e o PDE foi executado há mais de 10 anos. Abrindo, assim, espaço para a execução de novos estudos.

No trabalho desenvolvido por (CPRM, 2014), Salvador foi objeto do mapeamento de suscetibilidade natural a movimentos gravitacionais de massa e inundações. Este mapeamento foi executado numa escala de 1:25.000 e compartimentada toda a área municipal com base em seu grau de suscetibilidade. A classificação não considera a ocupação e sua intervenção no terreno, o estudo analisa apenas a suscetibilidade natural a deslizamentos e inundações.

Um importante instrumento na prevenção de risco em Salvador consiste no sistema de monitoramento e alerta de processos de deslizamento e inundação sob responsabilidade do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais – CEMADEN. Este projeto foi iniciado após a criação do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (BRASIL, 2012). O mesmo se baseia em dados pluviométricos para prevenção de risco.

Santos (2011) desenvolveu um projeto de mapeamento de inventário de ocorrências registradas pela Defesa Civil de Salvador entre os anos de 2005 e 2009, no qual o autor mapeia a distribuição espacial das ocorrências e gera uma série de mapas com base nos seus diferentes tipos (alagamento, desabamento de imóvel, deslizamento, entre outros). O estudo revela que bairros como São Marcos, São Caetano, Pau da Lima, Pernambués,

Sussuarana, Novo Horizonte, Brotas, Castelo Branco e Canabrava são repetidamente afetados por eventos de deslizamento e inundações.

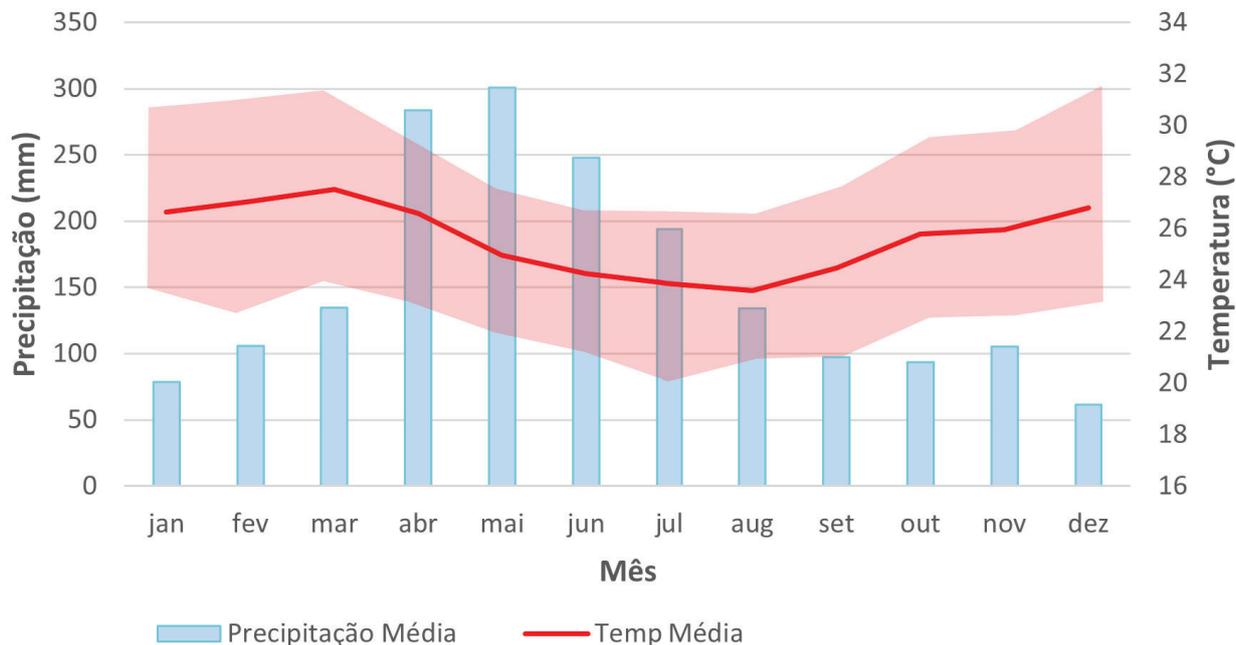
Estudos com abordagens mais pontuais e maior escala de trabalho foram também desenvolvidos no município, dentre eles: Silva (2005) analisou o impacto do passivo ambiental representado pelas pedreiras abandonadas em Salvador; Dias (2006) desenvolveu o mapeamento de suscetibilidade do bairro Engenho Velho de Brotas a partir da aplicação de sistemas de informações geográficas; e Alves (2017) estudou a mobilidade do solo na Chácara Santo Antônio através da análise de patogenias construtivas evidenciadas nas residências.

O mapeamento desenvolvido pela Codesal em 2016 surge como uma tentativa de iniciar o processo de suprimento da demanda por mapas de risco mais atuais, em escala adequada, com abrangência municipal e distribuição espacial baseada principalmente no inventário de ocorrências.

Área de Estudo

As áreas de risco mapeadas encontram-se distribuídas em cerca de vinte bairros de Salvador (Quadro 8.2). O processo de deslizamento em encostas corresponde à principal fonte de risco em vinte e cinco destas áreas, principal foco de análise deste trabalho, enquanto o risco de alagamento predomina nas áreas restantes, conforme ilustrado na Fig. 7.1.

Figura 7.3: Diagrama ombrotérmico para Salvador, 1991-2016. Estação 83229 - Ondina. Fonte: INMET (2017).



Fonte: INMET (2017).

7.11

Contexto Regional

Aspectos Climáticos

A água consiste num dos principais agentes deflagradores de deslizamentos (BRASIL, 2006), desta forma, é importante que se conheça o comportamento do clima, principalmente a distribuição das chuvas, nas áreas consideradas de risco, possibilitando a otimização das ações de gerenciamento. Campos (1984) defende que a maioria dos deslizamentos de solos residuais em taludes naturais está associada a estação de maiores chuvas em Salvador, evidenciando a importância de se entender a distribuição da precipitação no município.

De maneira geral, a infiltração e progressiva saturação do solo provoca a diminuição da resistência do solo ao cisalhamento pela perda de sucção ou coesão aparente e conseqüentemente reduz o fator de segurança, relação entre as forças resistentes e as forças solicitantes ao deslizamento (BANDEIRA, 2003).

Conforme ilustrado pelo diagrama ombrotérmico (Figura 10.3), Salvador não possui estação seca, sendo marcada pela ocorrência de chuvas durante todo o ano. Segundo dados do INMET (2017), a precipitação média anual da Cidade é de aproximadamente 1800mm, variando entre 1300 e 2300mm. Cerca de dois terços da chuva anual é concentrada nas estações de outono e inverno, com destaque para os meses de abril, maio, junho e julho.

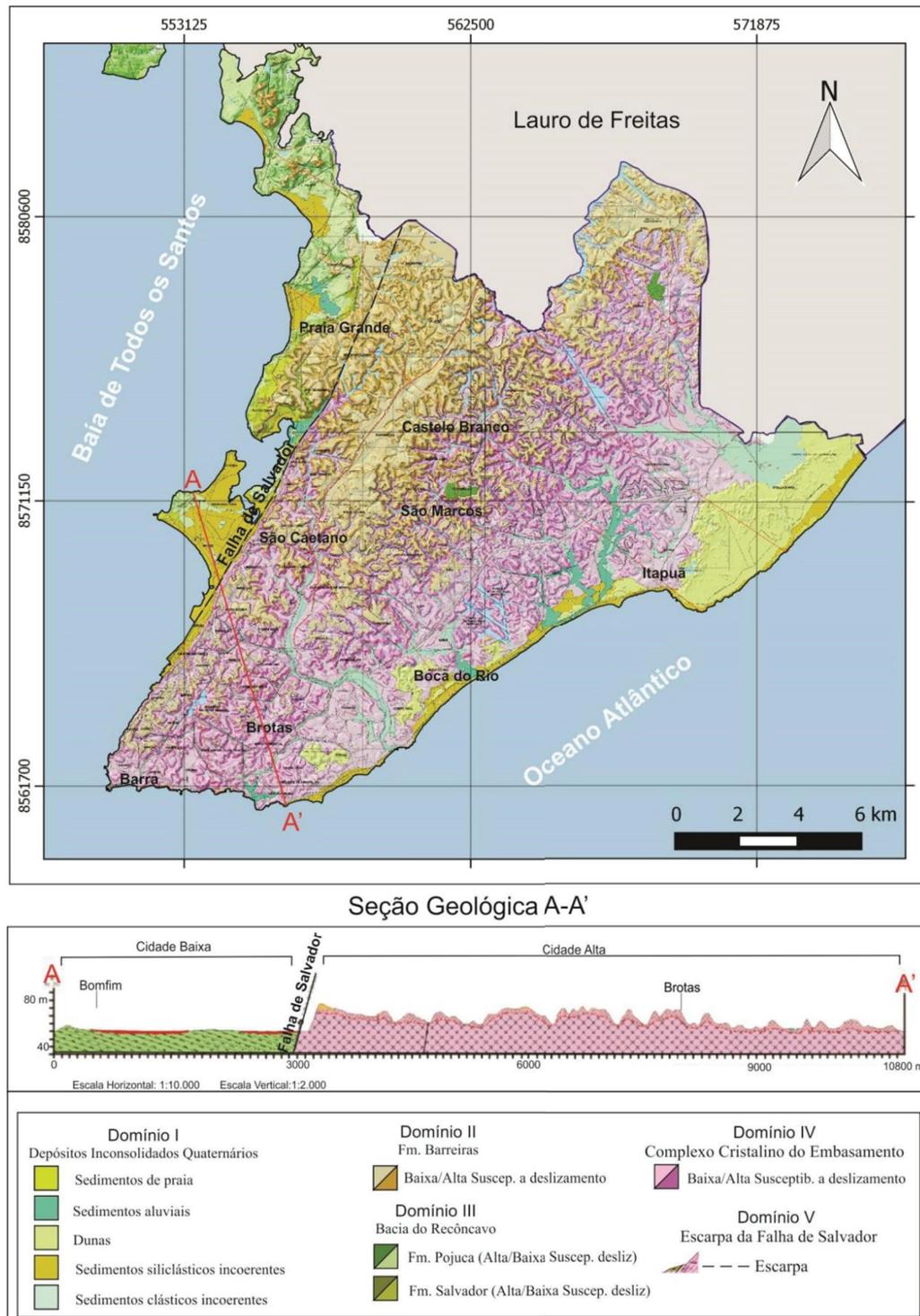
Segundo classificação de Köppen (1948), o clima de Salvador é do tipo Af, quente e úmido, com temperaturas médias de 25,5°C, variando entre 31,5 e 20°C ao longo do ano. As variações médias mensais são inferiores a $\pm 2^\circ\text{C}$ e amplitude térmica é de 6°C (INMET, 2017). Assim como a precipitação, os maiores valores de umidade relativa concentram-se no período de outono/inverno, com médias de pouco mais de 83% no mês de junho. Como resposta à alta umidade relativa, as menores taxas de evaporação são registradas neste período, com valores de evaporação total de aproximadamente 67mm no mês de maio. Por outro lado, nas estações de primavera e verão, são registradas as maiores taxas de evaporação, com valores de até 95 mm em janeiro, totalizando cerca de 970mm/ano (INMET, 2017).

Geologia

Segundo Barbosa et al. (2005), Salvador é marcada por três grandes domínios geológicos: i) a Bacia Sedimentar do Recôncavo, representada pelas formações Pojuca e Salvador; ii) o Alto de Salvador, constituído essencialmente por rochas metamórficas de alto e médio grau, cortadas por diques máficos e corpos granitóides; e iii) a Margem Costeira Atlântica, representada pelos depósitos terciários e quaternários.

Salvador (2004), por meio do Plano Diretor de Encostas

Fig. 7.5: Mapa geológico de Salvador.



