MINEROPAR
SERVIÇO GEOLÓGICO DO PARANÁ

Avaliação geotécnica de vertentes na área urbana de Antonina

Relatório final

Volume 1 - Texto

Curitiba
2013

MINEROPAR. Minerais do Paraná SA.
Avaliação geotécnica de vertentes na área urbana de Antonina.
Curitiba : Mineropar, 2013.
2 v.

Conteúdo: v.1. Texto, v.2. Mapas.

1. Áreas de risco – Antonina (PR). 2. Movimentos de massa – Antonina (PR) . 3. Avaliação geotécnica. . I. Arioli, E. A. et al. II. Título.

CDU 624.13 (816.2)

Permitida a reprodução total ou parcial, desde que citada a fonte
MINEROPAR - Minerais do Paraná SA
Rua Máximo João Kopp, 274 - Bloco 3M
CEP 82.630-900 - Curitiba - Paraná - Brasil
Telefone 55 41 3351-6900 - Fax: 55 41 3351-6950
homepage: www.pr.gov.br/mineropar - email: minerais@pr.gov.br

MINEROPAR
SERVIÇO GEOLÓGICO DO PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

Carlos Alberto Richa
Governador

Secretaria de Estado da Indústria, do Comércio e Assuntos do Mercosul - SEIM

Ricardo Barros
Secretário

Minerais do Paraná SA – MINEROPAR

José Antonio Zem
Diretor Presidente

Marcos Vitor Fabro Dias
Diretor Técnico

Sérgio Roberto Pegoraro
Diretor Administrativo-Financeiro

MINEROPAR
SERVIÇO GEOLÓGICO DO PARANÁ

GERÊNCIA DE MAPEAMENTO BÁSICO E TEMÁTICO

PROJETO DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO DA ÁREA URBANA DE ANTONINA

Avaliação geotécnica de vertentes na área urbana de Antonina

EQUIPE EXECUTORA

Edir Edemir Arioli
Oscar Salazar Júnior
Rogério da Silva Felipe
Diclécio Falcade
Geólogos

Antônio Perdoná Alano
Clóvis Roberto da Fonseca
Miguel Ângelo Moretti
Técnicos em Mineração

CONSULTORIA

Dr. Lázaro Valentim Zuquette
Geólogo

APRESENTAÇÃO

O presente relatório contém os resultados da avaliação geotécnica de vertentes, primeira etapa do Projeto Mapeamento Geológico e Geotécnico da Área Urbana de Antonina, que visa fornecer subsídios à atualização do Plano Diretor Municipal, no que diz respeito às áreas de risco para disciplinar o uso e ocupação, e à elaboração de um Plano de Defesa Civil para o município. Espera-se que os dados apresentados neste relatório sejam úteis também a outras organizações, públicas e privadas, em tomadas de decisões de investimentos e na execução de obras de engenharia.

O conceito de risco corresponde ao valor das perdas previsíveis, ponderado pela probabilidade de ocorrência de danos em cada local analisado. Na impossibilidade prática de se avaliar essas perdas, este relatório adota o conceito qualitativo de risco, explicado mais adiante, com o objetivo único de estabelecer uma hierarquia relativa entre as áreas de risco. Visa-se, desta forma, indicar à Defesa Civil e à Prefeitura Municipal de Antonina, prioridades de atenção, respectivamente, para ações de proteção da população e da infraestrutura durante eventos de chuva torrencial e para execução de obras de prevenção e correção dos efeitos de acidentes naturais.

O relatório conclui com recomendações gerais à Defesa Civil do Estado e do Município, tendo em vista a prevenção de novos impactos sobre a população e a infraestrutura. Para a Prefeitura Municipal são recomendadas providências e obras de correção e contenção de encostas e fundos de vale. São recomendadas também atividades que permitam aprofundar o conhecimento sobre os processos envolvidos na ocorrência de movimentos de massa, na área urbana de Antonina e em outras encostas do litoral paranaense.

Todas as ilustrações deste relatório, exceto as figuras da seção *2.2 - Movimentos gravitacionais de massa,* são de autoria da equipe do projeto, motivo pelo qual não recebem créditos individualmente.

SUMÁRIO

VOLUME 1 - TEXTO

1	Introdução	11
1.1	O desastre natural do litoral paranaense em março de 2011	11
1.2	Justificativa	16
1.3	Objetivos	17
1.4	Dados físicos de produção	18
2	Fundamentos teóricos	19
2.1	Conceitos relacionados com avaliação de áreas de risco	19
2.2	Movimentos gravitacionais de massa	22
2.3	Fatores predisponentes à ocorrência de movimentos de massa	29
2.4	Modelos de movimentos de massa para a área urbana de Antonina	31
2.5	Relações entre índices pluviométricos e movimentos de massa	34
3	Metodologia de trabalho	45
3.1	Abordagens à avaliação de risco para movimentos de massa	45
3.2	Etapas de trabalho	51
4	Resultados do inventário de movimentos de massa	65
5	Características do terreno na área urbana de Antonina	69
5.1	Caracterização da área mapeada	69
5.2	Feições de relevo relacionadas com movimentos de massa	72
5.3	Comportamento geotécnico dos solos na área mapeada	75
5.4	Solos dos morros na área urbana de Antonina	86
6	Avaliação de vertentes na área urbana de Antonina	105
6.1	Descrição geral	105
6.2	Avaliação das vertentes	110
7	Descrição das áreas de risco	217
7.1	Critérios utilizados	217
7.2	Morro do Bom Brinquedo	218
7.3	Morro da Caixa d'Água	245
8	Conclusões e recomendações	253
9	Referências bibliográficas	261

VOLUME 2 - ANEXOS

Mapas e cartas (Blocos 1, 2, 3, 4, 6, 7, e 8)

Perfis de solo

Laudos geotécnicos

1. Introdução

1.1 O desastre natural do litoral paranaense em março de 2011

O litoral paranaense foi assolado, no dia 11 de março de 2011, por numerosos acidentes geológicos e hidrológicos, provocados por chuvas torrenciais, que incluíram movimentos gravitacionais de massa, inundações e processos erosivos acelerados. Este complexo de acidentes geológicos constitui, segundo definição do UN-ISDR – *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (2009), um desastre natural, por envolver "perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão". As figuras 1 a 9 mostram alguns aspectos das áreas afetadas.

Dados do Instituto Tecnológico SIMEPAR indicam que nos dias 7 a 10 de março, o volume acumulado de chuvas atingiu 382 mm e que no dia 11 a precipitação atingiu 30 mm/h. Este padrão anômalo de chuvas rompeu o equilíbrio geomorfológico da paisagem litorânea, deflagrando mais de 2.500 movimentos gravitacionais de massa de vários tipos, sobre encostas com variadas características geológicas (litologia, estrutura), geomorfológicas (forma de relevo, declividade), pedológicas (solo, saprólito) e de cobertura vegetal (densidade, porte). A maior concentração de deslizamentos de detritos ocorreu nas encostas orientais e ocidentais da Serra da Prata e nas encostas orientais da Serra do Mar, imediatamente a sul da rodovia BR-277. A localidade de Floresta, no município de Morretes, foi a mais atingida pelos fluxos de detritos clasto-arenosos e silte-arenosos, sendo devastada em sua quase totalidade. Apenas um óbito foi registrado na localidade, por resistência de um morador em abandonar a sua casa.

Descrição pormenorizada dos efeitos ambientais do desastre naquela localidade é fornecida em relatório de levantamento contratado pela MINEROPAR e executado pela empresa Geoplanejamento (2011). O cadastro de edificações destruídas, danificadas e remanescentes sem danos, na localidade de Floresta, foi realizado pelo geólogo Diclécio Falcade.

Figura 1. Encostas ocidentais da Serra da Prata com o complexo de escorregamentos.

Figura 2. Detalhe do complexo de escorregamentos da Serra da Prata, com grande volume de colúvio e matacões remanescentes sobre o maciço granítico.

Figura 3. Leito do rio Tingidor profundamente erodido pelo fluxo de detritos, cerca de 1.200 m a montante da localidade de Floresta.

Figura 4. Campo de matacões e restos de árvores, depositados a montante da localidade de Floresta, na confluência dos rios Jacareí e Tingidor.

Figura 5. Planície formada pelo fluxo de detritos arenosos, a jusante da localidade de Floresta.

Figura 6. Ponte da rodovia BR-277 destruída pelo fluxo de detritos, cerca de 3 km a jusante da localidade de Floresta.

No perímetro urbano de Antonina, as encostas dos morros do Bom Brinquedo, da Caixa d'Água e da Cruz, além de elevações menores, foram atingidas por dezenas de deslizamentos de terra e detritos, alguns de grandes proporções. Nos bairros Laranjeiras, Graciosa de Baixo e Caixa d'Água, mais de quatrocentas pessoas foram evacuadas, muitas das quais tiveram suas vidas salvas por alerta dado pelos geólogos Rogério da Silva Felipe e Diclécio Falcade, durante missão de assessoramento técnico emergencial ao Comando da Defesa Civil do Estado. Nesta ação e no período pós-desastre, centenas de outras pessoas tiveram sua integridade física garantida por avaliações geológicas e recomendações de medidas de proteção à Defesa Civil.

No bairro Laranjeiras, pelo menos 12 casas foram destruídas pelo fluxo de detritos alimentado por 6 deslizamentos translacionais das encostas vizinhas, com várias casas danificadas e interditadas para ocupação. As informações sobre o total de danos são conflitantes. No bairro da Caixa d'Água, um volumoso fluxo de lama atingiu várias casas, destruindo-as parcialmente. Nesses locais, apenas dois óbitos foram registrados, pela insistência de moradores em permanecerem ou retornarem às suas moradias.

Figura 7. Encostas do morro do Bom Brinquedo, no bairro Laranjeiras, em Antonina, antes da ocorrência dos deslizamentos de 11 de março de 2011.

Figura 8. Deslizamento translacional no bairro Laranjeiras.

Figura 9. Fluxo de detritos com destroços de residências no fundo do vale, no bairro Laranjeiras.

1. 2 Justificativa

Movimentos gravitacionais de massa, também designados neste documento como MGM ou movimentos de massa, são comuns e recorrentes nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, principalmente nas encostas da Serra do Mar e

elevações adjacentes (ZUQUETE & PEJON, 2004). Os exemplos de Campos do Jordão, em 1988, de Blumenau, em 2008, e de Teresópolis e Nova Friburgo, em 2011 e 2012, são extremos pela quantidade de deslizamentos registrados e pelo número de óbitos e pessoas desalojadas. Entretanto, movimentos de massa de vários tipos ocorrem com frequência em encostas e taludes naturais de dimensões e declividades variadas, porque eles constituem o processo natural de evolução do relevo montanhoso, em clima úmido. Em taludes artificiais, os movimentos de massa representam a ação do equilíbrio dinâmico do relevo, em busca da recuperação do perfil original na encosta modificada pelo homem.

É padrão nos Serviços Geológicos que são referência mundial, como os da Inglaterra, dos Estados Unidos, do Canadá e da Austrália, a prioridade dada ao controle, monitoramento e intervenção em desastres naturais. Estas instituições assumem, em nome do poder público, a responsabilidade de estudar os processos geradores de acidentes geológicos, orientar a população quanto aos riscos envolvidos, liderar ações de defesa civil e estabelecer sistemas de prevenção, controle e correção dos efeitos dos desastres naturais. No exercício das atribuições de Serviço Geológico Estadual, a MINEROPAR tomou a iniciativa de prestar apoio técnico à Defesa Civil do Estado e às prefeituras da região, desde a deflagração dos eventos de 11 de março até esta data. Esta iniciativa está sendo consolidada pelo desenvolvimento das atividades ora relatadas e seus desdobramentos futuros, em benefício da comunidade local.