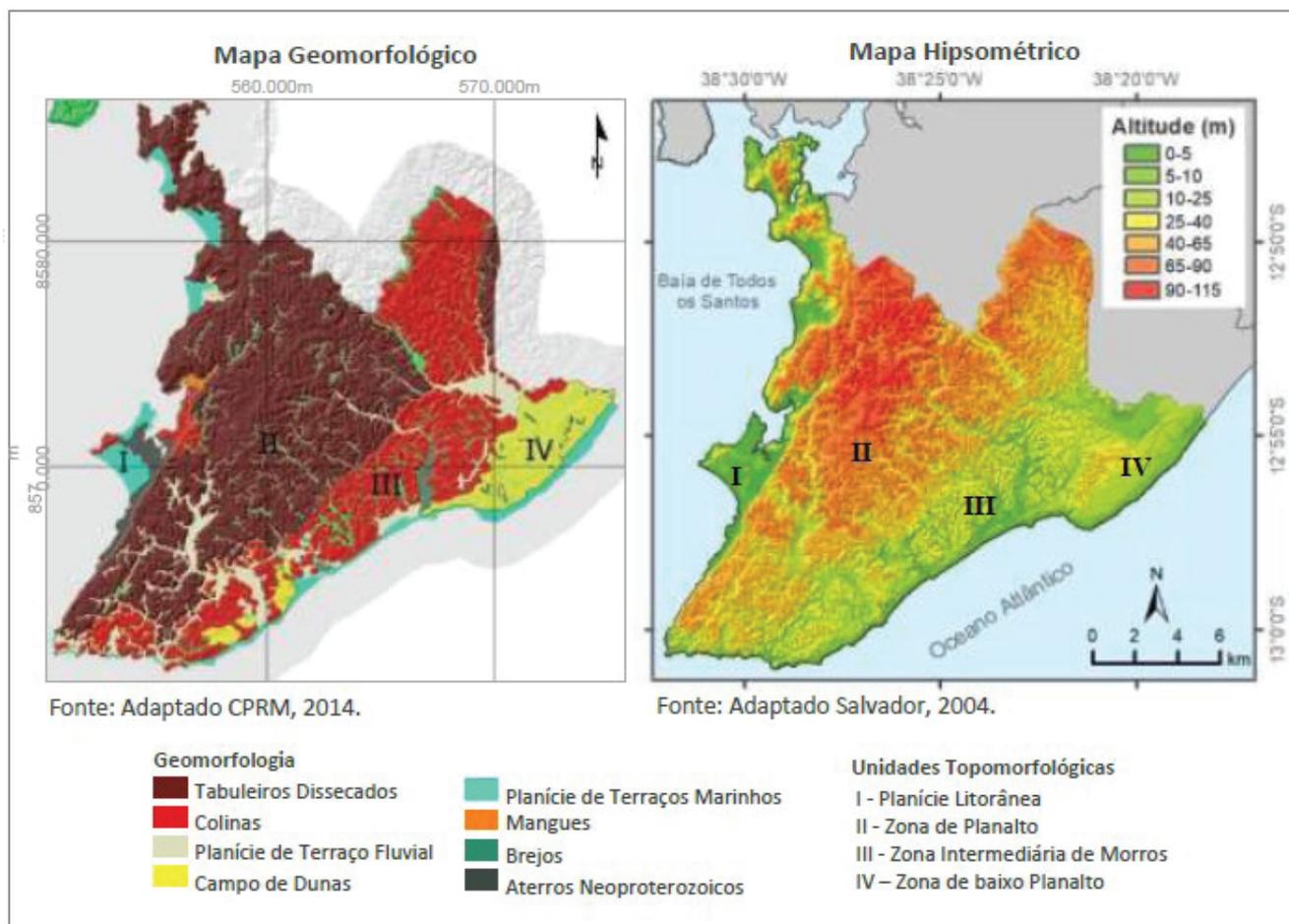
Fonte: Adaptado de Salvador (2004).

(PDE), define uma nova divisão do substrato da Cidade em cinco domínios geológicos-geotécnicos (Figura 8.4), individualizando a Formação Barreiras e a Escarpa da Falha de Salvador como domínios próprios, dada a importância destes elementos geológicos para o risco de deslizamento. O estudo caracteriza estes domínios como:

Domínio I - Depósitos Inconsolidados Quaternários: com-

posto por sedimentos inconsolidados, acumulados nas baixadas interiores e ao longo da zona costeira durante o Quaternário, ocupando, de maneira geral, áreas baixas e úmidas com relevo plano a levemente ondulado. Dentre os depósitos sob influência marinha e eólica, predominantemente arenosos, encontram-se os depósitos de praia, as dunas - depósitos eólicos, os terraços marinhos e os arenitos de praia. Nas planícies interiores, várzeas e charcos predominam os depósitos aluviais.

Figura 7.6: Mapas Geomorfológico e Hipsométrico de Salvador.



Domínio II - Cobertura Continental do Terciário: Corresponde aos sedimentos de natureza arenosa a areno-argilosa da Formação Barreiras que ocorre sobreposta aos sedimentos da Bacia do Recôncavo e ao embasamento cristalino. Aflora principalmente nas porções central e noroeste da Cidade, dando origem a solos arenosos com elevada permo-porosidade e baixa resistência ao cisalhamento, susceptíveis a processos erosivos.

Domínio III - Rochas Sedimentares da Bacia do Recôncavo: Representado pelas formações Pojuca e Salvador. A Formação Pojuca caracteriza-se por arranjo interestratificado de siltitos argilosos e folhelhos, com raras intercalações de arenitos. Estas rochas dão origem a solos expansivos susceptíveis a movimentações entre períodos secos e úmidos. A Formação Salvador, por sua vez, é composta de conglomerados polimíticos sustentado por matriz arenosa.

Domínio IV - Complexo Cristalino do Embasamento: Conjunto de rochas granulíticas, capeadas por um espesso manto de alteração residual e/ou perfis de latossolos, formando um relevo marcado por extenso planalto dissecado, com morros e colinas.

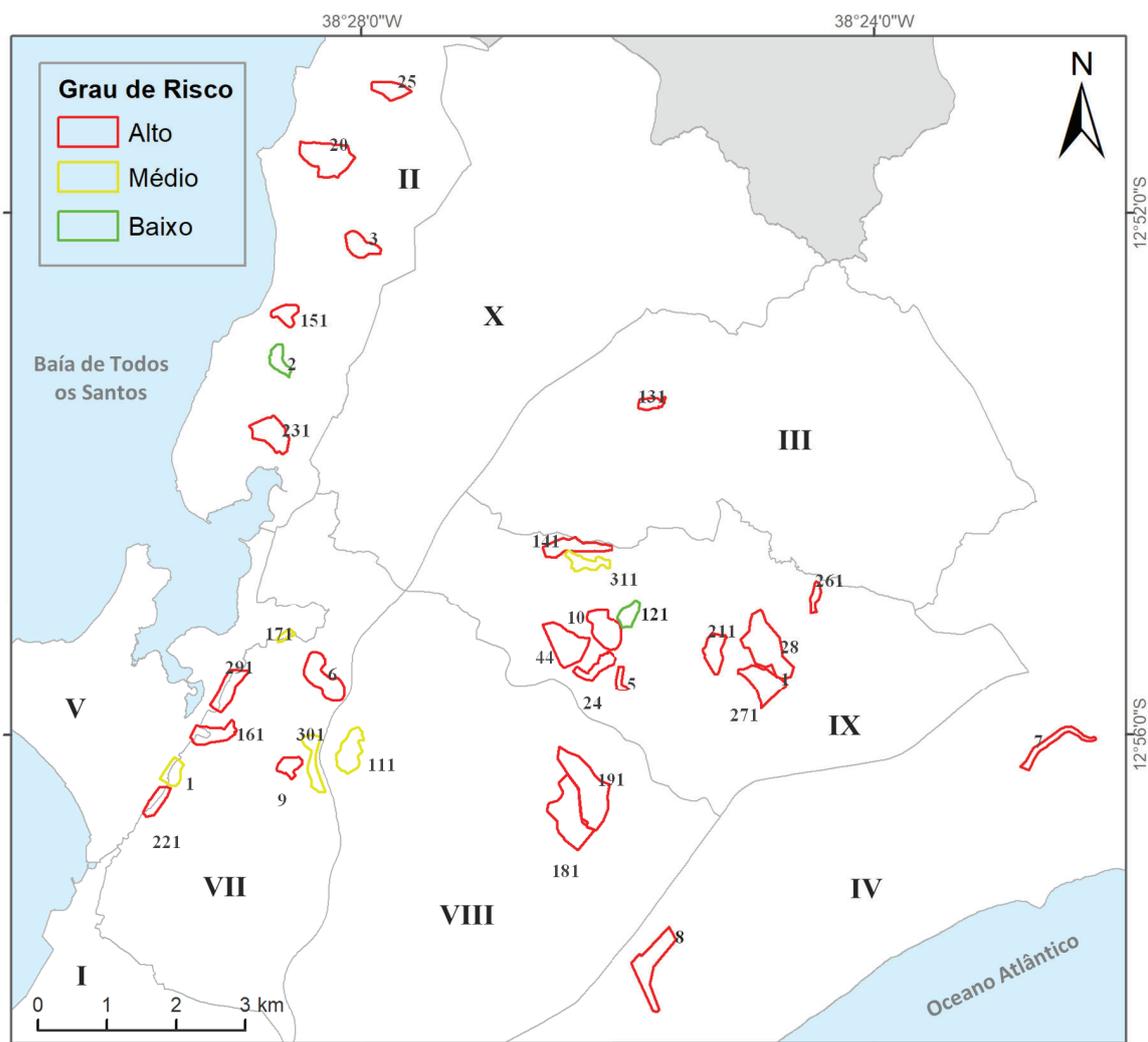
Domínio V – Escarpa Recuada da Falha de Salvador: Esculpida

por processos erosivos atuantes na Falha Geológica de Salvador, que separa os domínios da Bacia do Recôncavo e do Complexo Cristalino. Caracteriza-se por declividades elevadas ($>70^\circ$) e substrato marcado por expressiva heterogeneidade. Os solos residuais que cobrem as rochas cristalinas intensamente fraturadas, dividem espaço com depósitos coluvionares e/ou solos transportados, bem como matacões e blocos do embasamento, criando um arranjo altamente susceptível a movimentos de massa.

Geomorfologia

O relevo de Salvador e sua morfodinâmica são fortemente condicionados pelo arcabouço litoestrutural da Cidade. O exemplo mais expressivo dessa influência é a escarpa da Falha de Salvador, feição que separa dois grandes domínios geológicos e topográficos distintos, a Bacia do Recôncavo e o Alto Cristalino de Salvador. De forma similar, a Falha do Iguatemi, divide o Alto Cristalino em dois segmentos com notável diferença altimétrica, o bloco do oeste sustenta um relevo de tabuleiro com altitudes de

Figura 7.7: Áreas mapeadas classificadas por grau de risco de deslizamento.



Prefeitura-Bairro (Região Administrativa)

I - Centro / Brotas	III - Cajazeiras	V - Cidade Baixa	VII - Liberdade / São Caetano	IX - Pau da Lima
II - Subúrbio / Ilhas	IV - Itapuã / Ipitanga	VI - Barra / Pituba	VIII - Cabula/Tancredo Neves	X - Valéria

até 115m, enquanto o segmento leste é marcado por um relevo de colinas com altitudes de até 60m (Figura 10.6).

Estudo realizado por CPRM (2014) identifica quatro unidades topomorfológicas em Salvador, conforme ilustrado na Figura 10.6:

I - Planície Litorânea: caracterizada por terrenos planos, com altitudes de até 20m, ao longo da zona costeira. Domínio modelado sobre os sedimentos arenosos quaternários, dentre eles as praias atuais, os terraços marinhos e os depósitos fluvio-marinhos.

II - Zona do Planalto: corresponde à porção central da Cidade, com altitudes entre 65 e 115m, desenvolvida sobre o embasamento cristalino e os tabuleiros da Formação Bar-

reiras, além de porção da Bacia do Recôncavo no noroeste da Cidade.

III - Zona Intermediária de Morros: abrange porções periféricas do Planalto, com altitudes moderadas, em geral, de até 65m. Marcado por um relevo de morros e colinas, com topos planos, vertentes íngremes e vales preferencialmente em forma de U.

IV - Zona do Baixo Planalto: porção que se estende da Zona Intermediária de Morros até a Planície Litorânea, com altitudes entre 20 e 65m, onde morros abaulados e colinas sustentados pelo embasamento ocorrem juntos a depósitos de dunas, com vales largos, preenchidos por depósitos fluviais e alúvio-coluviais.

Fig. 7.8: Mapas de risco simplificados das áreas mapeadas (01-06).

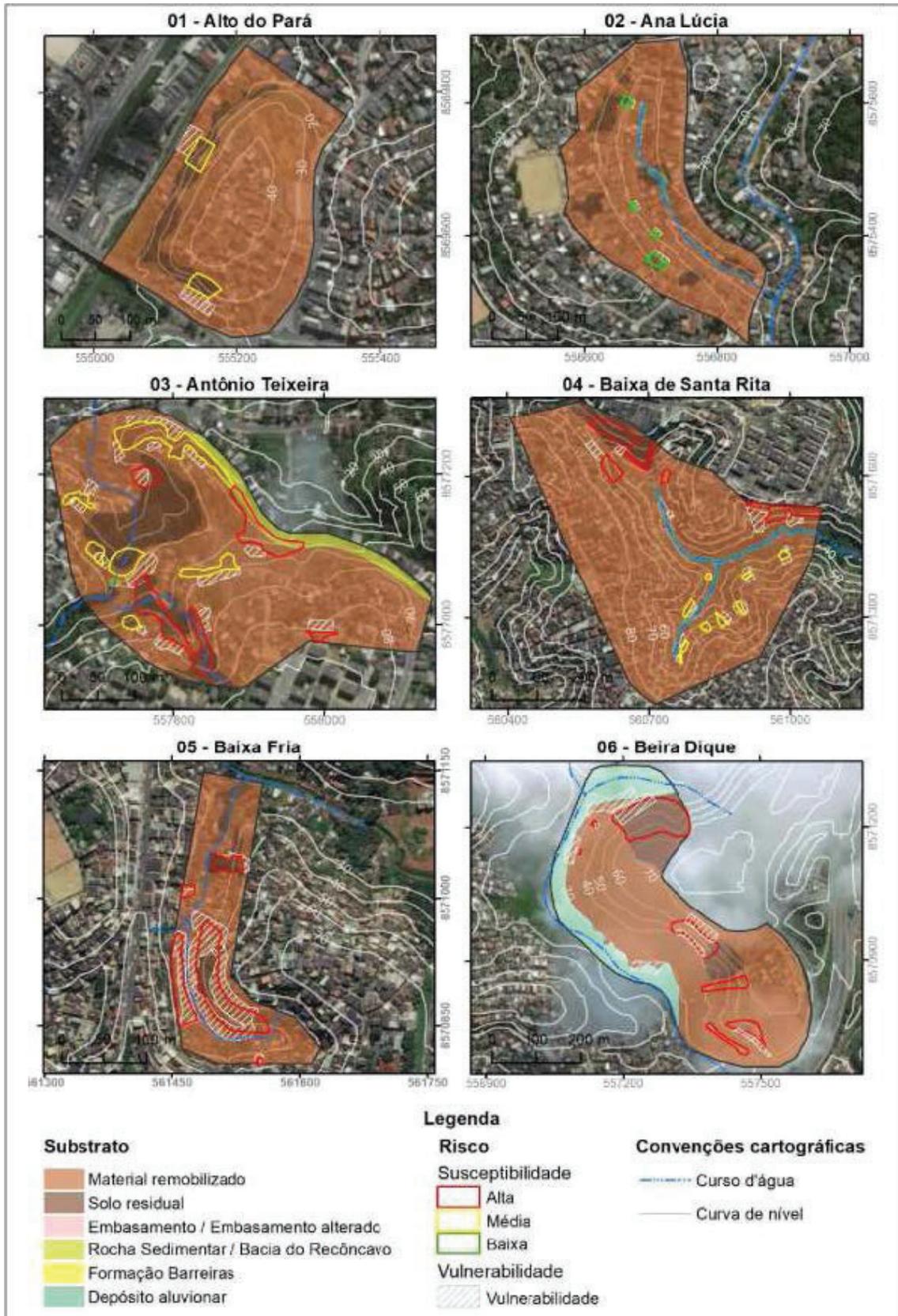


Fig. 7.9: Mapas de risco simplificados das áreas mapeadas (06-12).

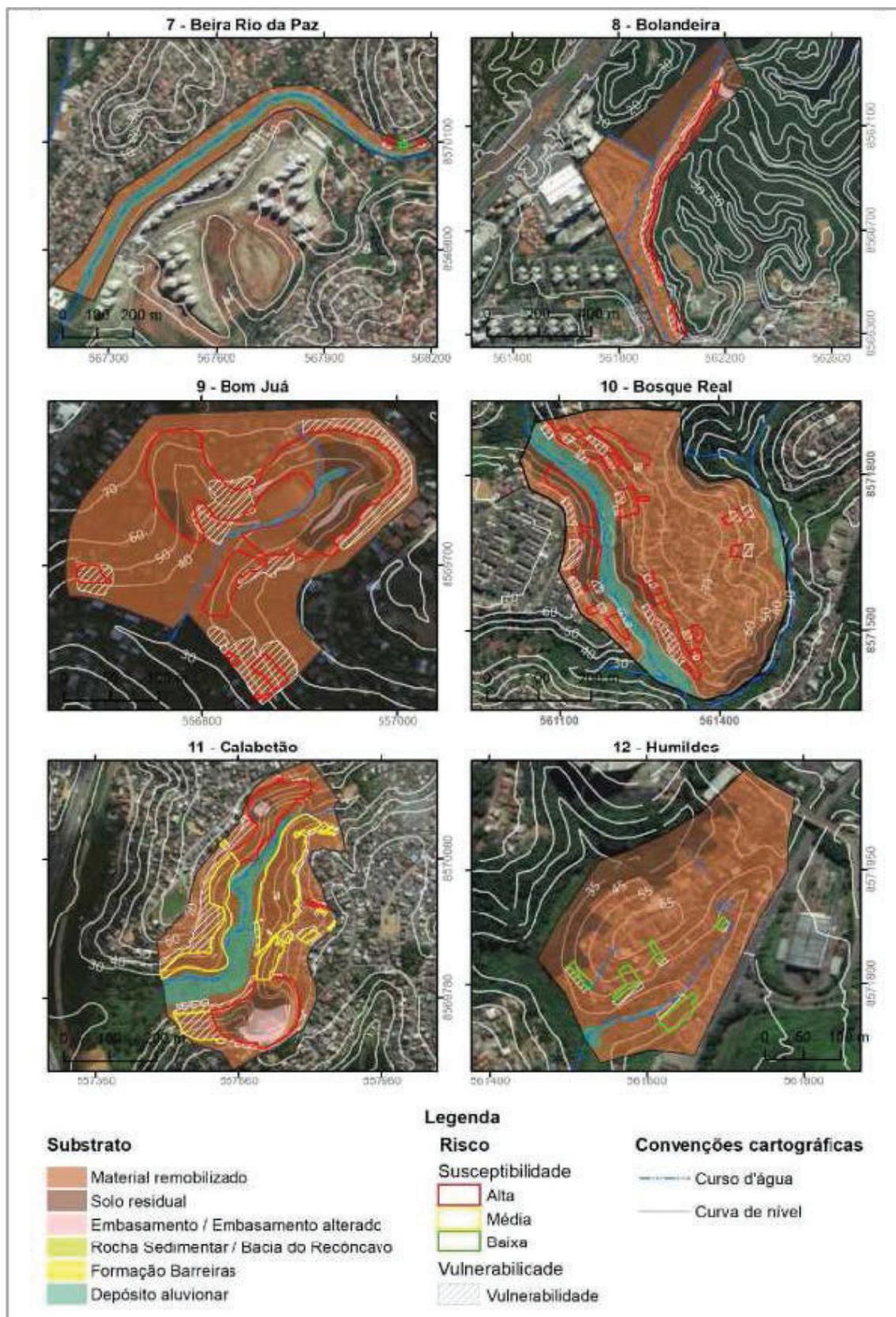


Fig. 10.10: Mapas de risco simplificados das áreas mapeadas (13-19).

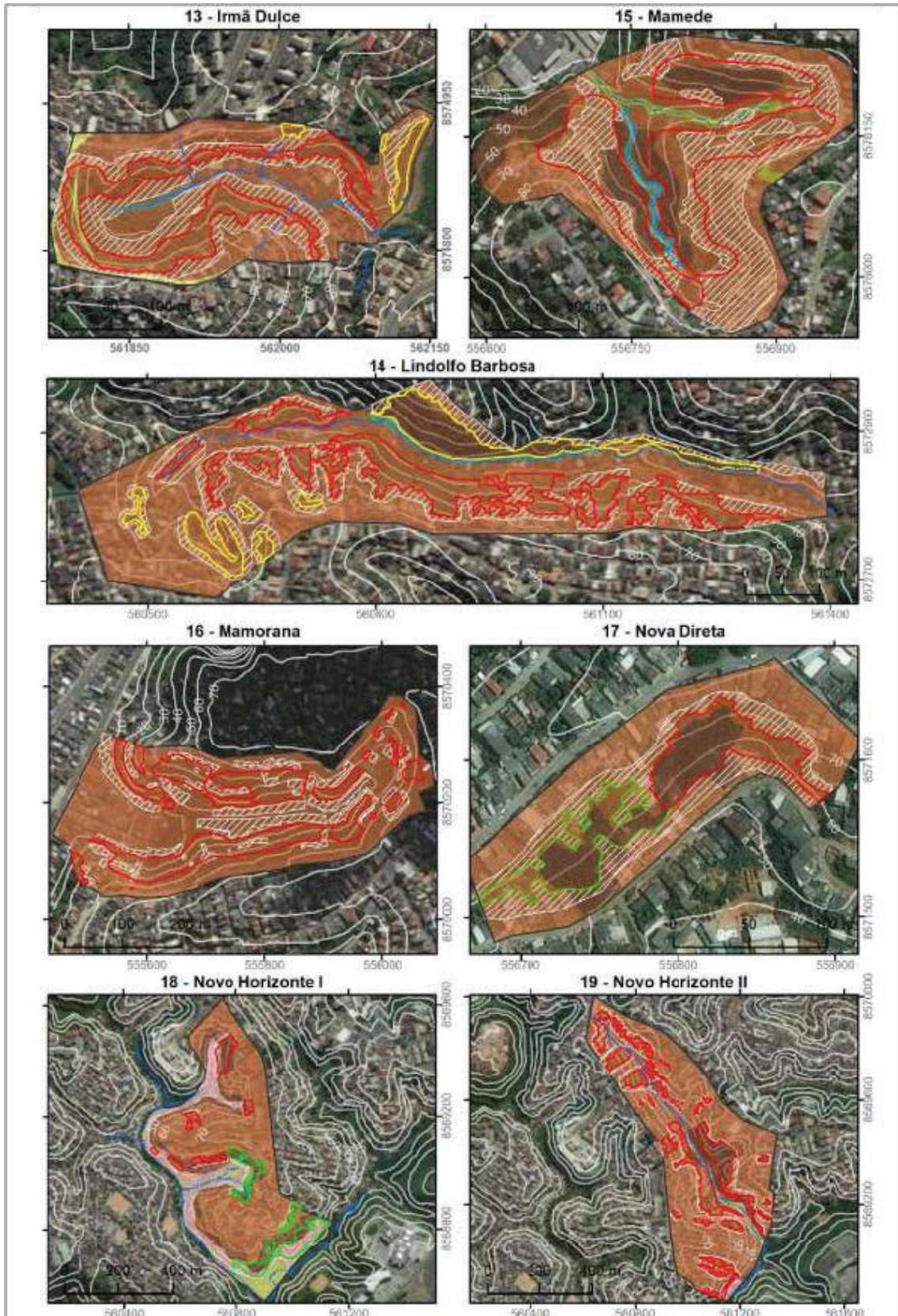


Fig. 7.11: Mapas de risco simplificados das áreas mapeadas (20-25).