1.3 Objetivos

Concluído o inventário de movimentos de massa, a MINEROPAR concentrou as atividades em Antonina, tendo em vista os seguintes objetivos:

- Avaliar a predisposição geológico-geotécnica para movimentos de massa em cada vertente dos morros com ocupação antrópica, na área urbana;
- Delimitar e classificar áreas de risco, em função da predisposição do terreno para movimentos de massa e da vulnerabilidade da infraestrutura e da população.
- Fornecer à Prefeitura Municipal de Antonina e à Coordenadoria Estadual da Defesa Civil subsídios técnicos para atualização, respectivamente, do

Plano Diretor do município e à elaboração de um Plano de Proteção e Defesa Civil.

1.4 Dados físicos de produção

A avaliação de vertentes na área urbana de Antonina foi executada pela equipe da GEBT - Gerência de Geologia Básica e Temática da MINEROPAR, identificada na página de rosto deste relatório.

As atividades de campo foram realizadas principalmente pelos técnicos em mineração, em virtude do envolvimento do autor deste relatório com outras atividades da Empresa. A responsabilidade pela produtividade e qualidade dos resultados do projeto deve ser atribuída meritoriamente aos técnicos Antônio P. Alano, Miguel A. Moretti e Clóvis R. da Fonseca. Da mesma forma, participou voluntariamente o geólogo Oscar Salazar Júnior, assessor da Diretoria Técnica, em atividades de campo e escritório. Os geólogos Rogério da Silva Felipe e Diclécio Falcade participaram de visitas de consultoria realizadas pelo Dr. Lázaro Valentim Zuquette, professor da Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, campus de São Carlos, e na interpretação dos dados de campo e laboratório, bem como na revisão crítica deste relatório.

Os ensaios geotécnicos em amostras de solo foram executados pelo técnico em mineração Antônio P. Alano, responsável pelo SELAB - Serviços de Laboratório da MINEROPAR, que acumulou atividades de campo e laboratório.

As atividades de avaliação de vertentes envolveram 65 dias efetivos de campo, equivalentes a 154 dias/homem, uma vez que várias campanhas foram realizadas por equipes de três técnicos. Em 203 vertentes, foram registrados 845 pontos de caminhamento (sigla AA), 447 pontos com execução de sondagens a trado (sigla ST) e 45 pontos com coletas de amostras indeformadas de solo (sigla AM). Um total de 128 deslizamentos planares, rotacionais e quedas de terra ou rocha foi cadastrado, na área mapeada, nesta e na etapa anterior do projeto. Detalhes técnicos da execução destas atividades são apresentados no Capítulo 3 - Metodologia de Trabalho.

2. Fundamentos teóricos

2.1 Conceitos relacionados com avaliação de áreas de risco

Alguns conceitos são esclarecidos a seguir, para melhor entendimento dos termos utilizados neste relatório. As acepções variam na literatura técnica, de modo que foram escolhidas as fornecidas pelo *WP/WLI - Working Group on Causes of Landslides* (POPESCU, 2001) e pelo *UNISDR – United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (2009), que formam um conjunto coerente de definições aplicáveis aos objetivos deste relatório.

Vertente é um segmento homogêneo de encosta, limitado por um fundo de vale e o interflúvio adjacente, constituindo uma superfície onde os fluxos de água dirigem-se aproximadamente para um mesmo sentido. De um modo geral, vertentes podem ser descritas como flancos de vales, embora nem sempre se configure esta morfoestrutura. Elas constituem as unidades de terreno adotadas internacionalmente no mapeamento geológico-geotécnico em escalas de detalhe e grande detalhe, porque é dentro delas que ocorrem de fato os movimentos de massa (GUZZETTI, 2005).

Evento natural é o fenômeno resultante da ação de agentes internos e/ou externos à crosta terrestre, com dimensões, localização e tipologia específicas, que não produz danos ao meio ambiente ou à ocupação antrópica. Deslizamentos de solo e enchentes são respectivamente eventos geológicos e hidrológicos, quando ocorrem em áreas que não afetam em grau significativo o meio ambiente, a população e a infraestrutura.

Acidente natural é um evento que produz danos significativos ao meio ambiente ou danos de qualquer monta à ocupação antrópica. O conceito de dano significativo ao meio ambiente é de difícil definição. Entretanto, uma consequência de acidente geológico merece ser considerada como dano quando altera o meio ambiente de tal forma que a sua recuperação espontânea se torna impossível ou inviável. Um deslizamento rotacional de grandes dimensões pode alterar completamente o perfil de uma encosta, destruir a cobertura vegetal e assorear um fundo de vale a ponto de desfigurar a paisagem local de forma definitiva. Da mesma forma, uma enchente pode alterar o curso de um rio e destruir o habitat de algumas espécies vegetais ou animais.

Desastre natural é o acidente geológico ou ambiental que, segundo definição do UNISDR (2009), envolve “perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão”. Mais especificamente, o desastre natural atende a pelo menos um dos seguintes critérios: 10 ou mais óbitos; 100 ou mais pessoas afetadas; declaração de estado de emergência; ou pedido de auxílio internacional. Está implícito, neste conceito, que desastre é todo acidente cujos danos são tão graves ou elevados que impedem a comunidade atingida de recuperar as suas atividades econômicas e sociais sem ajuda externa.

Movimento gravitacional de massa (MGM), ou movimento de massa, refere-se ao deslocamento de uma massa de rocha, solo, vegetação e/ou água ao longo de uma encosta natural ou talude escavado, por efeito da força da gravidade, devido à redução da coesão interna e à ruptura do limite de resistência ao cisalhamento.

Predisposição é a propensão de uma encosta para gerar acidentes naturais, particularmente movimentos de massa, em decorrência de suas características geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas. Da mesma forma, as características geomorfológicas e hidrológicas de uma várzea podem favorecer a ocorrência de uma inundação ou enchente.

Suscetibilidade é a probabilidade de que um movimento de massa ocorra em determinado lugar, em função da predisposição do terreno e da influência de fatores locais, naturais ou antrópicos, que potencializam esta predisposição. Ela é uma estimativa de onde os movimentos de massa podem ocorrer, sem levar em consideração quando, com que frequência ou a magnitude do evento esperado. Em nosso meio, a suscetibilidade tem sido usada equivocadamente como sinônimo de predisposição.

Perigo (*hazard*) é a probabilidade de que um evento de determinada magnitude e reconhecido potencial destrutivo ocorra em algum lugar e em algum período específico. É a condição geológica, ambiental ou antrópica com potencial para causar danos ao meio ambiente, ao patrimônio ou às pessoas. Trata-se de um acidente natural que ainda pode acontecer.

Vulnerabilidade é o grau de exposição de uma comunidade ou de um patrimônio aos efeitos de um tipo específico de acidente geológico, ambiental ou antrópico. Quando se trata de instabilidade de encostas, ela é indicada pelo dano possível que um determinado movimento de massa pode causar à comunidade

ou ao patrimônio. O grau de exposição depende basicamente da proximidade da zona de impacto, da qualidade da ocupação e das estruturas civis em termos de resistência aos efeitos do perigo identificado.

Risco é a probabilidade de que um determinado volume de perdas, traduzido em valor monetário, afete uma comunidade, infraestrutura ou setor do meio ambiente. Este é um conceito econômico, utilizado inclusive pelas companhias de seguro no cálculo dos prêmios e indenizações. Ele é classicamente dividido em risco ambiental, social e econômico. O risco ambiental relaciona-se com a possível destruição temporária ou definitiva de parte de uma paisagem, isto é, de um setor da superfície terrestre onde relevo, água superficial, flora e fauna se mantêm em equilíbrio dinâmico. O risco social refere-se às perdas que podem ocorrer pela interrupção de determinadas atividades comunitárias, tais como transporte, prestação de serviços públicos, eventos sociais e religiosos, entre outros. O risco econômico refere-se ao custo financeiro das possíveis perdas ambientais e sociais, por efeito de um acidente ou desastre natural.

Por definição, o risco deve ser determinado por equipes multidisciplinares, legalmente habilitadas para avaliar o valor de cada unidade de patrimônio e de atividade econômica, bem como dos seus possíveis danos, em decorrência dos eventos naturais caracterizados nos mapas de predisposição ou suscetibilidade. Entretanto, a estimativa da probabilidade de ocorrência de movimentos de massa em uma determinada região depende da existência de séries históricas de eventos ocorridos. Sem dados acumulados, não é possível estabelecer níveis de probabilidade e sem eles, não é possível calcular o risco de perdas.

Por estes motivos, adota-se neste relatório o conceito qualitativo de risco, baseado no cruzamento da predisposição do terreno e do padrão de uso e ocupação do solo nas zonas de impacto dos movimentos de massa. Esta combinação foi utilizada como referência para o estabelecimento de uma hierarquia relativa entre as áreas de risco. Trata-se de uma simplificação que responde satisfatoriamente às preocupações da Defesa Civil e da Prefeitura Municipal, no que diz respeito à maior concentração de recursos para proteção da população, nos períodos de perigo previsível.

2.2 Movimentos gravitacionais de massa

2.2.1 Introdução

Há muitos tipos de movimentos de massa, cujas características dependem de fatores variados: declividade da encosta, conteúdo em água, tipo de material envolvido e parâmetros ambientais locais, tais como a temperatura e o nível topográfico acima do mar. Podem ser consideradas três categorias principais: quedas, deslizamentos (ou escorregamentos, tradução menos precisa de *landslides*) e fluxos. Os materiais litológicos envolvidos em cada um desses tipos de acidentes geológicos podem ser: rocha, solo, lama e detritos.

As descrições a seguir caracterizam mais completamente as combinações dos vários tipos de processos e materiais litológicos, de acordo com a classificação de VARNES (1958). Para melhor entendimento dos resultados e das recomendações técnicas apresentadas neste relatório, são descritos apenas os movimentos de massa que ocorrem na área urbana de Antonina. As ilustrações desta seção foram produzidas pelo *United States Geological Survey - USGS*.

Existem inconsistências na nomenclatura, que interessam apenas aos especialistas na área e não prejudicam o entendimento deste relatório. O termo deslizamento, por exemplo, pode designar tanto o processo quanto o depósito resultante. Por outro lado, fluxo é o termo aceito para designar o processo de escoamento líquido ou viscoso, mas de alta velocidade, enquanto corrida é o nome do depósito de materiais escoados.

2.2.2 Quedas e tombamentos de rochas e de detritos

As quedas são deslocamentos bruscos de material litológico (blocos de rochas, matacões, areia, massas compactas de argila) que ficou solto sobre a face livre de um maciço, devido ao intemperismo, à intervenção do homem ou a outras causas.

A movimentação efetua-se por queda livre, rolamento, salto e deslizamento, entendido este como o deslocamento de um bloco sobre o terreno, após a queda. Ocorrem geralmente em escarpas verticais a subverticais, onde a separação do material susceptível à queda ocorre geralmente em planos de

fraqueza estrutural, tais como estratificação, fraturas e falhas. A pressão exercida pela água de infiltração e a dilatação de material em decomposição são os principais fatores que levam ao desprendimento dos materiais de uma escarpa rochosa.

As quedas são frequentemente induzidas por escavação natural ou artificial da base da vertente ou por alteração da declividade, como ocorre nos cortes de estradas, barrancas de rios e falésias marinhas. É comum a ocorrência de depósitos de sopé, na base da encosta afetada, que os processos erosivos reduzem progressivamente (Figura 10).

Os tombamentos consistem na rotação de blocos de rocha para fora de uma encosta, por efeito da gravidade e ruptura do equilíbrio por alguma alteração na base de sustentação. Eles diferem das quedas porque a ruptura dos blocos tombados ocorre no pé da escarpa.

Figura 10. Queda de blocos.

2.2.3 Deslizamentos rotacionais

Consistem na rotação de rocha ou solo ao longo de uma superfície côncava, podendo afetar um bloco único ou grandes complexos de blocos. Nesta definição, solo é considerado o conjunto de materiais que, desde as camadas superficiais de solo arável até a rocha alterada, constituem o perfil de solo. A superfície superior de cada bloco fica frequentemente pouco perturbada, mas é mais comum a subdivisão do bloco abatido em outros menores por meio de fraturas.

Mais frequentemente este tipo de movimentação afeta materiais inconsolidados ou pouco consolidados, deixando geralmente cicatrizes arqueadas e/ou depressões na vertente. Os deslizamentos rotacionais podem ser induzidos por vários mecanismos, mas os mais comuns são as precipitações prolongadas, as cheias e os sismos. Eles são, com frequência, induzidos por atividades humanas que ampliam a inclinação das encostas. Por isto, são comuns nos cortes de estradas e em áreas urbanas, onde a geometria das encostas é modificada, geralmente por cortes que aumentam o ângulo dos taludes, retiram o suporte na base e alteram o regime hidráulico do maciço.

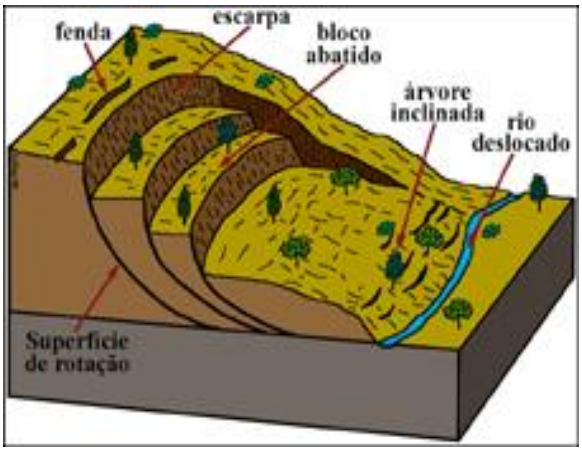


Figura 11. Deslizamento rotacional.

A figura 11 mostra os elementos típicos de um deslizamento rotacional, dos quais merecem atenção a escarpa, dita escarpa principal, porque podem ocorrer outras menores acima ou abaixo dela, e o bloco abatido. Antes das obras de retaludamento, o movimento de massa MM-01, no primeiro corte da rodovia PR-340, apresentava todos os elementos típicos deste tipo de deslizamento.

2.2.4 Deslizamentos translacionais

Também designados movimentos translacionais, neste tipo de ruptura verifica-se o deslizamento mais ou menos rápido de rocha ou de detritos ao longo de um plano pré-existente, geralmente planos de estratificação, foliação, fraturas e contatos entre solo e rocha. Diferem dos deslizamentos rotacionais pelo fato da

superfície de deslocamento não ser côncava, mas plana, comumente formada pelo limite da rocha sã ou solo impermeável, sob cobertura rasa de material inconsolidado. Além disto, eles apresentam uma zona de origem, situada imediatamente abaixo da escarpa principal, uma zona de trânsito e uma zona de deposição dos materiais deslocados (Figura 12).

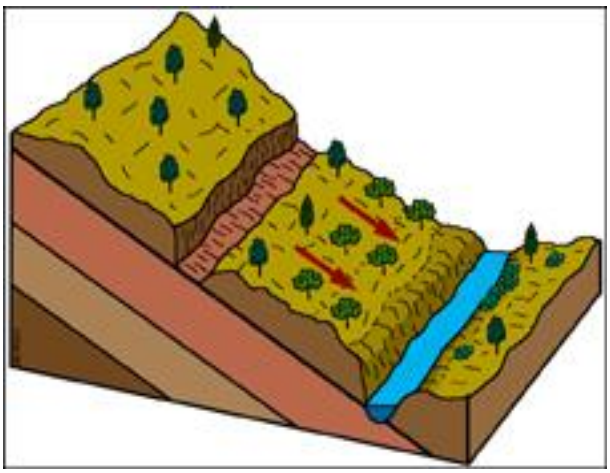


Figura 12. Deslizamento translacional.

2.2.5 Rastejo

É a movimentação muito lenta e geralmente contínua de solo numa encosta, causada por tensões tangenciais suficientemente fortes para produzirem deformação permanente, mas insuficientes para conduzirem à ruptura brusca. O rastejo pode ser, portanto, precursor de um deslizamento rotacional ou translacional. Por isto é importante reconhecer os sinais de rastejo durante a avaliação de vertentes.

Praticamente todas as encostas são afetadas por este tipo de movimentação, embora em velocidades muito variadas. As evidências de rastejo são ondulações no terreno, árvores inclinadas, cercas onduladas, leitos de estradas afundados e tubulações deslocadas (Figura 13).

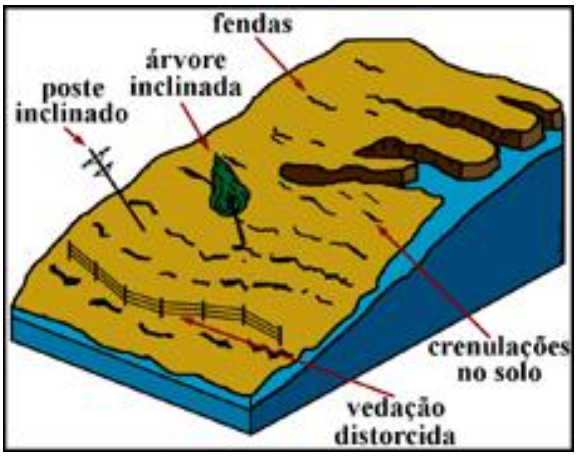


Figura 13. Rastejo de solo.

2.2.6 Fluxos de detritos

São fluxos saturados por água em mistura homogênea com detritos variados, em que a percentagem de materiais grossos (areias e cascalhos) é elevada, em geral mais de 50%. Normalmente, a quantidade de materiais finos em suspensão (silte e argila) é também elevada. Por vezes iniciam-se como deslizamentos rotacionais e evoluem para fluxos à medida que incorporam água no percurso.

Os fluxos também são chamados corridas na literatura brasileira, mas existe uma diferença conceitual entre ambos: fluxo é o processo e corrida é o produto.

Os detritos envolvidos nestes fluxos podem ter dimensões muito variadas, desde partículas muito pequenas, como as argilas, até blocos com vários metros de diâmetro. É esta mistura densa que serve de suporte ao transporte de elementos maiores em suspensão. Na localidade de Floresta, durante o desastre de 2011, foi observado o deslocamento por longas distâncias de matacões de tamanhos equivalentes a veículos de passeio e pequenas edificações. No lado oposto da Serra da Prata, na localidade do Morro do Inglês, moradores relatam ter observado blocos com até 2 m de diâmetro saltando sobre o fluxo de detritos como se não tivessem peso algum.

As velocidades atingidas por estes fluxos são muito variáveis, dependendo, entre outros fatores, da quantidade de água, da percentagem de material sólido e

da declividade. Em termos genéricos, pode-se dizer que a velocidade varia de menos de 1 m/ano e mais de 100 km/h, com a frente do fluxo atingindo velocidades bastante maiores do que a parte posterior. Isto pode conduzir à segregação de vários fluxos individuais, com densidades médias diferentes e, consequentemente, com velocidades diferentes.

Em consequência destas características, os fluxos de detritos têm alto poder abrasivo, podem deslocar-se por distâncias muito grandes e a parte frontal pode atingir velocidades muito altas. Quando atingem velocidades acima de 100 km/h, os fluxos de detritos podem subir encostas e outras elevações que estejam na sua trajetória. Quando confinados em vales encaixados, estes fluxos podem preenchê-los até 100 metros de altura ou mais.

Os fluxos de detritos tendem a deslocar-se pela rede de drenagem superficial pré-existente. Todavia, muitas vezes abrem os seus próprios canais de passagem, construindo frequentemente, à sua passagem, diques naturais, o que torna de difícil previsão a localização exata dos locais por onde passará um futuro fluxo deste tipo (Figura 14).

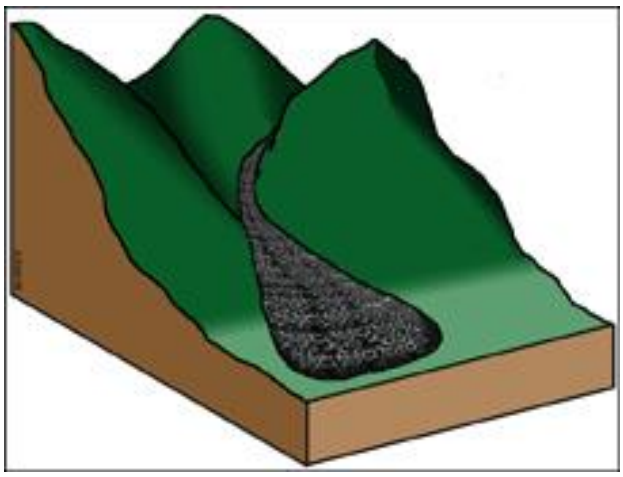


Figura 14. Fluxo de detritos.

2.2.7 Fluxos de lama

São fluxos aquosos densos que diferem dos anteriores na percentagem de materiais grossos, que é relativamente pequena. A percentagem de materiais finos (silte e argila) corresponde, em geral, a mais de 50%. Podem ocorrer em

quase todos os tipos de vertentes, desde que a cobertura de material inconsolidado contenha predominância de finos em relação a seixos e blocos.

São induzidos, frequentemente, por períodos de elevada pluviosidade, podendo ocorrer todos os termos de transição entre enxurradas constituídas quase apenas por água de escoamento superficial e fluxos de alta densidade, em que a proporção de materiais em suspensão é muito alta.

Os fluxos são normalmente muito fluidos e, por isso, deslocam-se através da rede de drenagem pré-existente. Podem, assim, atingir grandes distâncias, mesmo deslocando-se em vales com inclinação suave (Figura 15).

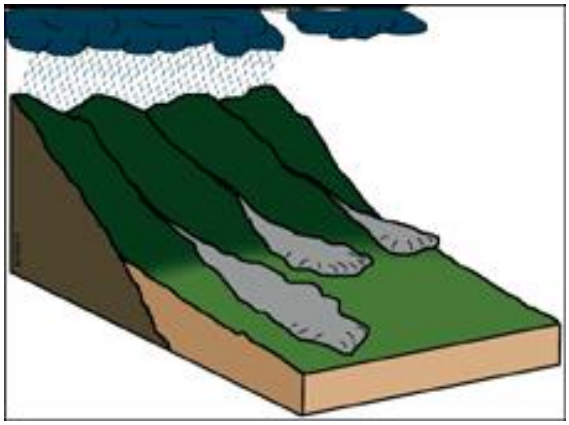


Figura 15. Fluxos de lama.

As suas velocidades podem ser superiores a 1 km/h, tendo-se, em alguns casos, estimado velocidades de deslocamento de aproximadamente 150 km/h. Na fase inicial, os fluxos de lama muito fluidos podem atingir velocidades de 30 m/s, ou mais de 100 km/h, em apenas alguns segundos. Na fase terminal, quando atingem zonas aplainadas e extensas, a velocidade diminui para alguns metros por dia.