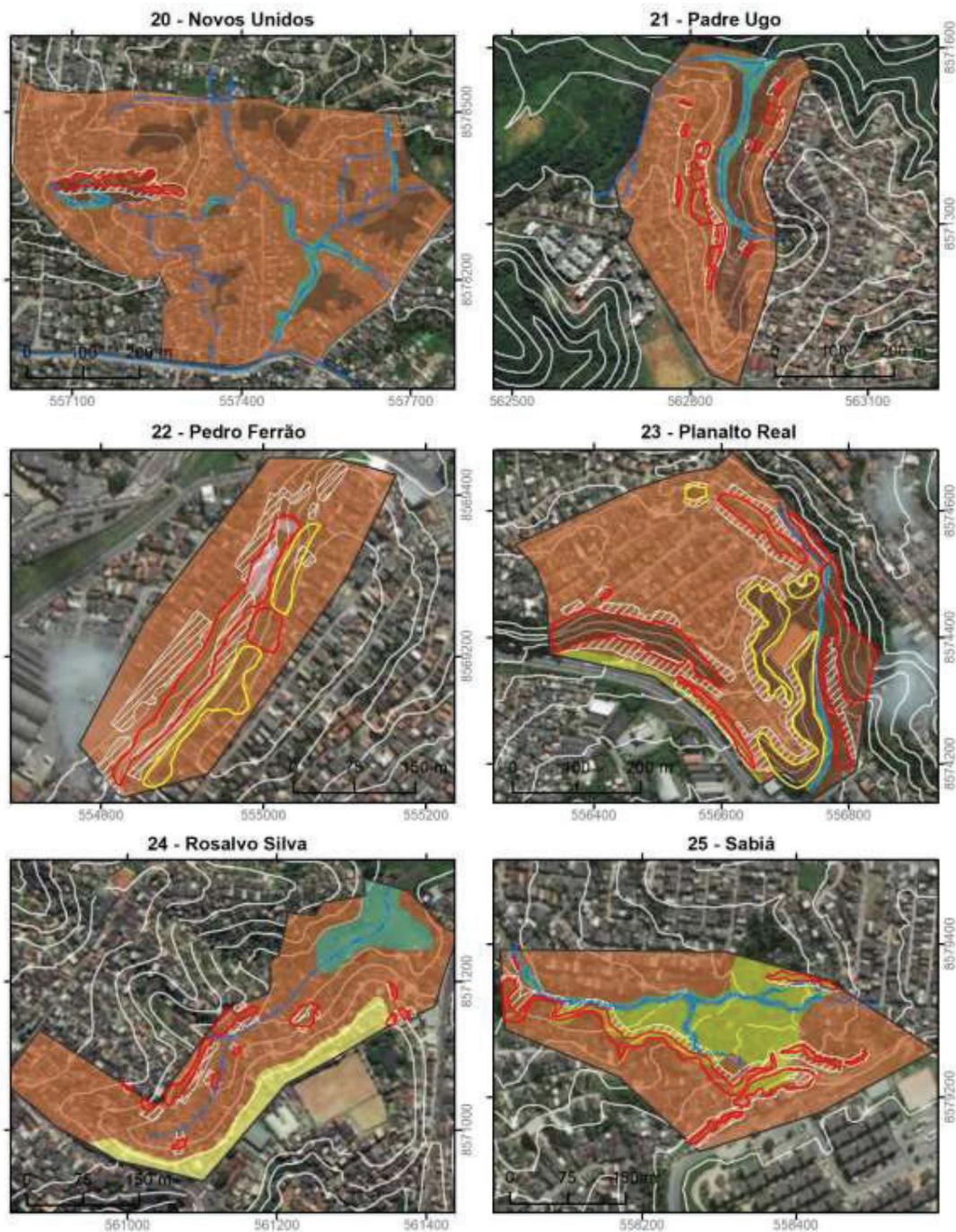
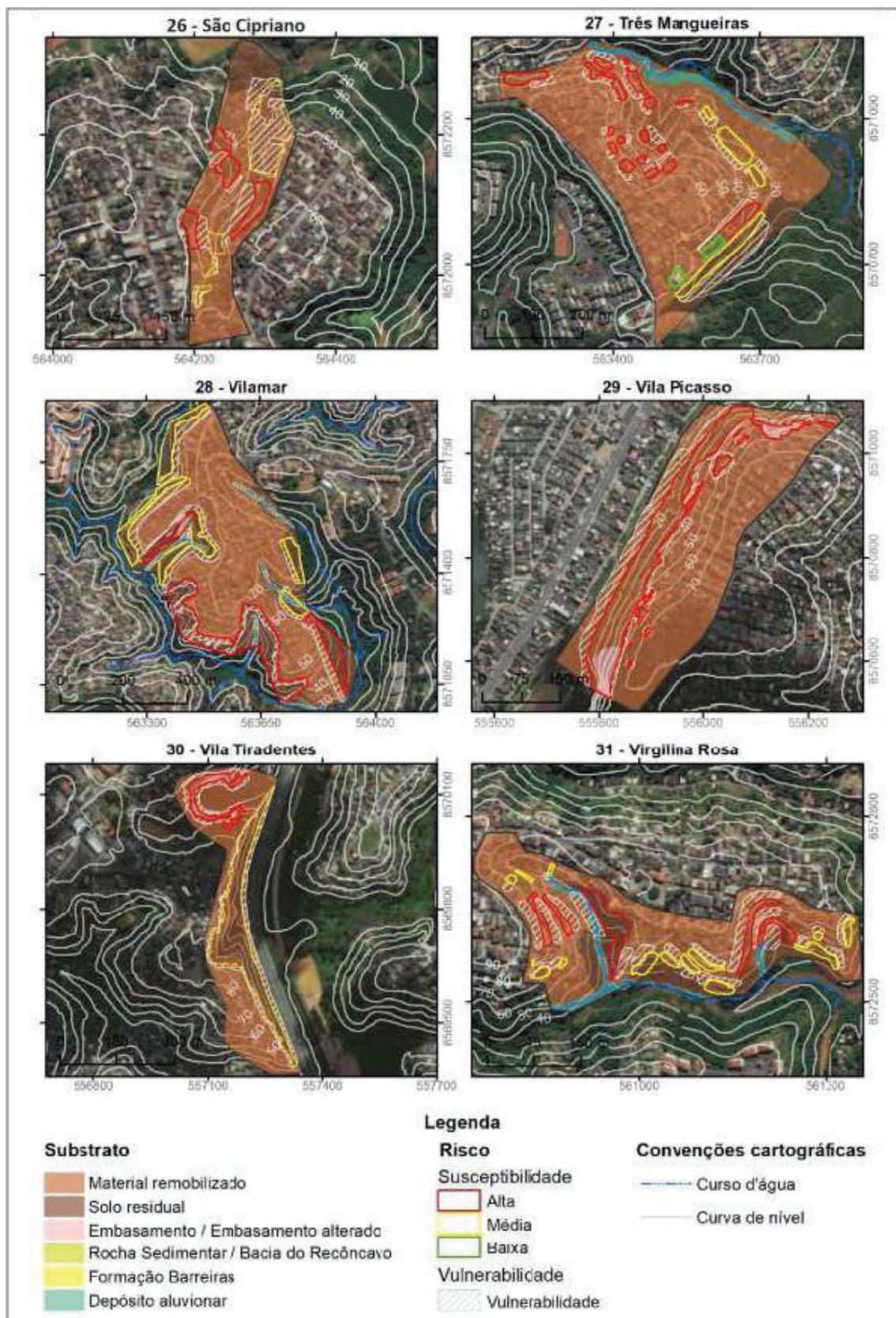


Fig. 8.12: Mapas de risco simplificados das áreas mapeadas (26-31).



Quadro 7.6: Diagnóstico síntese e grau de risco de deslizamento predominante nas áreas mapeadas

Nº	Área	Risco	Diagnóstico
01	Alto do Pará	Médio	Taludes com altas declividades associadas a lançamento de efluentes e resíduos diretamente na encosta e concentração de águas pluviais, em função da inexistência de sistema de drenagem potencializam a susceptibilidade a deslizamentos. Por outro lado, a baixa densidade da ocupação na base e meia encosta, associada à preservação da vegetação ao longo das maiores declividades, reduz o risco e mitiga a ação erosiva das águas pluviais.
02	Ana Lúcia	Baixo	Predomina risco de alagamento às magens de córrego que drena a área. Apresenta risco baixo de deslizamento de forma pontual, relacionado especialmente com cortes no talude, uma vez que a área é densamente ocupada e consolidada, resultando em exposições pontuais de encostas. Naturalmente estável, porém sua estabilidade é comprometida pelo desconfinamento do substrato e pelo lançamento de efluentes domésticos.
03	Antônio Texeira	Alto	As características da área (moderada a alta declividade e elevada amplitude), somadas à ocupação inadequada das encostas (taludes de corte, escoamento concentrado, lixo, aterros), sugerem um cenário de alta susceptibilidade a deslizamentos e alto risco em algumas encostas. No entanto, em algumas porções, a ocupação ainda incipiente na base das encostas, diminui o risco associado a deslizamentos de terra.
04	Baixa de Santa Rita	Alto	Área com ocupação consolidada e de alta densidade, resultando em exposições pontuais de encostas, onde predominam taludes de corte subverticais, em vertentes íngremes (30-50°), ocupadas na base e no topo. O quadro de risco resulta da atuação dos condicionantes antrópicos como lançamento de efluentes e resíduos nas encostas, taludes de corte e escoamento superficial concentrado.
05	Baixa Fria	Alto	Alta declividade associada a taludes de corte e aterro, ausência de sistema de drenagem e lançamento de efluentes líquidos diretamente nas encostas geram um cenário de alto risco de deslizamento. Os condicionantes antrópicos são determinantes para o quadro de risco.
06	Beira Dique	Alto	Vertentes com declividades médias (30-40°) a altas (>45°) com ocupação acelerada na meia encosta e na base assentada através de cortes no talude e desconfinamento do solo residual, associada a lançamento de efluentes líquidos e lixo nas encostas. Quadro de alta susceptibilidade e risco de deslizamento, evidenciado por indícios de instabilidade como cicatrizes e degraus de abatimento do terreno. O escoamento concentrado das águas pluviais é responsável por intenso revinamento nas vertentes.
07	Beira rio da paz	Alto	Predomina risco de alagamento nas margens do rio mangabeira (Bacia do Jaguaribe). O risco de deslizamento é pontual, porém alto. O fator predisponente principal é a ocorrência de taludes de corte muito próximos às edificações. A estabilidade natural do solo residual é comprometida pelo seu desconfinamento através dos cortes, a ocorrência de fluxo concentrado e a presença de vegetação inadequada.
08	Bolandeira	Alto	Grande parte compreendida no vale do rio Pituauçu/Rio das Pedras, destacando-se pelo risco de alagamento. O risco de deslizamento concentra-se numa pequena porção ao longo das vertentes do planalto dissecado, onde elevadas declividades ($\leq 45^\circ$) associadas a repetidos cortes na base dos taludes geram quadro de alta susceptibilidade e risco de deslizamento.
09	Bom Juá	Alto	Quadro de alto risco de deslizamento em virtude de fatores como relevo acentuado, com alta amplitude e elevadas declividades, descarga de águas pluviais e lançamento de efluentes domésticos diretamente na encosta, além de lixo e entulho. Em diversos pontos, o risco é potencializado pela execução de cortes na base das encostas. Cicatrizes de deslizamento registram o histórico de deslizamentos na área.
10	Bosque Real	Alto	Área marcada por vertentes com altas declividades ($\approx 45^\circ$) e amplitudes de até 45m, em sua maioria, cobertas por entulho e lixo e entalhadas por feições erosivas lineares, devido à ausência de sistema de drenagem. Cortes na base e na meia encosta intensificam a susceptibilidade e o risco de deslizamento, podendo atingir imóveis na base e solapar ocupações no topo e meia encosta.
11	Calabetão	Médio a alto	Quadro de alto risco associado a encostas íngremes ($\approx 45^\circ$), subverticais em porções de pedreiras inativas. A susceptibilidade natural é agravada pelo lançamento de lixo e entulho nas vertentes, bem como efluentes líquidos domésticos, e a presença de moradias na base, meio e topo das encostas através da execução de taludes de corte e aterro, contribuindo para o desconfinamento do substrato.
12	Humildes	Baixo	Taludes de corte para implantação de moradias na base e na meia encosta, sem saneamento básico, representam pontos de risco baixo de deslizamento, dado o estágio avançado de consolidação da ocupação. Por outro lado, encostas com ausência de ocupação, apresentam cobertura por vegetação densa que minimiza a susceptibilidade de deslizamento mesmo em porções mais íngremes.

Quadro 7.6: Diagnóstico síntese e grau de risco de deslizamento predominante nas áreas mapeadas (Continuação da página anterior)

Nº	Área	Risco	Diagnóstico
17	Nova Direta	Médio	Quadro de susceptibilidade e risco médios, evidenciado pelo histórico de deslizamentos com danos em moradias. Acredita-se que o fator condicionante principal são as altas declividades ($\leq 45^\circ$), somadas à supressão da vegetação e ocupação das encostas, uma vez que não são observados fatores como concentração de águas pluviais nas encostas ou mesmo lançamento de efluentes domésticos e disposição de lixo.
18	Novo Horizonte I	Alto	Indícios de instabilidade como trincas, degraus de abatimento e cicatrizes de deslizamento evidenciam cenário de alta susceptibilidade. Quadro típico de ocupação inadequada das vertentes através de cortes e aterros e ausência de sistema de drenagem pluvial com consequente escoamento concentrado direcionado às encostas, provocando ravinamentos. Estes fatores são somados a altas declividades ($30-45^\circ$).
19	Novo Horizonte II	Alto	Área compreende vale alongado, com vertentes íngremes ($\leq 45^\circ$) e amplitudes de até 40m, densamente ocupado, onde ocorrem exposições pontuais de encosta. Pontos críticos de risco evidenciados por indícios de instabilidade, estão diretamente ligados aos taludes de corte, que desconfinam o substrato, somados ao escoamento concentrado de águas pluviais, execução de aterros e lançamento de efluentes nas encostas.
20	Novos Unidos	Alto	Área situada entre o domínio geomorfológico do planalto dissecado e da planície de terraços marinhos no subúrbio ferroviário de Salvador. Com cotas entre 5m e 30m, consiste numa baixada onde predomina o risco de alagamento nas margens do rio Paraguari. O risco de deslizamento é pontual, numa vertente com inclinação de cerca de 25° , relacionado principalmente a taludes de corte próximos aos imóveis.
21	Padre Ugo	Alto	Área compreende vale alongado, exibindo vertentes com amplitudes de até 25m e declividades de até 45° . Apresenta quadro de alto risco de deslizamento relacionado principalmente a inúmeros pontos de escoamento superficial concentrado em virtude da ausência de drenagem pluvial, que se soma ao lançamento de lixo/entulho nas encostas e execução de cortes e aterros para implantação de moradias.
22	Pedro Ferrão	Alto	Situada na Falha de Salvador, a área caracteriza-se por encostas subverticais, por vezes, desnudas, com concentração pontual de águas pluviais, devido a danos na drenagem, e lançamento de esgoto. A susceptibilidade natural a deslizamentos, condicionada principalmente pelas altas declividades, é potencializada pelo lançamento de esgoto e concentração de águas pluviais nas encostas.
23	Planalto Real	Alto	Área marcada por vertentes íngremes ($30-40^\circ$) com altura de até 25m, que sugerem quadro de elevada susceptibilidade, evidenciado por diversas cicatrizes de deslizamento. Ausência de drenagem pluvial, escoamento superficial concentrado com descarga nas vertentes, lançamento de esgoto e água nas encostas e execução de taludes de corte são alguns dos fatores antrópicos que potencializam o risco.
24	Rosalvo Silva	Alto	Área com ocupação densa e consolidada, exhibe exposições pontuais de encostas, onde predominam taludes de corte subverticalizados, principais responsáveis pelos pontos de risco identificados. Fatores como escoamento concentrado, disposição de lixo/entulho nas encostas e lançamento de água/esgoto, somados a declividade de $25-35^\circ$, aumentam a susceptibilidade, evidenciada por cicatrizes observadas na área.
25	Sabiá	Alto	Área situada na Bacia do Recôncavo, compreende um vale aberto, com declividades em torno de 20° e alturas de até 15m. Apresenta alto risco de solapamentos basais de moradias, originados por escoamento superficial concentrado, responsável pelo desenvolvimento de processos erosivos avançado, com ravinas e voçorocas. Somado à carência de sistema de drenagem, o solo argiloso oriundo dos folhelhos da Bacia favorece o escoamento superficial e o desenvolvimento de trincas no terreno, em resposta ao seu caráter expansivo.
26	São Cipriano	Alto	Histórico de deslizamentos e indícios de instabilidade como degraus de abatimento e cicatrizes evidenciam quadro de alta susceptibilidade. Este cenário é condicionado principalmente pela ocupação, ainda incipiente, das encostas, a qual é acompanhada pela execução de aterros e taludes de corte, pelo lançamento de lixo/entulho e efluentes nas encostas, bem como pelo desmatamento e substituição por bananeiras.
27	Três Mangueiras	Alto	Quadro de alta susceptibilidade a deslizamento em virtude das elevadas declividades na área (até 45°), somado à fragilização das encostas por meio de expressiva remobilização do solo através de cortes e aterros, desmatamento, escoamento superficial concentrado e erosão do solo desnudo, lançamento de esgoto e efluentes domésticos. Este cenário de elevada instabilidade é evidenciado por indícios de movimentação como cicatrizes de deslizamento.

7.12

Resultados e Discussão

Considerações Gerais

Como resultado dos trabalhos de mapeamento, foram setorizadas 31 áreas de risco em Salvador. Em todas elas foi identificado o risco de deslizamento, no entanto, em seis destas áreas predomina o risco de alagamento, não discutido neste trabalho. As áreas mapeadas encontram-se distribuídas em seis prefeituras-bairro, como ilustrado pela Figura 7.7, se concentrando principalmente nas prefeituras-bairro de Pau da Lima (11 áreas), Liberdade/São Caetano (8 áreas) e Subúrbio/Ilhas (6 áreas). De forma geral, estas áreas ocupam assentamentos precários na periferia da Cidade, onde há uma evidente carência de infraestrutura, especialmente em encostas e margens de rios.

Dentre as 31 poligonais mapeadas, cerca de 77,4% apresentou alto grau de risco, 16,1% exibiu risco médio e em apenas 6,5% foi constatado risco baixo (Quadro 7.5 e Figura 7.8). Em geral, as áreas com baixo risco de deslizamento apresentam o alagamento como principal perigo. A predominância de áreas com alto risco de deslizamento era esperado, uma vez que a seleção das mesmas foi baseada sobretudo no histórico de ocorrências, priorizando regiões com notável recorrência de deslizamentos.

Quadro 7.5: Número de áreas por grau de risco.

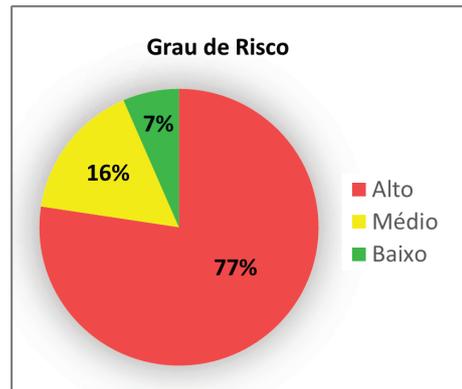
Grau de risco	Número de áreas	%
Alto	24	77,4
Médio	5	16,1
Baixo	2	6,5

Os mapas das áreas de risco trabalhadas são apresentados de forma simplificada nas Figuras 7.8 a 7.12. Neles são representados a distribuição espacial das porções susceptíveis e vulneráveis a deslizamento, a configuração do relevo no qual estão inseridas e seu substrato. O estudo destas áreas individualmente permitiu elaborar um diagnóstico para cada uma delas, onde são analisados o risco predominante e os principais fatores predisponentes, a fim de tentar entender o comportamento dos condicionantes naturais e antrópicos. O Quadro 7.6 apresenta uma síntese do diagnóstico das poligonais mapeadas, ressaltando as principais características identificadas em campo.

Análise do Substrato

Um dos aspectos analisados na inspeção de campo foi o substrato, considerado como um condicionante natural dos movimentos de massa (BRASIL, 2006). O substrato refere-se ao material que

Figura 7.8: Proporção entre os graus de risco identificados



compõe a superfície do terreno, seja ele natural ou antrópico, tais como aterro, solo e rocha. Seu mapeamento se deu através de exposições pontuais em taludes de corte, vertentes desnudas, fundo de vales, feições erosivas (sulcos, ravinas, voçorocas etc) e cicatrizes de deslizamentos pretéritos. As porções recobertas pela ocupação urbana limitam a identificação do substrato e foram mapeadas por inferências geológicas, a partir das observações de campo.

Do ponto de vista geológico, os domínios ocupados pelas áreas mapeadas são o Complexo Cristalino do Embasamento, as Rochas Sedimentares da Bacia do Recôncavo, a Cobertura Continental do Terciário (Formação Barreiras), a Escarpa da Falha de Salvador, individualizada como domínio por Salvador (2004) devido sua importância para os estudos de risco no município, e os Depósitos Sedimentares Inconsolidados Quaternários, representados sobretudo pelos depósitos aluvionares. No entanto, em campo, os afloramentos dos litotipos destes domínios são limitados, uma vez que sua maioria encontra-se recoberta por espessa cobertura de solo e/ou manto de intemperismo em virtude do clima quente e úmido da Cidade. Somado a esta cobertura, encontram-se as ocupações urbanas e as diversas formas de aterro identificadas nas áreas, que cobrem grande parte das encostas mapeadas.

Desta forma, as unidades do substrato individualizadas em campo foram: i) os afloramentos de rocha; ii) os depósitos aluvionares; iii) o solo residual; e iv) os materiais remobilizados. Os afloramentos de rocha fazem distinção entre as rochas sedimentares da Bacia do Recôncavo, as rochas cristalinas, em geral granulíticas, pertencentes ao embasamento cristalino, e os sedimentos da Formação Barreiras. Os materiais remobilizados correspondem às porções do solo que sofreram modificações pela ocupação urbana, sobretudo na forma de cortes e aterros lançados, onde uma mistura de entulho, lixo e solo se torna o substrato onde são assentadas as moradias.

Fig. 7.13: (a) Material remobilizado sobre manto de alteração na meia encosta, 26-São Cipriano (564246mE/8572194mN); (b) Corte no talude evidenciando aterro composto por solo, entulho e lixo, 27Três Manguieiras (563436mE/8571116mN).