Como os fluxos de lama podem atingir velocidades muito grandes e percorrer longas distâncias, são potencialmente muito perigosos. Algumas das grandes catástrofes ocorridas nas últimas décadas, principalmente na América do Sul, foram ocasionadas for este tipo de movimentações de massa.

2.3 Fatores predisponentes à ocorrência de movimentos de massa

Os fatores do meio físico que predispõem à ocorrência de movimentos de massa podem ser caracterizados em função da influência, individual e combinada, que podem exercer sobre o aumento da umidade nos materiais sujeitos à movimentação. A movimentação do terreno ocorre quando a coesão e a resistência ao cisalhamento são reduzidas até o ponto em que os materiais não suportam mais as tensões geradas pela força da gravidade. Isto acontece principalmente em função da saturação dos materiais por água de infiltração.

Outros fatores são igualmente importantes no controle de *como* e *quando* a ruptura ocorre, mas os comentados a seguir são mais decisivos no controle de *onde* as vertentes podem se tornar instáveis. Exemplo de fator que controla *como* ocorre a ruptura é a composição mineralógica do material inconsolidado, que condiciona o desenvolvimento de deformação rúptil ou escoamento dúctil. O regime de chuvas é exemplo de fator que controla *quando* ocorre a instabilização do terreno, mais frequentemente durante eventos de chuvas intensas que se seguem a longos períodos de chuvas persistentes.

A apresentação desses fatores tem o propósito de demonstrar a complexidade dos processos envolvidos na geração de movimentos de massa, não tendo validade como uma explicação cabal e completa da origem desses acidentes geológicos. O número de fatores envolvidos é grande o suficiente para ilustrar esta complexidade, mas as variações de valores críticos que cada um pode assumir são muito maiores e tornam a previsibilidade dos MGM uma tarefa envolta por alto grau de incerteza.

Relevo. As formas de relevo em vertentes côncavas favorecem a instabilidade porque concentram os fluxos de água superficial e subterrânea. Vales entalhados em V normalmente apresentam gradiente hidráulico elevado facilitando o escoamento rápido da água precipitada, e vertentes convexas dispersam o fluxo de água superficial e subterrânea. Entretanto, as abundantes exceções conhecidas devem ser usadas como referências para evitar generalizações simplistas.

Solo. Mantos espessos de material inconsolidado, que ocorrem mais comumente nas vertentes côncavas, acumulam maiores volumes de materiais para concentrar umidade e, por seu maior peso, desenvolvem tensões cisalhantes maiores por efeito da força da gravidade. Entretanto, solos rasos podem se saturar e entrar em colapso rapidamente, por liquefação ou solifluxão, como ocorreu nas encostas superiores da Serra da Prata, em março de 2011.

Drenagem. A área da bacia de drenagem, coletora de água de precipitação, é diretamente proporcional ao volume de água drenada em direção ao seu eixo, o que aumenta a instabilidade da encosta ao se combinar com os fatores anteriores. Obstáculos ao escoamento, tais como tanques e valetas paralelas às curvas de nível, acumulam água precipitada e favorecem a infiltração, aumentando a suscetibilidade local a movimentos de massa.

Vegetação. A alteração ou remoção da cobertura vegetal facilita a infiltração da água e a erosão das camadas superficiais de solo, expondo níveis mais profundos e frágeis do material inconsolidado. As camadas superiores da cobertura de solo são mais maduras e estáveis, ao contrário das mais profundas, que são imaturas, com coesão mais baixa e fraca resistência ao cisalhamento. Espécies vegetais com raízes pivotantes contribuem para a estabilidade do terreno, pelo menos até 45^{o} de declividade, enquanto espécies com raízes superficiais favorecem a instabilização, tanto pela infiltração da água quanto pelo peso acrescentado ao terreno.

Umidade do solo. O aumento da umidade do solo, favorecido pelos fatores predisponentes comentados acima e pela permoporosidade, reduz a coesão e a resistência ao cisalhamento do material inconsolidado, tornando-o mais suscetível à instabilização. BASTOS (2005) demonstra em pesquisa de erodibilidade, que solos mais erodíveis perdem coesão aparente mais rapidamente do que solos menos erodíveis, com o aumento da umidade.

Declividade. Declividades acima de 25^{o} favorecem a atuação da força da gravidade e o desenvolvimento de tensões cisalhantes na cobertura de material inconsolidado (SIDLE *et al*., 1985). Estatisticamente, a classe de declividade que concentra a maior incidência de movimentos de massa é de 25 a 42^{o}. Segundo SANTOS & VIEIRA (2009), em estudo feito na Serra do Mar paulista, 51% dos

movimentos de massa concentram-se na classe de declividade de 30 a 40^{o}. Nas elevações da área urbana de Antonina, os movimentos de massa cadastrados ocorrem em encostas de 25 a 35^{o}. Segundo GUARIGUATA (1990), 70% dos MGM estudados em uma região de Porto Rico ocorrem em encostas com declividades de 30 a 40^{o}. No maciço da Tijuca, 65% dos MGM deflagrados pelas chuvas torrenciais de abril de 2010 ocorreram em declividades de 30 a 45^{o} (MELLO, 2011).

Amplitude. Combinada com a declividade, a amplitude do relevo, medida verticalmente da base ao topo das elevações, contribui para o acúmulo de energia e água ao longo do transporte dos materiais instabilizados. Estes fatores - energia e teor de água crescentes - são críticos na geração das corridas de lama e detritos, os MGM mais destrutivos e de maior alcance.

Ação do homem. A intervenção antrópica potencializa a instabilidade natural das encostas ao impor alterações na geometria do terreno, aumento da umidade do solo, remoção da cobertura de solo e da vegetação, sobrepeso no topo de taludes escavados, entre outras. Se a combinação dos outros fatores contribui naturalmente para o aumento da instabilidade das encostas, estas intervenções a potencializam e definem os locais onde os movimentos de massa podem ocorrer sob condições menos severas de pluviosidade.

Dos fatores comentados acima, alguns foram selecionados para a elaboração dos modelos de movimentos de massa aplicáveis à avaliação de instabilidade das vertentes, na área urbana de Antonina. A seleção foi feita em função da sua importância reconhecida como efetiva na deflagração de deslizamentos - principalmente planares, os mais abundantes - e da sua facilidade de determinação nos ensaios geotécnicos do SELAB. Eles são permeabilidade, coesão aparente e erodibilidade.

2.4 Modelos de movimentos de massa para a área urbana de Antonina

2.4.1 Introdução

Modelo é a representação gráfica, descritiva, lógica ou analógica de um fenômeno, de modo a resumir suas propriedades essenciais e críticas para o entendimento de um comportamento. O uso de modelos é essencial para o

planejamento dos dados de campo e laboratório a serem levantados para avaliação de vertentes, em função da predisposição e suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa. Os modelos apresentados a seguir referem-se apenas a deslizamentos planares, porque são os mais abundantes e representativos da instabilidade de encostas, na área urbana de Antonina. São modelos de quatro tipos: perceptivo, conceitual, físico e matemático.

2.4.2 Modelo perceptivo

Deslizamento planar desenvolvido em material inconsolidado, sobre substrato granítico e anfibolítico, no contato entre camadas de solo e/ou saprólito, controlado por contrastes de permeabilidade e transmissividade hidráulica, i.e., por difração hidráulica. Este modelo fornece a base de raciocínio para o desenvolvimento dos outros modelos.

2.4.3 Modelo conceitual

Processo de ruptura do solo, retroalimentado pela influência de movimentos de massa recorrentes, que aumentam a suscetibilidade do terreno onde existe predisposição à redução de resistência ao cisalhamento, em função da perda da coesão aparente à medida que aumenta a umidade no material inconsolidado. Fundamenta-se na constatação de VARNES *et al*. (1984), CARRARA *et al*. (1995) e KAMUNGO *et al.* (2009) de que "*as rupturas de encostas são mais prováveis nos locais onde ocorrem as mesmas condições que permitiram o desenvolvimento de movimentos de massa passados e atuais*".

Nas vertentes mais afetadas por movimentos de massa recorrentes, o terreno apresenta-se ondulado, trincado e com feições erosivas mais abundantes. Estas características aumentam a suscetibilidade das vertentes à reativação de deslizamentos antigos e desenvolvimento de novos, pela maior facilidade de acúmulo de água da chuva nas rugosidades do terreno e maior facilidade de infiltração nas trincas e locais mais permeáveis. Nas vertentes da área urbana de Antonina que não mostram feições de instabilidade, o terreno apresenta-se tipicamente liso, compacto e firme, com menor porosidade aparente, o que é

confirmado pelos ensaios geotécnicos. A Figura 16 traz o modelo conceitual proposto para a área de estudo.

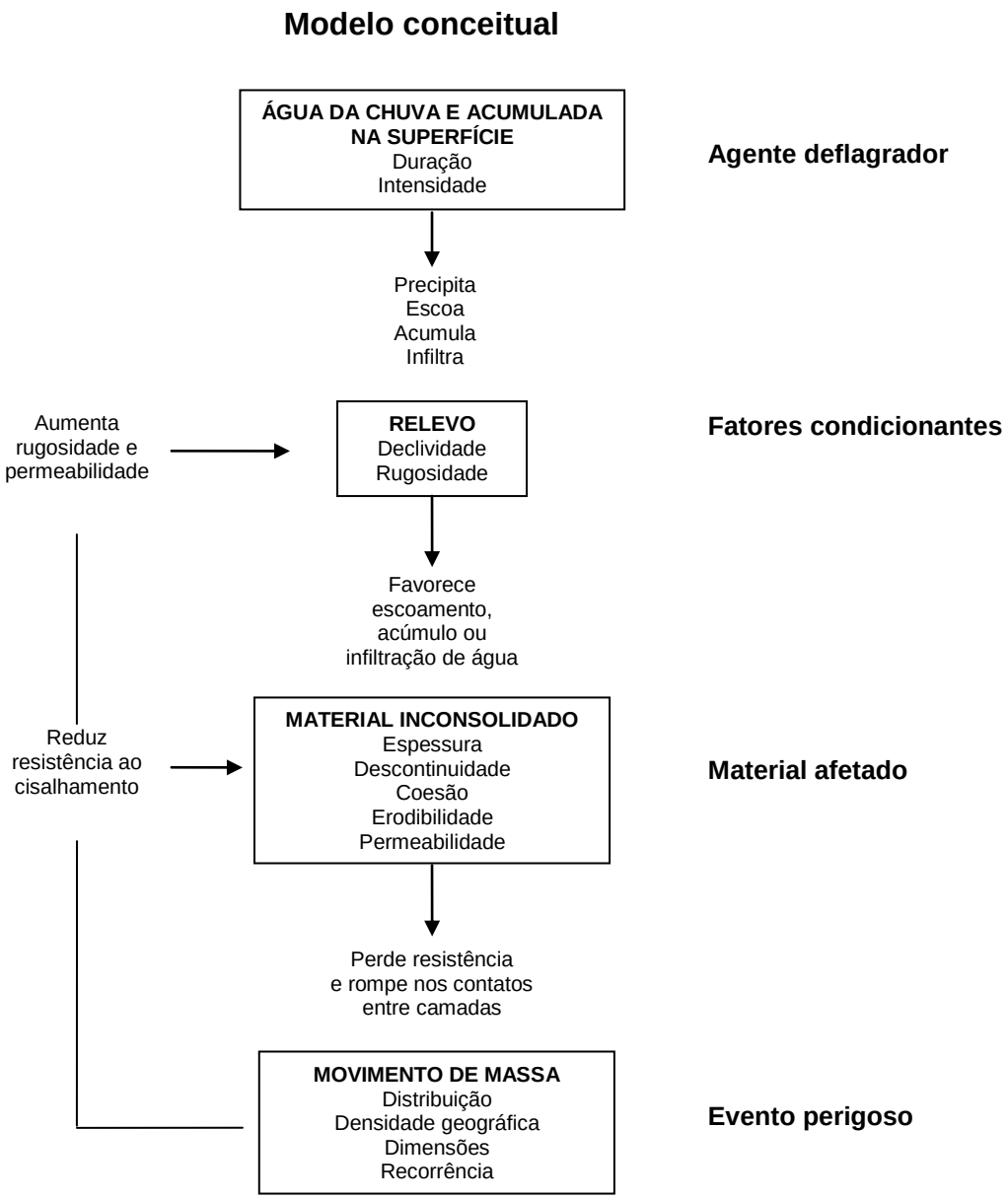
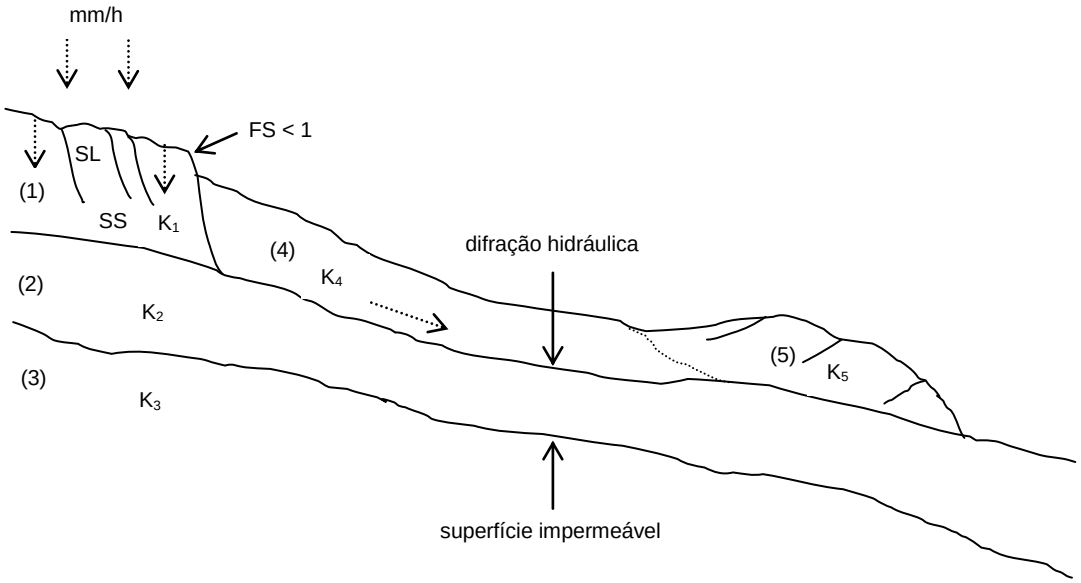