Fig. 7.14: Talude de corte ilustrando cobertura de material remobilizado constituído por mistura de solo e lixo, 11-Calabetao (557659mE/8570115mN). Corte em encosta mostrando material remobilizado sobre o manto de alteração, 16-Mamorana



Fig. 7.15: Feição erosiva provocada pelo escoamento superficial concentrado e consequente solapamento de margens e abatimento do substrato. 25-Sabiá (558126mE/8579332mN).



Fig. 7.16: Voçoroca (a) e sulco (b) evidenciando processo erosivo em diferentes estágios de evolução. Poligonal 25-Sabiá (558347mE/8579221mN).



Fig. 7.17: (a) Trinca na encosta, evidenciando carácter expansivo do solo, 25-Sabiá; (b) Trinca em moradia, dano provocado pelo movimento do solo expansivo, Subúrbio ferroviário.



Fig. 7.18 Cicatriz de deslizamento ocorrido em 2015 na rua Coronel Pedro Ferrão (22), ilustrando afloramento do embasamento cristalino, material remobilizado pelo deslizamento e moradia atingida.



Fig. 7.19: (a) Ocupação assentada diretamente sobre talude de pedreira abandonada, exibindo rocha fraturada. 29-Vila Picasso (556151mE/8571126mN). (b) Panorama da antiga pedreira em Vila Picasso (29), ilustrando exposição do embasamento cristalino fraturado e ocupação no entorno.

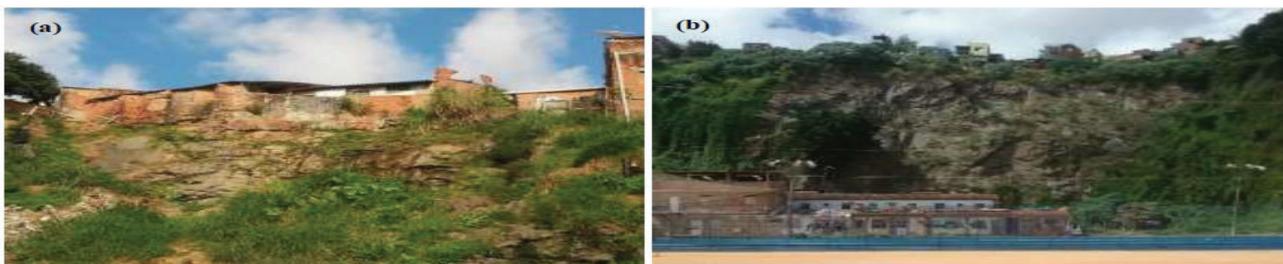


Fig. 7.20: Detalhe do embasamento, exibindo contato rocha sã/rocha alterada, 30-Vila Tiradentes (557122mE/8570078mN).



Fig.7.21: Ocupação em área de pedreira inativa em 30-Vila Tiradentes, com destaque para rampas de lixo (557094mE/8570078mN).



Fig. 7.22: (a) Rampa de resíduos sólidos em área de antiga pedreira, 11-Calabetão (557697mE/8569753mN). (b) Rampa de lixo em pedreira desativada, 30-Vila Tradentes.



A grande maioria das áreas mapeadas encontram-se localizadas no Alto Cristalino de Salvador, onde predominam as rochas granulíticas do embasamento e remanescentes da Formação Barreiras. Dentre as 31 poligonais, apenas 6 (20%) situam-se na Bacia do Recôncavo, enquanto 25 (80%) ocupam áreas de ocorrência do embasamento, das quais 4 situam-se diretamente sobre a Escarpa da Falha de Salvador. Em 2 áreas foi possível mapear ocorrências da Formação Barreiras.

O mapeamento do substrato revelou que grande parte do solo residual das áreas mapeadas sofreu algum tipo de modificação como consequência da ocupação urbana, resultando em pequenas porções onde permanece preservado. O assentamento de moradias nas encostas é acompanhado invariavelmente por cortes nos taludes e aterros lançados que utilizam material do próprio corte para aterrar áreas de declive. Esse material, em geral, é misturado a entulhos de demolições e resíduos sólidos domésticos, resultando em material inconsolidado e friável, com baixa coesão e muito suscetível a erosão e movimentos gravitacionais.

Foi possível observar que estes aterros, denominados neste trabalho como material remobilizado, ocorrem em todas as áreas, sob grande parte da ocupação existente e mesmo em encostas ainda não habitadas, porém utilizadas como local para disposição de entulho e lixo, que com o tempo se misturam ao solo, atingindo profundidades significativas superiores a um metro (Figuras 7.13 e 7.14). Os aterros lançados, além de possuírem baixa coesão e resistência à erosão, podem favorecer a infiltração acelerada da água pluvial devido sua elevada permeabilidade, favorecendo a saturação do solo subjacente e possíveis movimentos gravitacionais nas encostas (SALVADOR, 2004).

Ainda segundo Salvador (2004), os taludes de aterro modificam a declividade da encosta natural e criam uma descontinuidade entre materiais de comportamento mecânico distintos com inclinação a favor do talude. Ademais, o próprio mecanismo de construção facilita a formação de fissuras no material. Desta

forma, em regime de chuvas intensas, a presença das fissuras, somada à facilidade de saturação do material e à superfície de contato com o solo subjacente, estabelece um quadro de alta suscetibilidade a movimentos de massa.

Por meio das observações de campo, foi possível constatar que nos setores constituídos por solo residual derivado do embasamento cristalino, com exceção das áreas que ocupam a Escarpa da Falha de Salvador, o fator antrópico é determinante para a condição de risco. Onde o solo residual é preservado da ação antrópica, de forma geral, o risco é baixo a médio, sobretudo quando a vegetação ainda não sofreu significativo impacto da ocupação urbana. Nestes setores não foram identificados indícios de instabilidade nem expressivo histórico de deslizamento, como verificado em áreas como Novo Horizonte I e II e Vilamar. As observações corroboram o estudo realizado por Ross (1994), o qual sugere que latossolos apresentam muito baixa a baixa vulnerabilidade natural a erosão.

As áreas situadas na Bacia Sedimentar do Recôncavo, por outro lado, exibem quadro de risco diferenciado devido às características naturais do substrato. Os solos argilosos oriundos dos folhelhos da Formação Pojuca favorecem o escoamento superficial em função de sua baixa permeabilidade, intensificando o processo erosivo por escoamento concentrado de águas pluviais, como pode ser observado na poligonal 25-Sabiá (Figuras 7.15 e 7.16). Este processo é potencializado pela deficiência do sistema de drenagem. Além disso, os solos derivados dos folhelhos da Bacia, possuem carácter expansivo, ou seja, sofrem variações de volume em resposta a mudanças no teor de umidade e provocam movimentações no solo que possuem grande potencial destrutivo, podendo causar danos em edificações ou mesmo prejudicar completamente suas estruturas (Figura 7.14).

O domínio da Escarpa da Falha de Salvador constitui um caso particular no qual os condicionantes naturais como substrato e a declividade configuram quadro de alta suscetibilidade a deslizamentos. Esculpida por erosão regressiva do Alto Cris-

talino de Salvador, a Escarpa da Falha caracteriza-se por uma encosta alongada, com altas declividades ($>70^\circ$), cujo perfil expõe desde o embasamento cristalino até o solo residual, marcada por diversas discontinuidades litológicas e geomecânicas. Este quadro pode ser observado na poligonal 22-Pedro Ferrão (Figura 7.18).

Na porção superior ocorrem solos residuais argilo-siltosos a argilo-arenosos, quase sempre capeados por aterros lançados, sobrepostos ao manto de alteração que comumente hospedam blocos de rocha. Sotoposto ao manto de alteração, encontra-se exposta a rocha cristalina, intensamente fraturada. As discontinuidades geradas no contato entres estes estratos configuram superfícies de possíveis descolamentos e movimentação de material, principalmente quando em condição de saturação. As fraturas do embasamento favorecem ainda o deslocamento de blocos rochosos em cunhas, diferentemente dos deslizamentos translacional e rotacional.

As áreas de pedreiras desativadas apresentam cenário semelhante à Escarpa da Falha, com exposição do embasamento cristalino e heterogeneidade de materiais, contudo, correspondem a uma feição antrópica. Em geral, apresentam-se na forma de anfiteatros escavados pelo avanço da extração mineral através da construção de taludes verticalizados, com alturas superiores a 20 metros. Este processo expõe o embasamento fraturado, o regolito e todo perfil do solo, provocando o desconfinamento destes materiais em condições de alta declividade, como observado em áreas como Calabetão (11), Irmã Dulce (13), Vila Picasso (29) e Vila Tiradentes (30) (Figuras 7.19 e 7.20).

Estas áreas estão sujeitas a rupturas em cunha na rocha cristalina e descolamentos ao longo das superfícies de contato entre a rocha, o saprólito e o solo, com movimentação de expressivo volume de material, podendo atingir moradias na base das encostas, bem como provocar solapamento basal da ocupação no topo dos taludes, por meio do abatimento do solo. Somado a este cenário, os anfiteatros abertos pela mineração, são comumente utilizados como pontos de lançamento de lixo e entulho, for-

mando verdadeiros leques de lixo, com elevada suscetibilidade a movimentação encosta abaixo, em virtude de sua baixa coesão, alta inclinação dos taludes e capacidade de retenção de águas pluviais (Figuras 7.21 e 7.22).

No que diz respeito à Formação Barreiras, foi possível observar em campo alguns pontos com afloramentos remanescentes da Formação, de difícil mapeamento, contudo, devido à ocupação urbana. A análise destas ocorrências revelou que estas áreas encontram-se, em geral, associadas a intenso processo erosivo linear, representado por sulcos e ravinas, sugerindo baixa resistência à erosão, baixa coesão e alta friabilidade. O principal risco associado ao avanço do processo erosivo corresponde ao risco de solapamento basal de acessos e moradias.

Análise do Relevo

Outro aspecto examinado em campo são as formas de relevo, especialmente a declividade e a amplitude das encostas, também considerados elementos condicionantes dos deslizamentos (BRASIL, 2006). A análise do relevo se deu inicialmente por meio das observações de campo e posteriormente em ambiente SIG - Sistema de Informação Geográfica, com o auxílio de modelos digitais de elevação e mapas de declividade.

Numa escala menor, as áreas de risco se distribuem em dois grandes domínios geomorfológicos, conforme classificação sugerida por CPRM (2014). Dentre as 31 áreas mapeadas, 27 (87%) ocupam o Domínio dos Tabuleiros dissecados, enquanto apenas 4 (13%) ocupam o Domínio de Colinas, das quais 2 áreas apresentam o alagamento como risco predominante. Desta forma, é possível interpretar que as áreas de risco de deslizamento no município ocorrem preferencialmente no domínio dos Tabuleiros Dissecados, onde são encontradas as maiores altitudes e declividades, sugerindo que o relevo tem papel importante no risco de deslizamento. O domínio geomorfológico, então, pode ser utilizado como diretriz para seleção e estudo de áreas de risco de deslizamento em Salvador.

Tendo em vista que o deslizamento é condicionado a uma

Fig. 7.23: (a) Talude de corte na base da encosta, 06-Beira Dique (557257mE/8571265mN). (b) Cicatriz de deslizamento em talude de corte na base da encosta, 08-Bolandeira (561891mE/8566723mN).



Fig. 7.24: (a) Talude de corte na base da encosta, com cicatriz de deslizamento, a menos de 1m da moradia. 26-São Cipriano (564246mE/8572141mN). (b) Talude de corte na base da encosta, muito próximo da ocupação, 19-Novo Horizonte II (561167mE/8569175mN).



Fig. 7.25: (a) Construção de aterro lançado em encosta invadida pela ocupação em Beira Dique-06 (557291mE/8571270mN). (b) Aterro lançado construído para assentamento de moradia em Calabetão-11 (557788mE/8570001mN)



Fig. 7.26: (a) Disposição de lixo no topo da encosta em Vila Picasso-29 (555885mE/8570724mN). (b) Lixo lançado na encosta é transportado pelo escoamento superficial e depositado na base do talude, 10-Bosque Real.



Fig. 7.27: (a) Solapamento de acesso em resposta a evolução de processo erosivo provocado por escoamento concentrado de águas pluviais, 10-Bosque Real (561371mE/85711493mN). (b) Feição erosiva linear provocada por ausência no sistema de drenagem, 10-Bosque Real (561418mE/8571622mN).



Fig. 7.28: (a) Lançamento de esgoto na encosta e processo erosivo linear, 28-Vilamar (563794mE / 8571241mN). (b) Lançamento concentrado de águas pluviais no talude, 10-Novo Horizonte I.



série de fatores naturais e antrópicos, existem áreas de risco em outros domínios, nos quais o relevo toma papel secundário frente a outros elementos como o padrão de ocupação, o substrato, a drenagem etc.

Numa escala maior, analisando as formas de relevo nas áreas mapeadas, foi possível observar que mais da metade das áreas compreendem cabeceiras de drenagem, anfiteatros que recortam o planalto dissecado a exemplo das poligonais 04-Baixa de Santa Rita, 15-Mamede, 09-Bom Juá e 21-Padre Ugo. Cerca de 25% da áreas ocupam morros ou planaltos cercados por vertentes íngremes, onde as ocupações encontram-se sob risco de deslizamento, como identificado, por exemplo, nas poligonais 01-Alto do Pará, 10-Bosque Real, 23-Planalto Real II e 27-Três Mangueiras. Algumas áreas, como as situadas na Escarpa da Falha, se restringem a vertentes específicas, onde foi constatado o risco de deslizamento.

No que diz respeito à ocupação em encostas, em todas as áreas mapeadas, foi constatada ocupação em declives com inclinação superior a 30% sem obras de estabilização de taludes, contrariando a Lei nacional nº 6.766/79 que regulamenta o parcelamento do solo para fins urbanos e a LOUOS - Lei de Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo de Salvador (Lei nº 3.377/84). Estudo realizado por Ross (1994) corrobora as leis de uso e ocupação do solo urbano, uma vez que o autor defende que declividades acima de 30% são consideradas muito vulneráveis a processos erosivos. Desta forma, a ocupação das encostas nas áreas mapeadas por si só consiste num fator predisponente ao risco de deslizamento. Como a ocupação das vertentes é uma constante nas áreas, quanto maior a declividade e amplitude dos taludes, maior o risco de deslizamento, justificando a maior concentração de áreas de risco no Domínio do Planalto Dissecado.

De forma geral, as observações de campo revelam que,

embora as áreas apresentem encostas com declividades acentuadas, chegando a 45° (100%) em algumas vertentes, o risco está comumente associado à ocupação, seja diretamente pelo assentamento de moradias ou indiretamente pelo uso da encosta como ponto de lançamento de lixo, esgoto e água. Nas vertentes preservadas da ocupação urbana, com predomínio de vegetação e solo residual, dificilmente são observados indícios de instabilidade que indiquem alta suscetibilidade a movimentos de massa. A Escarpa da Falha de Salvador é uma exceção, uma vez que sua morfodinâmica e estruturação do substrato configuram cenário de alta suscetibilidade a deslizamentos, conforme supramencionado.

Condicionantes Antrópicos

Fatores diretamente associados à ocupação urbana como ausência de drenagem pluvial, lançamento de águas servidas nos taludes, disposição inapropriada de lixo e entulho, cortes e aterros lançados e sobrecarga no talude são considerados fatores predisponentes ao deslizamento em encostas. Desta forma, estes foram elementos analisados em campo, a fim de entender o papel desempenhado nas áreas e qual o impacto no risco.

As observações de campo demonstraram que o risco de deslizamento em Salvador está de maneira geral diretamente associado à atividade antrópica, confirmando estudo realizado por Cascini et al. (2005), o qual defende que os atuais desastres naturais são frequentemente gerados pela ação humana ou intensificados por ela. Em pelo menos 22 das 31 poligonais estudadas, os fatores condicionantes antrópicos são determinantes para a condição de risco identificada. Nas demais áreas, os mesmos atuam como elementos potencializadores. Dentre as principais causas reconhecidas em campo encontram-se cortes abusivos nas encostas, concentração de águas pluviais nos taludes em res-

posta a ausência de sistema de drenagem e lançamento de lixo e efluentes domésticos nas encostas.

O assentamento de moradias nas encostas das áreas mapeadas é quase sempre acompanhado por cortes abusivos nos taludes, em geral verticalizados, muito próximos à ocupação e sem qualquer tipo de obra de estabilização (Figuras 7.23 e 7.24). Os cortes alteram a morfologia da encosta e desconfinam o substrato ali presente, afetando o equilíbrio natural existente. A execução dos taludes de corte é um dos principais responsáveis pelo risco de deslizamento em diversas áreas mapeadas a exemplo das poligonais 19-Novo Horizonte II, 20-Novos Unidos, 24-Rosalvo Silva e 28-Vilamar.

O solo remobilizado pela execução destes cortes é lançado na borda do talude, visando aumentar a área disponível para implantação de moradias, originando os chamados aterros lançados (Figura 7.25). Entulho proveniente de demolições e lixo são comumente incorporados a estes aterros, que possuem alta erodibilidade em função de sua baixa coesão e caráter inconsolidado. Somados à sobrecarga gerada pela construção de moradias, os aterros lançados agravam a instabilidade dos taludes e intensifica o risco.

O lançamento de lixo na encosta é um problema comum à maioria das áreas mapeadas, como observado, por exemplo, nas poligonais 11-Calabetão, 14-Lindolfo Barbosa, 21-Padre Ugo, 29-Vila Picasso e 30-Vila Tiradentes (Figura 7.26). A disposição de lixo ocorre tanto de forma dispersa ao longo das vertentes, como concentrado em alguns pontos onde são formados verdadeiros leques de lixo.

Os resíduos sólidos lançados na encosta são frequentemente retidos pela vegetação existente, dando origem a pequenas barreiras que restringem o escoamento das águas superficiais, favorecendo sua infiltração e acelerando o processo de saturação do solo. A medida que se acumulam na encosta, os resíduos passam ainda a exercer sobrecarga sobre o talude, potencializando o risco de deslizamento. Segundo Salvador (2004), os depósitos de lixo nos taludes constituem uma das principais causas de processos de movimentos de massa em áreas de baixa renda.

Um dos principais problemas encontrados nas áreas de risco foi a ausência de sistema de drenagem. Todas as áreas de risco sofrem com escoamento superficial concentrado em função de deficiência no sistema de drenagem ou simplesmente ausência do mesmo. Grande parte destes escoamentos são descarregados diretamente na encosta, contribuindo pontualmente para a saturação do substrato. Outro impacto do escoamento concentrado é o surgimento de processos erosivos lineares como sulcos, ravinas e voçorocas, observados em diversas áreas (Figura 8.27). Estes processos erosivos são responsáveis pelo solapamento basal de moradias e principalmente de acessos, uma vez que escadarias e ladeiras servem de canal de escoamento das águas pluviais, em geral sob a forma de enxurradas.

Somados à concentração das águas pluviais, encontram-se

os lançamentos de efluentes domésticos nas encostas e problemas na rede de esgoto, que também contribuem com a saturação do solo nas áreas de risco e foram identificados em todas as poligonais mapeadas (Figura 7.28). Obstruções e rompimentos na rede de esgoto são problemas comumente observados nos assentamentos precários alvos do estudo. O aporte contínuo de efluentes líquidos na encosta contribui para a manutenção do solo saturado, que pode acelerar o desencadeamento de um processo de deslizamento quando em períodos de chuvas intensas e prolongadas, através da aceleração do processo de saturação máxima e deflagração do movimento de massa.

Segundo Salvador (2004), embora o fator chuva atue como principal deflagrador do processo de ruptura, uma contribuição pontual de água foi preponderante em eventos catastróficos em Salvador, a exemplo do Morro do Gavazza, na Barra, do Hospital Santo Amaro, na Avenida Centenário, e da Madeireira Azevedo localizada na Avenida Afrânio Peixoto.

Plano Diretor de Encostas

Publicado em 2004, o Plano Diretor de Encostas (PDE) representa o primeiro instrumento técnico-administrativo voltado à gestão do risco de deslizamento em Salvador, elaborado com o objetivo de subsidiar o Poder Público em ações de controle e prevenção de desastres envolvendo deslizamentos em encostas, através do planejamento urbano e do gerenciamento de risco.

O Plano conta com um inventário das áreas de risco no município, o diagnóstico dos problemas identificados nas encostas, um prognóstico com propostas de soluções visando mitigar o risco e um plano de ação. Como resultado, foram identificadas 437 áreas de risco, distribuídas em toda cidade, cujo prognóstico tem orientado a execução de uma série de obras de contenção nestas áreas. Atualmente, 86 encostas mapeadas pelo PDE foram contempladas com intervenções geotécnicas e 60 encontram-se aguardando o início das obras (SALVADOR, 2017), conforme ilustrado pelo Quadro 7.7.

Quadro 7.7: Panorama atual das obras de contenção subsidiadas pelo PDE.

Status	Prefeitura Municipal	Governo do Estado	Total
Executadas	21	30	51
Executadas parcialmente	17	8	25
Em execução	3	7	10
A executar		60	60
Total	41	105	146

Fonte: Salvador (2017).

Quadro 8.8: Quadro comparativo entre as áreas mapeadas no presente trabalho e as encostas estudadas pelo PDE.

Área mapeada - Codesal		Encostas PDE		Área mapeada - Codesal		Encostas PDE	
Nº	Risco	Nº	Risco	Nº	Risco	Nº	Risco
01	Médio	107	Médio	17	Médio	-	-
02	Baixo	88	Muito Alto	18	Alto	168	Muito Alto
03	Alto	272/273	Muito Alto	19	Alto	168/204/205	Baixo a Muito alto
04	Alto	56/381	Muito Alto	20	Alto	299	Médio
05	Alto	386/389	Alto	21	Alto	71	Muito Alto
06	Alto	126	Muito Alto	22	Alto	243/253	Alto
07	Alto	-	-	23	Alto	82	Muito Alto
08	Alto	-	-	24	Alto	382/384/52	Muito Alto
09	Alto	115	Alto	25	Alto	-	-
10	Alto		Médio a Muito alto	26	Alto	61	Alto
11	Médio a Alto	-	-	27	Alto	70	Alto
12	Baixo	391	Alto	28	Alto	72/74	Médio a Muito alto
13	Alto	5	Alto	29	Alto	110/111	Médio a Muito alto
14	Alto	361/363/364	Médio	30	Médio a Alto	118/119	Médio a Muito alto
15	Alto	279	Muito Alto	31	Médio a Alto	360/364/369	Médio
16	Alto	112/108/109	Médio a Alto				

Apesar da contribuição do PDE como diretriz para execução destas intervenções, o estudo é considerado por muitos como obsoleto, uma vez que foi publicado há mais de 10 anos e o risco é considerado mutável, sobretudo devido a evolução da ocupação urbana nas áreas de risco. Os questionamentos quanto à representatividade do PDE no que diz respeito ao quadro atual de risco na cidade levou à concepção do presente trabalho, desenvolvido junto ao Setor de Monitoramento de Risco da Codesal, a fim de realizar o mapeamento atualizado e o diagnóstico das áreas de risco em Salvador, subsidiando, assim, a gestão do risco e a criação de planos e programas, como o Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC).

O trabalho revelou, no entanto, que os resultados do mapeamento e diagnóstico das áreas de risco validam as conclusões do PDE. Conforme ilustrado pelo Quadro 10.8, aproximadamente 84% das áreas mapeadas englobam encostas estudadas pelo PDE, com classificação e prognóstico muito similares, com exceção de poucas áreas onde o PDE considera não apenas o deslizamento, mas também o risco de alagamento para definir o grau de risco total da encosta.