Figura 16. Modelo conceitual.

2.4.4 Modelo físico

Representa graficamente as relações espaciais entre os fatores condicionantes e deflagradores com os materiais afetados pelos movimentos de massa. Este modelo é utilizado neste relatório para ilustração e melhor entendimento dos processos geradores de movimentos de massa (Figura 17).

Modelo físico



Convenções

(1) Solo laterítico (SL) e saprolítico (SS)
(2) Saprólito
(3) Substrato rochoso
(4) Bloco desmontado
(5) Depósito de movimento de massa
K - Coeficiente de permeabilidade

Fluxo da água precipitada e infiltrada

Figura 17. Modelo físico.

2.4.5 Modelo matemático

O modelo matemático aplicável aos processos deflagradores de deslizamentos planares não foi desenvolvido, devendo ser utilizado em fases subsequentes do projeto.

2.5 Relações entre índices pluviométricos e movimentos de massa

2.5.1 Introdução

O presente documento visa contribuir para o conhecimento dos índices pluviométricos utilizados como critérios de decisão, na implementação de Planos Preventivos de Defesa Civil (PPDC), no Brasil e em outros países. Esses índices são obtidos a partir de uma grande variedade de fórmulas matemáticas e de um

número maior ainda de variáveis. Esta diversidade de modelos reflete a complexidade do comportamento dos sistemas naturais, especialmente das interações entre clima e meio físico. O objetivo desta revisão é apresentar, para discussão entre os técnicos envolvidos com o tema, índices pluviométricos alternativos aos utilizados atualmente pelo Sistema de Defesa Civil responsável, no Paraná, pela gestão do risco associado a movimentos gravitacionais de massa (MGMs).

2.5.2 Fatores geotécnicos da instabilidade de encostas

Para melhor entendimento dos requisitos que deve atender um índice pluviométrico, quando aplicado a decisões de alerta a MGMs, é necessário considerar os fatores geotécnicos de instabilidade e suas relações com a água de infiltração.

Uma encosta torna-se instável quando os seus materiais constituintes perdem resistência ao cisalhamento e se rompem, no momento e nos locais em que as suas respectivas forças resistentes são superadas pelas forças solicitantes (FIORI & CARMIGNANI, 2009). A relação entre forças resistentes e solicitantes define o fator de segurança, cuja equação básica pode assumir várias versões, de acordo com os parâmetros geotécnicos considerados. Uma versão, que inclui os atributos mais importantes para a avaliação de instabilidade das encostas naturais e taludes escavados, é a seguinte:

$$F_s = \frac{c + (\gamma_{sat} - h_2/z \times \gamma_a)\, z.\cos^2 i.\mathrm{tg}\Phi}{z.\gamma_{sat}.\mathrm{seni.cosi}}$$

Em que:

c : coesão
γ_{sat} : peso específico do solo saturado
h_2 : espessura da camada de solo saturado
z : profundidade do nível freático
γ_a : peso específico natural do solo
i : ângulo de inclinação da encosta ou do talude escavado
Φ : ângulo de atrito interno do solo

Nesta equação, os parâmetros do numerador representam os fatores resistentes à instabilização, enquanto os situados no denominador são os fatores solicitantes, que favorecem a instabilidade dos materiais. Por isto, valores de F_s maiores do que 1 indicam condições de estabilidade, F_s igual a 1 representa o ponto de ruptura da resistência ao cisalhamento e valores abaixo de 1 correspondem a condições de franca instabilidade.

Vários autores (ZUQUETTE, 1987; GUZZETTI, 2005; CASADEI *et al*., 2003; IVERSON, 2000; REID *et al*., 2008) enfatizam que é a umidade do solo e não a chuva que provoca instabilidade de encostas. Isto é, um evento de chuva intensa e concentrada pode produzir apenas erosão superficial, se não for precedido de um período suficientemente longo de chuva continuada. É a elevação da pressão neutra entre os grãos de um solo saturado que produz a ruptura da encosta e esta pressão atinge o ponto de saturação mais rapidamente em solos subsaturados do que em solos secos. A pressão neutra, ou poropressão, não afeta os valores da coesão e do ângulo de atrito interno, mas somente a pressão efetiva (FIORI & CARMIGNANI, 2009). A redução da resistência ao cisalhamento ocorre pela diminuição da pressão efetiva, o que corresponde à diminuição do peso do material saturado, reduzindo consequentemente o valor de F_s.

Outro parâmetro importante na determinação das relações entre pluviosidade e instabilidade de encostas, e que não entra no cálculo do fator de segurança, é a condutividade hidráulica. Ela não faz parte da fórmula porque é um fator que determina o tempo necessário para se atingir um determinado valor de F_s. Isto é, a condutividade hidráulica define a velocidade com que a infiltração da água da chuva produz a instabilidade da encosta, reduzindo a coesão e aumentando o peso específico saturado do solo. Em solos arenosos, a condutividade hidráulica é da ordem de 20 cm/h, diminuindo para 1,3 cm/h em solos siltosos e para 0,06 cm/h em solos argilosos. Isso indica que em solos argilosos, os mais comuns nas encostas do litoral paranaense, a água da chuva leva 100 horas para se infiltrar 6 cm, ou 41 dias para se infiltrar 60 cm solo adentro. Entretanto, a condutividade hidráulica aumenta consideravelmente por influência da porosidade secundária e, para o mesmo tipo de solo, ela é tanto maior quanto mais elevado o teor de umidade.

2.5.3 Índices pluviométricos utilizados mundialmente

Baseado nos dados pluviométricos associados aos eventos de março de 2011, no litoral paranaense, a MINEROPAR, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - CEDEC, SIMEPAR e Águas Paraná estabeleceram, em caráter emergencial, o limite de 100 mm/72 h para acionamento do estágio de alerta. Este limite é utilizado da mesma forma no Estado de São Paulo, como critério de decisão no Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, pelo Instituto Geológico - IG e pela Defesa Civil (MACEDO *et al.,* 2004).

O Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro - DRM adota os critérios definidos pelo Alerta-Rio, criado e mantido pelo Serviço Geológico da Cidade do Rio de Janeiro, para acionamento dos estágios de PPDC, conforme o Quadro 1.

ESTÁGIO	PRECIPITAÇÃO		PROBABILIDADE DE OCORRER MGM	AÇÕES[1]
	ACUMULADA	PREVISTA		
VIGILÂNCIA	-	< 5 mm/h em 6 h	**Baixa:** escorregamentos ocasionais devido a causas localizadas e geralmente antrópicas.	Monitoramento das condições meteorológicas.
ATENÇÃO	60 mm/23 h	5,1 - 25 mm/h	**Média:** escorregamentos ocasionais e localizados, principalmente em taludes artificiais.	Operadores mantêm comunicação entre si e com os órgãos municipais de defesa civil.
ALERTA	70 mm/23 h	25,1 - 50 mm/h	**Alta:** escorregamentos esparsos e com distribuição moderada a extensa, em taludes naturais e artificiais.	Reúne-se o grupo de comando na Sala de Situação e são emitidos boletins de alerta à população.
ALARME	30 mm/h + 100 mm/24 h + 115 mm/96 h + prevista ≥ 270 mm/30 dias	> 50 mm/h	**Muito alta:** escorregamentos generalizados e com distribuição extensa [2].	Equipes de monitoramento deslocam-se para as áreas de risco.

(1) As ações de cada estágio somam-se às do estágio anterior.
(2) O limite de 270 mm/30 dias precisa ser atingido na soma das precipitações antecedentes e com a prevista.

Quadro 1. Critérios do Alerta-Rio, adotados pelo DRM.

Segundo TATIZANA *et al*. (1987), os limites acima dos quais ocorrem mais provavelmente MGM resultam da combinação de chuvas acumuladas em 96 h com eventos de chuvas intensas, conforme é apresentado na Tabela 1.

Chuva acumulada (mm/96 h)	Intensidade de chuva (mm/ h)
50	65
100	40
150	28
200	20
250	15
300	12
350	10
400	8
450	5
500	5

Tabela 1. Critérios para definição dos limites para ocorrência de MGM, segundo TATIZANA *et al*. (1987).

Em outro estudo, D'ORSI *et al*. (1997) definiram os limites apresentados na Tabela 2 para os níveis de atenção e alerta, em função das chuvas acumuladas em 96 h e em 24 h.

Chuva diária (mm/24 h)	Chuva acumulada (mm/96 h)	
	Atenção	Alerta
20	380	500
40	200	270
60	140	180
80	110	150
100	90	120

Tabela 2. Critérios para definição dos níveis de atenção e alerta, segundo D'ORSI *et al*. (1997).

Ao se analisar os índices adotados internacionalmente, verifica-se uma variedade muito grande, que reflete a complexidade das relações entre chuva e alterações no meio físico. De acordo com o *Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica* - IRPI, de Perugia (Itália), 125 índices pluviométricos, resultantes da combinação de 25 variáveis em 16 tipos de modelos matemáticos, são utilizados mundialmente na previsão da ocorrência de MGMs. Eles podem ser agrupados em quatro categorias:

- índices que combinam intensidade e duração dos eventos de chuva;

- índices que combinam recorrência e duração dos eventos de chuva;

- índices baseados na precipitação total dos eventos de chuva;

- índices baseados na duração dos eventos de chuva.

Os primeiros são os mais utilizados no mundo inteiro. Para permitir a comparação entre índices do mesmo tipo, calculados em regiões diferentes, os pesquisadores normalizam os valores, dividindo as intensidades locais pela precipitação média anual da região.

Os dados do IRPI revelam uma grande dispersão de valores, nos limites adotados para os mesmos índices pluviométricos, como critério para previsão da ocorrência de MGMs, no mundo inteiro. Alguns exemplos são apresentados no Quadro 2. A causa principal pode ser a variabilidade real que ocorre entre regiões diferentes, mas ela se verifica também em diferentes estudos realizados em uma mesma região. Isto demonstra a incerteza e a margem de erro envolvidas nas previsões baseadas em índices regionalizados.

Código	**Índice pluviométrico**	**Região**
A(d)	$A_{(15d)}$ > 450 mm	Durban, África do Sul
	$A_{(50d)}$ > 530 mm	Calábria, Itália
A(d), R	$A_{(15d)}$ > 50 mm + R > 50 mm	Hong Kong
	$A_{(15d)}$ > 200 mm + R > 100 mm	
	$A_{(15d)}$ > 350 mm + R > 50 mm.	
	$A_{(15d)}$ > 250 mm + R > 70 mm.	Veneto, Itália
E	$E_{(3d)}$ > 200 mm	Sri Lanka
	$E_{(3d)}$ > 100 mm	Itália
	$E_{(2d)}$ > 300 mm	Espanha
R	R> 200 mm	Hokkaido, Japão
	R > 55 e 75 mm	Sarno, Itália
	R > 160 mm	Pirineus, Espanha
	R > 235 mm	Los Angeles, USA

A(d), mm: precipitação antecedente até a data da ocorrência de movimentos de massa.
E, mm: precipitação acumulada no evento de chuva concentrada. R, mm: precipitação diária.

Quadro 2. Exemplos de índices pluviométricos adotados como critério de decisão em PPDC e significado dos códigos utilizados.

Merece destaque, no cadastro do IRPI, o grupo de índices pluviométricos baseados na precipitação total dos eventos deflagradores de MGMs, calculados

como percentuais da precipitação média anual (PMA). O índice estabelecido por GUIDICINI & IWASA (1977) é citado como exemplo, com os seguintes limites críticos:

< 8% PMA: sem probabilidade de ocorrência de MGMs.

8-12% PMA: depende da precipitação antecedente para provocar MGMs.

> 12% PMA: ocorrência de MGMs independe da precipitação antecedente.

Na impossibilidade de acessar o documento original de GUIDICINI e IWASA (1977), supõe-se que o fundamento geotécnico do uso desse índice está na premissa de que a paisagem atual encontra-se em equilíbrio com o clima vigente, mais especificamente no regime anual de chuvas, e que condições de estresse ambiental ocorrem quando este regime é rompido acima de determinados limites. Segundo ZUQUETTE (2009), estes índices apresentam algumas limitações: não definem a duração de cada evento selecionado, as áreas analisadas são geológica e morfologicamente distintas, e a precipitação acumulada refere-se a um período de tempo muito longo, de meses.

Outra versão deste tipo de índice pluviométrico foi definido no Piemonte (Itália), por GOVI e SORZANA (1980), com os seguintes limites críticos:

10-25% PMA: probabilidade de ocorrer 3 a 15 MGMs por quilômetro quadrado.

22-31% PMA: probabilidade de ocorrer até 30 MGMs por quilômetro quadrado.

28-38% PMA: probabilidade de ocorrer até 60 MGMs por quilômetro quadrado.

Alguns índices, exemplificados abaixo, utilizam fórmulas de cálculo complicadas, inviabilizando o seu uso rotineiro por operadores não-especializados.

Intensidade crítica e acumulada do evento de chuva:

$$Ic = 258 \times E_{96h}^{-0,32}$$

Precipitação acumulada normalizada e intensidade do evento de chuva:

$$E_{MAP} = 14.183 - 2.4812 \times \ln I$$

Precipitação acumulada normalizada e intensidade normalizada do evento de chuva:

$$I_{MAP} = 0.04 \times e^{-3.55 \times E_{MAP}}$$

De acordo com DELMONACO *et al*. (1995), chuvas acumuladas ao longo de vários dias são necessárias para a deflagração de escorregamentos profundos, enquanto os MGMs rasos dependem mais da intensidade e duração dos eventos curtos de chuva. Por outro lado, estudos mostram que os limites críticos de precipitação variam de forma inesperada nos mesmos locais (BHANDARI e DIAS, 1996), podendo ocorrer MGMs sob chuvas de 70 mm/24 h em encostas que se mantiveram estáveis sob chuvas de 400 mm/24 h.

Em revisão da literatura sobre os métodos de previsão de escorregamentos, BUSSLINGER (2009) enfatiza que índices pluviométricos devem ser usados somente para a previsão de acidentes geológicos cujo deflagrador é a chuva. Mais do que isto, cada tipo de índice deve ser adequado ao tipo específico de movimento de massa cuja ocorrência se pretende antecipar. Por exemplo, chuvas acumuladas por períodos longos são úteis para a previsão de deslizamentos rotacionais profundos, enquanto chuvas diárias e intensidades horárias de chuva podem ser suficientes para a indicação de possíveis deslizamentos planares rasos. Entretanto, esses índices ainda são pouco usados no mundo inteiro como critérios para ativação de sistemas de alerta para movimentos de massa.

Finalmente, este autor reforça a constatação de GUZZETTI *et al*. (2005) de que os índices pluviométricos funcionam, ainda que com margens de erro frequentemente grandes, nas regiões em que foram determinados. A extrapolação a áreas vizinhas, mas com geomorfologia e regime climático diferentes, resulta em erros maiores ainda.

2.5.4 Discussão

Os valores de referência para a condutividade hidráulica em solos permitem entender que, enquanto em solos argilosos com espessuras de pelo menos 60 cm e sem porosidade secundária são necessários em torno de 40 dias para saturação do material, em solos arenosos bastam poucas horas de chuva

para produzir o mesmo resultado. Por isto, vários autores relatam que eventos curtos de chuvas intensas são suficientes para provocar escorregamentos em solos arenosos e rasos, como os que predominam nas encostas superiores e médias da Serra do Mar, enquanto somente chuvas prolongadas têm a capacidade de provocar o mesmo em solos argilosos e profundos.

Alguns autores afirmam que somente a combinação de chuvas prolongadas com eventos de chuva concentrada conseguem produzir escorregamentos generalizados, enquanto outros verificaram em situações reais que chuvas prolongadas por si só são suficientes para a ocorrência de MGMs dispersos sobre uma região. Mais do que isto, segundo IVERSON (2000), MGMs resultam da combinação de eventos isolados de chuva intensa com intensidades variáveis de chuva por períodos também variáveis, o que dificulta a modelagem matemática a partir de dados empíricos.

Analisando os eventos ocorridos em Campos do Jordão, em janeiro de 2000, AHRENDT (2005) constatou que deslizamentos começaram a ocorrer antes das fortes chuvas que somaram 400 mm em 30 dias, concluindo que as chuvas acumuladas produziram um grau de saturação no solo suficiente para romper as encostas, com intensidades inferiores a 50 mm/dia. Em contraste, os deslizamentos e corridas de detritos generalizados que atingiram 24 municípios na região sul de Santa Catarina, em dezembro de 1995, ocorreram depois de várias semanas de estiagem, provocados por um único evento de chuva que durou apenas 3 horas e atingiu a intensidade estimada de 500 mm/h (BIGARELLA, 2003).

Resultam destas informações pelo menos duas consequências. Em primeiro lugar, índices pluviométricos isolados e estáticos não conseguem prever eventos provocados por interações não-lineares entre chuva e escorregamentos, o que implica em largas margens de erro nas previsões. Em segundo lugar, como os índices críticos flutuam ao longo do tempo, em função dos padrões de clima, é mais conveniente usar índices combinados de chuvas prolongadas e eventos de alta intensidade ou índices sazonalizados (GUZZETTI, 2005).

Em suma, o índice pluviométrico selecionado como critério de decisão para um Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC deve refletir com suficiente precisão

e confiabilidade as relações entre padrões de chuva e os seus efeitos sobre o aumento da umidade do solo e a instabilização das encostas. O padrão de chuva pode ser definido de duas formas: (a) combinação de períodos prolongados de chuva e de eventos de chuva de alta intensidade; ou (b) proporção da intensidade de um evento de chuva em relação à precipitação média anual na mesma região. Em última análise, ambas descrevem como as variações de pluviosidade podem levar o material inconsolidado de uma encosta a acumular umidade até o ponto de ruptura. Definir o limite crítico para acionamento de um alerta à população sem considerar o padrão de chuvas de cada região é a melhor maneira de trabalhar com margens de erro muito altas e desacreditar um sistema público de proteção contra desastres naturais.

2.5.5 Conclusões

A síntese acima demonstra que a complexidade das interações entre chuvas e movimentos de massa justifica a necessidade de se promover o aprofundamento no estudo da questão. Não se pode esperar altos graus de acerto nas previsões baseadas em índices pluviométricos isolados e fixos, sem o apoio de dados de monitoramento do comportamento geotécnico da cobertura de solo, em encostas representativas de cada região. Mais do que índices de referência gerados a partir de séries históricas de dados coletados em estações pluviométricas distantes das áreas estudadas, é o monitoramento contínuo das variações de parâmetros geotécnicos do terreno que pode permitir progresso no controle das probabilidades de ocorrência de movimentos de massa.

Esta não é uma questão para ser resolvida pela MINEROPAR isoladamente, mas em cooperação com outras entidades, principalmente o Instituto Tecnológico SIMEPAR, o Grupo de Geoprocessamento - NUGEO da UFPR, o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais - CEMADEN e outras instituições que venham a contribuir para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento compatível com as necessidades do Estado do Paraná.

3. Metodologia de trabalho

3.1 Abordagens à avaliação de risco para movimentos de massa

A grande variedade de combinações de agentes, causas e processos que condicionam a deflagração, evolução e reativação dos movimentos gravitacionais de massa dificulta, se não impossibilita, o uso de uma metodologia única para avaliar esses acidentes geológicos e o risco associado. A experiência adquirida mundialmente nesta área confirma que diferentes estratégias, métodos e técnicas devem ser adotadas em função da escala de trabalho, da complexidade da área estudada, da densidade da intervenção antrópica e dos recursos disponíveis (GUZZETTI, 2005).

A literatura técnica brasileira aponta três linhas básicas de abordagem na avaliação de risco relacionado com movimentos gravitacionais de massa. A caracterização dessas linhas é feita abaixo, de acordo com BRAND (1988 *apud* AHRENDT, 2005), acrescentando-se uma quarta abordagem, ainda pouco utilizada em nosso meio.

Método clássico de estabilidade de encostas, que adota a análise baseada no conceito de equilíbrio limite e busca determinar o fator de segurança. Os seus praticantes aplicam aos taludes naturais os critérios e métodos de cálculo adotados na análise de estabilidade dos taludes escavados, com uso intensivo de ensaios geotécnicos. Esta linha de trabalho requer sólida formação em geotecnia e domínio dos métodos de cálculo de estabilidade, que devem ser selecionados em função das características geológicas de cada talude em particular, para a obtenção de resultados confiáveis. Trata-se de uma linha de investigação bastante usada no mundo inteiro, desde a escala regional até o grande detalhe. Entretanto, ela contém uma limitação importante, que é a necessidade de extrapolar parâmetros geotécnicos locais a unidades de terreno semelhantes, sobre regiões muitas vezes com dezenas a centenas de quilômetros quadrados.