Desta forma, é possível constatar que, apesar de publicado em 2004, o PDE ainda representa uma importante fonte de informação sobre o quadro de risco de Salvador, podendo, assim, subsidiar estudos na área. Da mesma maneira, o presente traba-

lho poderia, desde o início, ter utilizado o PDE como diretriz para a seleção e análise das áreas de risco a serem mapeadas, efetuando apenas a atualização dos estudos previamente desenvolvidos.

7.13 Conclusões e Recomendações

O projeto resultou no mapeamento de 31 áreas de risco em Salvador no ano de 2016, das quais 25 apresentam o deslizamento em encostas como principal risco. As demais áreas são caracterizadas pelo risco de alagamento. As áreas estudadas ocupam, de forma geral, assentamentos precários na periferia de 6 prefeituras-bairro, concentrando-se preferencialmente nas prefeituras de Pau da Lima, Liberdade/São Caetano e Subúrbio/Ilhas que totalizam 81% das áreas.

Como resultado da análise de risco, 77,5% das áreas apresentaram alto risco de deslizamento, 16% exibiram médio risco e 6,5% foram classificadas como de baixo risco. Em geral, as áreas com baixo risco de deslizamento, apresentam o alagamento como risco predominante.

O mapeamento e diagnóstico das áreas de risco revelou que, apesar da água consistir no principal fator deflagrador dos deslizamentos em períodos de chuvas intensas e prolongadas, o quadro de risco das áreas está quase sempre associado a outros

fatores resultantes da ocupação urbana e que são considerados agentes predisponentes ao deslizamento.

As observações de campo indicam que nas porções onde o solo residual encontra-se preservado da ocupação urbana, sobretudo em condições de drenagem satisfatória e vegetação natural, o risco de deslizamento é baixo, mesmo em declividades mais acentuadas. Contudo, nas porções onde há ocupação urbana, acompanhada por fatores como cortes nos taludes, lançamento de esgoto e lixo nas encostas, ausência de sistema de drenagem e construção de aterros lançados, o risco é considerado alto, evidenciado por indícios de instabilidade como trincas no terreno e nas moradias, degraus de abatimento, objetos rígidos inclinados e cicatrizes de eventos prévios.

Cerca de 81% das áreas mapeadas encontram-se localizadas no domínio geológico do Complexo Cristalino de Salvador. No entanto, o mapeamento do substrato mostra que grande parte das áreas é recoberta por material remobilizado, constituído por solo resultante de corte no talude, lixo e entulho de demolições, resultando na ocupação de substrato com baixa coesão, alta erodibilidade e suscetibilidade a movimentos de massa.

A análise do relevo revela que a ocupação das áreas encontra-se invariavelmente assentada em declividades superiores ao limite de 30%, estabelecido pela Lei nacional nº 6.766/79. Portanto, a ocupação urbana por si só corresponde a um fator predisponente do risco de deslizamento. Dentre as 31 áreas mapeadas, 27 (87%) ocupam o Domínio dos Tabuleiros dissecados, no qual são encontradas as maiores declividades e altitudes na Cidade.

As observações dos fatores antrópicos sugerem que a deficiência na drenagem pluvial consiste num dos principais problemas indetificados nas áreas, seguido dos taludes de corte na base e na meia encosta, da construção de aterros lançados, da descarga de efluentes domésticos diretamente nos taludes e da disposição inadequada de lixo.

Estes resultados revelam a importância da ocupação urbana no processo de deslizamento de terra em Salvador, reafirmando a necessidade de políticas públicas voltadas ao planejamento urbano, a fim de levar infraestrutura a estas áreas de risco e muitas outras existentes na cidade, situadas sobretudo nas periferias, num cenário de extrema degradação ambiental e insalubridade, que resulta principalmente da ausência de saneamento básico.

Desta forma, como intervenções imediatas nas áreas de estudo, recomenda-se: captação e disciplinamento das águas pluviais; captação de lançamentos indevidos de efluentes e manutenção da rede de esgoto existente, por meio da limpeza e desobstrução da mesma; remoção de lixo e entulho disposto de forma inadequada; complementação, implantação e/ou recomposição de trechos de pavimentação onde observam-se processos erosivos em estágio avançado de evolução e proteção super-

ficial de taludes expostos.

Sugere-se ainda que estas intervenções sejam acompanhadas de mobilização da comunidade, envolvendo principalmente ações educacionais, a fim de orientar a população quanto ao papel desempenhado pela atividade antrópica no processo de deslizamento. A disseminação da educação ambiental entre os moradores das áreas mapeadas, por meio dos núcleos comunitários, tem fundamental importância na redução do risco e prevenção de desastres, uma vez que a comunidade vivencia o risco diariamente.

A fim de monitorar a situação de risco nestas áreas e atualizar permanentemente o mapeamento, recomenda-se também a execução de visitas periódicas de campo, acompanhadas da redefinição, quando necessária, das porções susceptíveis e vulneráveis ao deslizamento, uma vez que o risco é dinâmico e sofre mudanças em função das transformações urbanas.

Diante do exposto, é possível depreender que o conhecimento de fatores como geologia, relevo e hidrologia, além da dinâmica do uso e ocupação do solo, são preponderantes na análise do risco de deslizamento, particularmente em Salvador, uma cidade com ocupação sem planejamento por mais de 500 anos.

Referências

- ALVES, C.R.S. Análise da mobilidade do solo através de patologias construtivas: estudo de caso na chácara Santo Antônio, Salvador-Ba. Monografia de graduação, Salvador: Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia - UFBA, 2017.
- AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 1, 1992, Rio de Janeiro. Anais ... Rio de Janeiro: ABMS/ABGE/PCRJ. v2, p.691-704, 1992.
- AUGUSTO FILHO, O. Cartas de risco a escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no Município de Ilhabela, SP. Dissertação de mestrado, São Paulo: Escola Politécnica, USP. 150p., 1994.
- AUGUSTO FILHO, O.; CERRI, L. E. S., AMENOMORI, C. J. Riscos Geológicos: aspectos conceituais. In: Simpósio Latino-Americano Sobre Risco Geológico Urbano, 1, 1990, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE, pp. 334-341, 1990.
- BANDEIRA, A. P. N. Mapa de risco de erosão e escorregamento das encostas com ocupações desordenadas no Município de Camaragibe - PE. Dissertação de mestrado, Recife: Univer-

- sidade Federal de Pernambuco - UFPE, 209p., 2003.
- BARBOSA J.S.F., CORRÊA-GOMES L.C., DOMINGUEZ J.M.L., CRUZ S.A.S., SOUZA J.S. Petrografia e Litogeomiquímica das Rochas da Parte Oeste do alto de Salvador, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 35, n.4, p. 9-22, 2005.
- BRASIL. Ministério das Cidades. *Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais* / Celso Santos Carvalho e Thiago Galvão, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. *Política Nacional de Defesa Civil*. Brasília, 2007a.
- BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios*. Brasília: Ministério das Cidades; IPT, 176 p., 2007b.
- BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; e dá outras providências. 2012.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. *Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações : 1:25.000 (livro eletrônico): nota técnica explicativa / coordenação Omar Yazbek Bitar*. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014.
- CAMPOS, L. E. P. *Influência da sucção na estabilidade de taludes naturais em solos residuais*. Dissertação de mestrado, Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 173p., 1984.
- CASCINI, L., BONNARD, Ch., COROMINAS, J., JIBSON, R., MONTERO-OLARTE, J., 2005. Landslide hazard and risk zoning for urban planning and development. In: Hunggr, O., Fell, R., Couture, R., Eberthardt, E. (Eds.), *Landslide Risk Management*. Taylor and Francis, London, pp. 199–235, 2005.
- CERRI, L. E. S. e CARVALHO, C. S. Hierarquização de situações de risco em Favelas no Município de São Paulo, Brasil: Critérios e Metodologia. In *Simpósio Latino-Americano Sobre Risco Geológicos Urbano*, V.1, pp.150-157. São Paulo-SP. ABGE, 1990.
- CRUDEN D.M., VARNES D. J. *Landslide types and processes*. In: Turner A.K.; Shuster R.L. (eds) *Landslides: Investigation and Mitigation*. Transp Res Board, Spec Rep 247, pp 36-75, 1996.
- DIAS, L. S. O. *Identificação de áreas suscetíveis a deslizamento de terra utilizando sistema de informações geográficas*. Dissertação de mestrado, Salvador: Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia - UFBA, 2006.
- FELL, R.; COROMINAS, J.; BONNARD, Ch.; CASCINI, L.; LEROI, E.; SAVAGE, W. Z. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology* 102: 85–98, 2008.
- GEO-RIO. *Manual técnico de encostas: Análise e investigação*. Rio de Janeiro: Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro. 2ª edição. 253p., 2000.
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. São Paulo: Edgard Blücher; Ed. da Universidade de São Paulo, 194p., 1984.
- HIGHLAND, L M.; BOBROWSKY, P. *The Landslide Handbook – A guide to understanding landsliding*. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, p. 129, 2008.
- HUTCHINSON, J. N. *Mass Movement*. In: *Encyclopedia of Geomorphology*. New York: Ed. R.W. Fairbridge. Reinhold Book, 1968.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP. Dados meteorológicos da Estação 83229, Ondina, Salvador-Ba*. 2017.
- ROSS, J. L. S. *Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados*. In: *Revista do Departamento de Geografia nº8, FFLCH-USP, São Paulo*, 1994.
- SALVADOR. Prefeitura Municipal de Salvador. *Secretaria Municipal do Saneamento e Infraestrutura Urbana. Coordenadoria de Áreas de Risco Geológico. Plano Diretor de Encostas*. 2004.
- SALVADOR. Prefeitura Municipal de Salvador. *Secretaria Cidade Sustentável e Inovação. Coordenadoria de Defesa Civil - CODESAL. Relatórios de Mapeamento das Áreas de Risco*. 2016.
- SALVADOR. Prefeitura Municipal de Salvador. *Secretaria Cidade Sustentável e Inovação. Coordenadoria de Defesa Civil - CODESAL. Panorama atual das obras de contenção subsidiadas pelo Plano Diretor de Encostas*. 2017.
- SANTANA, J.G. *Acidentes com Escorregamento de Terra nas Encostas de Salvador-BA: Contexto Histórico*. Salvador: Universidade Federal da Bahia - UFBA. Escola Politécnica

ca. 2006.

SANTOS, J. L. C. Mapeamento das ocorrências registradas, por bairro, em Salvador-BA, entre Jan/2005 e Abr/2009 e demandas habitacionais de interesse social. Salvador: Seminário Urbanismo na Bahia - UrbBA, 2011.

SILVA, C. N. Diagnóstico ambiental associado às áreas de pedreiras abandonadas na cidade do Salvador-BA com ênfase na estabilidade de taludes. Dissertação de mestrado, Salvador: Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia - UFBA. 123p, 2005.

VARNES D. J.: Slope movement types and processes. In: Schuster R. L. & Krizek R. J. Ed., Landslides, analysis and control. Transportation Research Board Sp. Rep. No. 176, Nat. Acad. of Sciences, pp. 11-33, 1978.

VARNES, D. J. Landslide Types and Processes, In Special Report 29: Landslide and Engineering Practice, E. B. Eckel, ed., HRB, National Research Council, Washington D. C., p. 20-47, 1958.

VARNES, D.J. Landslide Hazard Zonation: A review of Principles and Practice. UNESCO, Paris, pp.63, 1984.

ZUQUETTE, L. V. Importância do Mapeamento Geotécnico no uso e Ocupação do meio Físico: Fundamento e Guia para Elaboração. Tese de livre docência, São Carlos: EESC/USP, 2v, 1993.