O Núcleo de Geoprocessamento da UFPR, liderado pelos Prof. Dr. Alberto Pio Fiori e Prof. Dr. Claudinei Taborda da Silveira, adota esta metodologia. O uso

do método clássico de estabilidade de encostas é bastante generalizado, no mundo inteiro, porque permite a cobertura de grandes áreas, combinando recursos de geoprocessamento (principalmente modelo digital do terreno) com parâmetros geotécnicos de materiais representativos de cada região (GUZZETTI, 2005).

Método semiempírico, baseado em históricos de instabilidade de taludes e encostas, e na aplicação deste conhecimento à previsão da ocorrência de movimentos gravitacionais de massa em taludes e encostas semelhantes. Não utiliza dados de ensaios geotécnicos para a caracterização das unidades de terreno, o que constitui uma restrição importante à confiabilidade dos resultados. Por isto, esta abordagem requer muita experiência profissional e conhecimento do histórico de eventos geológicos em uma determinada região, por equipes técnicas de uma mesma instituição.

Esta metodologia foi desenvolvida no IPT - Instituto Tecnológico de São Paulo, com base na tese de doutorado de CERRI (1993), expressamente para permitir avaliações em caráter emergencial, com uso de poucos recursos tecnológicos, humanos e financeiros, conforme recomendação da UNISDR – *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (FARIA, 2011). O foco da avaliação é a ocupação antrópica, isto é, a análise é feita para cada edificação ou conjunto de edificações sob ameaça de acidente geológico. Por isto, esta metodologia é mais adequada a encostas profundamente modificadas por cortes e aterros, em áreas densamente ocupadas.

Ela é adotada pelo IPT e pelo IG/SMA - Instituto Geológico de São Paulo, este recorrendo mais intensamente do que outras instituições ao uso de imagens de sensoriamento remoto e recursos de geoprocessamento na definição do que denomina UBC - Unidades Básicas de Compartimentação. A metodologia adotada pelo Ministério da Cidade para treinamento de técnicos da defesa civil em municípios brasileiros é uma adaptação da desenvolvida pelo IPT. O GEO RIO - Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro trabalha desde 1968 com este tipo de abordagem, tendo desenvolvido a partir de 2001 o Índice Quantitativo de Risco para classificar de forma mais precisa as probabilidades de ocorrência de acidentes geológicos. Atualmente, o GEO RIO opera com 65 geólogos e engenheiros, que emitem anualmente em torno de

1.200 laudos de vistoria, os quais alimentam um banco de dados que contém mais de 25.000 laudos. O DRM - Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro segue a mesma linha de intervenção em áreas de risco para movimentos de massa, colaborando estreitamente com o GEO RIO.

Método de análise de terreno, que combina em graus variáveis mapeamento geomorfológico, geológico e geotécnico sobre unidades de terreno adequadas a cada escala de trabalho, tendo em vista definir predisposição, grau de instabilidade e suscetibilidade de cada segmento de encosta para os diferentes tipos de movimentos gravitacionais de massa. Utiliza dados de ensaios geotécnicos em amostras de materiais inconsolidados associados às diferentes litologias da área mapeada. Trata-se de uma abordagem sistemática que, com orientação adequada, pode ser adotada por equipes em treinamento e instituições sem conhecimento acumulado sobre uma determinada região.

É a mais largamente adotada no meio acadêmico brasileiro, porque preenche mais completamente os requisitos do método científico. Ademais, ela pode ser combinada com o mapeamento geológico-geotécnico aplicado ao ordenamento territorial. Os estudos executados na Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, no campus de São Carlos, seguem esta linha metodológica, sob liderança do Prof. Dr. Lázaro Valentin Zuquette e colaboradores. O Centro de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres - CEPED/UFSC também adota o método de análise de terreno, incorporando critérios geomorfológicos, geológicos e geotécnicos. O Grupo de Geotecnia da UFRGS segue a mesma linha, priorizando a análise na geomorfologia e pedogênese de materiais inconsolidados (TOMINAGA, 2007).

Métodos baseados nas teorias dos sistemas complexos, que buscam prever a ocorrência de acidentes geológicos com base na criticalidade auto-organizada, lógica *fuzzy*, propriedades dos fractais, relações não-lineares de causa e efeito, teoria do caos, análise fatorial, estatística multivariada, modelos orientados a padrões e objetos, processos estocásticos (comportamentos caóticos que dependem do tempo), entre outras técnicas. Trata-se de uma abordagem mais coerente com a natureza dos sistemas geomorfológicos, que são complexos por definição, mas requer o domínio de conceitos, teorias e métodos pouco conhecidos no ambiente profissional da geologia brasileira.

Sistemas complexos são aqueles cujo comportamento é descrito por meio de equações com pelo menos quatro variáveis, cuja evolução é muito sensível às condições iniciais e pode seguir uma grande variedade de caminhos para chegar ao mesmo resultado. Nesses sistemas, os efeitos não são provocados por causas individuais, mas por conjuntos de causas combinadas, e não existem relações lineares entre causas e efeitos, mas mais comumente relações exponenciais, hiperbólicas e logísticas (curvas em S). Por isto, devido ao alto grau de incerteza dos resultados, os métodos determinísticos e probabilísticos baseados em lógica formal e raciocínio linear mostram-se ineficientes para os fins de previsão. Em suma, de acordo com CARNEIRO & CHARRET, 2005), a principal característica dos sistemas complexos é a imprevisibilidade.

Fenômenos de instabilidade em forma de avalanche, que foram usados para definir o conceito e o primeiro modelo matemático de criticalidade auto-organizada, ocorrem quando uma determinada condição crítica é alcançada. A dificuldade prática está na determinação da condição crítica para cada sistema analisado. É possível que o fator de segurança represente a condição crítica mais simples e, ao mesmo tempo, mais representativa de uma encosta. Neste caso, o método clássico de estabilidade de encostas pode fundir-se à metodologia da complexidade, nas extrapolações de valores locais para a escala regional.

Os autores que adotam esta metodologia relatam maior confiabilidade e precisão nos resultados das previsões temporais e espaciais da ocorrência de movimentos de massa do que as obtidas com outros métodos (ERCANOGLU & GOKCEOGLU, 2002; SHUJUN *et al*., 2006; WANG & NIU, 2010). Desconhecemos exemplos brasileiros de aplicação dos métodos baseados nas teorias dos sistemas complexos. No âmbito mundial, esses métodos estão sendo usados na previsão de ocorrência de sismos.

Segundo BRAND (1988 *apud* AHRENDT, 2005), os três primeiros métodos têm sido aplicados com sucesso, mas é preciso atender os requisitos de formação técnica e treinamento exigidos em cada linha de trabalho, para se obter resultados confiáveis. Por isto, o mapeamento de áreas de risco em Antonina, objeto do presente relatório, foi executado de acordo com o método de análise de terreno, sob orientação do Prof. Zuquette.

Algumas diferenças importantes podem ser apontadas entre a metodologia adotada pela MINEROPAR e as demais instituições:

- A análise do terreno é feita por aproximações sucessivas, desde a escala regional (1:50.000 a 1:25.000) até a escala local (1:10.000 a 1:2.000 ou maior).
- Os levantamentos locais iniciam-se sempre pelo inventário dos movimentos gravitacionais de massa, antigos e recentes, para construção de modelos aplicáveis a cada área de estudo.
- A avaliação é feita a partir da coleta sistemática de dados do terreno, que é dividido em unidades compatíveis com cada escala de trabalho. Bacias hidrográficas e formas de relevo são unidades de terreno utilizadas na escala regional e vertentes são unidades de terreno para a escala local.
- A abordagem é sistêmica, com coleta e análise de todos os elementos importantes da paisagem natural e modificada pela intervenção antrópica. Entretanto, mais do que os elementos individuais são as suas interrelações que decidem os resultados da avaliação.
- A análise do terreno é feita com ênfase no estudo das formações superficiais, também denominadas materiais inconsolidados, e suas propriedades geotécnicas. Esta ênfase justifica-se pelo fato de que esses materiais constituem na grande maioria dos casos o maior volume dos movimentos gravitacionais de massa.
- A composição, espessura, zonalidade vertical e horizontal, as propriedades geotécnicas e outros atributos essenciais das formações superficiais são controlados por perfis locais e seções construídas em cada vertente.
- A avaliação de predisposição a movimentos gravitacionais de massa apóia-se fortemente nas propriedades geotécnicas dos materiais inconsolidados, obtidas a partir de ensaios em amostras indeformadas.

- As áreas de atenção são delimitadas e classificadas em função das feições de instabilidade mapeadas e das zonas de impacto sobre a ocupação antrópica.
- A interpretação dos dados não extrapola os limites de cada vertente, não havendo, portanto, o uso de analogias por semelhanças geomorfológicas, geológicas, hidrológicas ou de quaisquer outros tipos.
- A metodologia não estabelece hipóteses ou modelos apriorísticos para avaliação de risco, mas formula hipóteses e constrói modelos a partir dos dados coletados na própria área de estudo.

O Quadro 3 apresenta o esquema geral de trabalho adotado pela MINEROPAR no presente projeto. O presente relatório refere-se à avaliação da predisposição, ou propensão do terreno para movimentos de massa específicos, indicando os níveis de risco a partir de critérios qualitativos, conforme é explicado no *Capítulo 7 - Descrição das áreas de risco*.

Quadro 3. Esquema geral da metodologia adotada pela MINEROPAR em Antonina.

Mesmo sem avaliar a vulnerabilidade da comunidade e da infraestrutura em cada vertente e sem calcular o risco envolvido, recomendamos neste documento procedimentos de engenharia e Defesa Civil cabíveis à proteção da população, em cada área de atenção. Isto pode ser feito abstraindo-se as probabilidades de ocorrência temporal de movimentos de massa e a quantificação dos possíveis danos à infraestrutura, às edificações e aos serviços públicos e privados. De forma meramente subjetiva e com base em avaliação pessoal de urgência, são acrescentados às recomendações os prazos desejáveis para a adoção dos procedimentos indicados - curto, médio e longo prazos.

3.2 Etapas de trabalho

Este relatório recupera informações da primeira etapa do projeto, tendo em vista permitir o entendimento da sequência completa de atividades executadas pela MINEROPAR na área urbana de Antonina. A primeira etapa, chamada de pós-desastre, consistiu no inventário dos movimentos gravitacionais de massa ocorridos em março de 2011. Ela deve anteceder qualquer outra atividade de avaliação de risco em áreas afetadas por movimentos gravitacionais de massa (GUZZETTI, 2005). A segunda etapa envolveu a avaliação geológico-geotécnica das vertentes na mesma área, na escala de 1:5.000. A terceira etapa, cuja execução permanece a ser decidida pelos órgãos do poder público, deverá complementar a metodologia resumida no item anterior, desenvolver estudos geotécnicos completos de materiais inconsolidados e envolver a implantação de sistemas de monitoramento geotécnico e de alerta, em vertentes selecionadas.

3.2.1 Primeira etapa: inventário de movimentos gravitacionais de massa

3.2.1.1 Vistoria de movimentos gravitacionais de massa

A descrição e avaliação de risco dos movimentos de massa seguiu o método recomendado por ZUQUETE (2009), consultor do projeto, com adaptações feitas às condições de prazo e recursos disponíveis para esta etapa do projeto. O formulário utilizado em campo e digitado para constituição de um banco de dados e emissão de relatório foi padronizado com base nas

recomendações do consultor, incorporando critérios de AUGUSTO FILHO (1992) e de POPESCU (2002). O grau de risco envolvido em cada acidente geológico foi avaliado com base nos critérios recomendados pela *Geological Society of America - GSA* (2000) e a sua correlação com as ações de defesa civil foi baseada em MACEDO *et al.* (2004). Esta avaliação foi feita a título de ensaio e a correlação com as ações de defesa civil foi feita para testar a viabilidade de uso nas condições do litoral paranaense. Por isto, os seus resultados não foram utilizados pela CEDEC - Coordenadoria Estadual de Defesa Civil para orientar as ações de remoção de moradores, no pós-desastre.

A estimativa de volume dos materiais deslocados foi feita com base em critérios empíricos, tendo em vista se obter uma ordem de grandeza do desastre, em caráter preliminar. Na segunda etapa do projeto, estes valores foram revistos e calculados com base em medidas mais precisas, com auxílio de instrumental de campo. Para facilidade de avaliação no campo, foi adotada a Tabela 3 como referência para segmentos com 100 m de comprimento, utilizando como referências as profundidades e larguras aproximadas mais frequentes na área.

Profundidade (m)	Largura (m)	Volume (m^3)
1	10	1.000
1	15	1.500
1	20	2.000
2	10	2.000
2	15	3.000
2	20	4.000

Tabela 3. Referências para estimativa de volume para segmentos com 100 m de comprimento, em deslizamentos translacionais.

3.2.1.2 Caminhamentos geológicos

Pontos de controle foram marcados ao longo dos caminhamentos feitos entre os locais dos acidentes geológicos, para registro das variações observadas na geologia, na cobertura de material inconsolidado e da ocorrência de indícios de

movimentos de massa antigos. Outros pontos foram utilizados, sempre que necessário, para controle da direção e extensão de fluxos e depósitos de materiais mais importantes.

O georreferenciamento dos acidentes geológicos e pontos de controle foi feito com anotação das coordenadas UTM e altitude barométrica, mediante uso de instrumento de posicionamento global GPS, marca Garmin, modelo 76CSx. Depois de aferida a altitude barométrica por meio de pelo menos duas medidas diárias feitas ao nível do mar, com o mesmo equipamento, ela foi descartada devido a erros aleatórios de até 12 m.

3.2.1.3 Plotagem de dados na base planialtimétrica

Os movimentos de massa cadastrados foram plotados em base planialtimétrica elaborada pelo Serviço Social Autônomo PARANACIDADE, na escala de 1:2.000 e equidistância das curvas de nível de 5 m. A localização dos movimentos de massa a serem cadastrados baseou-se em informações fornecidas pelos geólogos Rogério da Silva Felipe e Diclécio Falcade, da MINEROPAR, que prestaram serviços à CEDEC antes, durante e após a ocorrência do desastre, pelo CENACID – Centro de Apoio Científico em Desastres da Universidade Federal do Paraná, pela ADEMADAN – Associação de Defesa do Meio Ambiente e Desenvolvimento de Antonina e por vistorias do terreno, feitas pela equipe do projeto, com auxílio de sobrevoos de helicóptero e caminhamentos exploratórios.

3.2.2 Segunda etapa: avaliação de vertentes

3.2.2.1 Elaboração da base planialtimétrica

Segundo GUZZETTI (2005), inventários e avaliações de risco relacionados a movimentos gravitacionais de massa devem ser feitos sobre bases topográficas preparadas especificamente para cada caso. Este requisito reflete a estreita dependência que existe entre os acidentes geológicos e a morfologia do terreno. Devido, entretanto, às limitações de prazo e recursos, o projeto utilizou a base

planialtimétrica disponível no município, em escala compatível com o nível de detalhe exigido.

Foi utilizada, nesta etapa, a mesma base planialtimétrica produzida pelo Serviço Social Autônomo PARANACIDADE e corrigida pela Companhia Paranaense de Energia - COPEL, na escala de 1:2.000, para obtenção de uma cartografia final na escala de 1:5.000. A escala recomendada de trabalho para esta etapa é 1:10.000, mas a densidade de coleta de informações foi aumentada para garantir a confiabilidade dos resultados, sendo esta a primeira avaliação geológico-geotécnica de vertentes executada pela equipe da MINEROPAR.

3.2.2.2 Delimitação das vertentes

A precisão da base planialtimétrica da área urbana de Antonina não favorece a delimitação de vertentes e identificação das formas de relevo, na escala de detalhe, o que exigiu correções durante os trabalhos de campo. Feições importantes do relevo, tais como escarpas e formas de vales, não estão representadas de forma confiável na base cartográfica, prejudicando o uso de análise prévia para agilização dos levantamentos. Na falta de cobertura aerofotográfica atualizada e na escala adequada, a avaliação de vertentes dependeu quase completamente dos dados coletados no terreno. Tentativas de uso de recursos de sensoriamento remoto, como alternativa às fotografias aéreas, foram frustradas pela baixa resolução das imagens disponíveis, durante a segunda etapa do projeto.

Os fundos de vale tomados como referência para delimitação de vertentes incluíram os encaixados (em forma de V) ou abertos (em forma de U), contendo drenagem perene ou intermitente, preservados em estado natural ou modificados por ocupação antrópica, desimpedidos ou assoreados por detritos naturais ou antrópicos. Os vales que segmentam as encostas da área urbana de Antonina têm em geral forma de V simétrico e aberto, com drenagem intermitente até a encosta inferior, onde aflora o lençol freático, e estão assoreados por detritos naturais (matacões, cascalho e madeira) e de origem antrópica (lixo doméstico). As cabeceiras do fundo de vale do bairro Laranjeiras são exceção, com vales profundamente encaixados em forma de V, formando uma bacia hidrográfica cuja

extensão favorece a contribuição e o escoamento concentrado de grandes volumes de águas pluviais. Estas feições condicionaram a formação de vários deslizamentos translacionais nas cabeceiras e nos flancos dos vales, que alimentaram o fluxo de detritos mais destrutivo que atingiu o município, em março de 2011.

Os vales em U consistem, em sua grande maioria, em depressões incipientes das encostas, produzidas por denudação dominante sobre incisão do relevo, não se caracterizando como vales colmatados. Nos poucos casos de vales colmatados em forma de U, a linha demarcatória das vertentes adjacentes foi traçada ao longo do centro geométrico do fundo da depressão topográfica.

3.2.2.3 Perfilagem das vertentes

A perfilagem geológico-geotécnica para avaliação de vertentes obedeceu a dois esquemas diferentes, nos morros do Bom Brinquedo e da Caixa d'Água.

No morro do Bom Brinquedo, os pontos foram marcados durante os caminhamentos, sem roteiros previamente traçados. Os caminhamentos foram feitos entre os limites de cada vertente, sendo georreferenciadas as feições topográficas, geomorfológicas e geológicas, bem como os marcos da intervenção antrópica, significativas para a avaliação. Os perfis foram executados de modo a cobrirem o mais completamente possível cada vertente, da base ao topo e do talvegue ao interflúvio.

No morro da Caixa d'Água e suas extensões a leste, desde o bairro Saivá até a área do porto, devido ao maior porte e densidade da mata atlântica, bem como à ocupação antrópica mais esporádica, os pontos de controle foram plotados sobre a planta planialtimétrica, georreferenciados e usados como marcos de roteiros preestabelecidos. Os pontos de controle foram distribuídos a intervalos de aproximadamente 100 m e as observações foram registradas no entorno e nos caminhamentos entre eles. Os registros feitos nos intervalos entre pontos foram associados ao ponto anterior. Foi estabelecido informalmente o raio aproximado de 50 m como limite do entorno a ser descrito em cada ponto de controle e a mesma distância lateral, ao longo dos caminhamentos, para observação das feições de interesse. Onde necessário, pontos laterais foram acrescentados aos perfis, para melhor cobertura das vertentes mais largas. Desta forma, considerando que as vertentes do morro da Caixa d'Água e suas extensões têm

comprimentos de 200 a 350 m e larguras de 100 a 200 m, aproximadamente, a cobertura do terreno por perfis com 2 a 4 pontos de controle resultou suficiente.

Mesmo com georreferenciamento prévio, as coordenadas dos pontos de controle, em qualquer situação, sempre foram medidas e registradas nos locais, com equipamento de posicionamento global GPS, de marca Garmin, modelo 76CSx. Devido à imprecisão das medidas de altitude do equipamento disponível, os dados de campo não foram submetidos a correções de superfície geodésica (ondulações geoidais e altitudes elipsoidais) ou de qualquer outro tipo, para obtenção de altitudes ortométricas. As altitudes mencionadas neste relatório foram extraídas da base planialtimétrica, por interpolação entre curvas de nível.

A declividade foi medida com uso de clinômetro de mão, dotado de luneta com aumento de 4x, graduação de 1^{o} e nônio com precisão de 10'. As medidas foram feitas sempre com visada paralela ao terreno, por distâncias de no máximo 50 m e repetidas no sentido oposto, sempre que possível. Os dados obtidos no campo foram utilizados para caracterizar a declividades de cada vertente, descartando-se o uso das calculadas a partir das curvas de nível devido à baixa precisão da base planialtimétrica.

3.2.2.4 Registro dos dados de campo

Um formulário foi adaptado, a partir do fornecido pelo Prof. Zuquette, para se adequar ao esquema de trabalho do projeto. O formulário utilizado pelo consultor prevê os registros a serem feitos em cada vertente, enquanto o adotado pela equipe da MINEROPAR contém os registros de cada ponto de controle. Desta forma, a avaliação das vertentes foi feita a partir da soma dos registros dos seus respectivos pontos de controle. Este critério foi adotado em toda área mapeada, independente do método de distribuição dos pontos de controle, se selecionados durante os caminhamentos ou em roteiros preestabelecidos. As feições observadas e registradas nos formulários de avaliação são relacionadas abaixo.

Relevo: declividade, formas de encostas, formas de vales, altitudes de vales, escarpas, quebras de relevo.

Substrato rochoso: litologia, estruturas, zonas de falhas e fraturas, paralelismo entre topo rochoso e terreno.

Água superficial: variações de gradiente nos canais de drenagem, zonas de concentração de fluxo, lagoas, tanques, cacimbas, caixas d'água, surgências.

Materiais inconsolidados: perfil de solo, intercalação de materiais consistentes ou impermeáveis e inconsistentes ou permeáveis, espessuras, heterogeneidades nos pacotes residuais e transportados, matacões.

Feições de instabilidade: vegetação inclinada ou caída, diferenças de porte na vegetação, alterações nos canais de drenagem (assoreamento, barragens), potencial de armazenamento de água na superfície, fissuras, degraus de abatimento, escarpas antigas e recentes, depósitos antigos e recentes, feições de erosão concentrada (sulcos, ravinas, sumidouros).

Ação antrópica: escavações, deposição de resíduos e rejeitos, compactação de aterros, fossas, caixas d'água, tanques, edificações, obras civis.

Estas observações foram feitas respeitando-se as instruções contidas no documento de ZUQUETTE (2009), repassadas pessoalmente pelo consultor à equipe do projeto e sintetizadas em documento interno da MINEROPAR, intitulado *Tutorial de Mapeamento Geológico-Geotécnico em Vertentes*. Estes dois documentos são as referências conceituais e metodológicas que orientam a execução de atividades da empresa em áreas de risco do Paraná.

3.2.2.5 Perfilagem de material inconsolidado

As seções de solo foram montadas a partir de perfis locais, descritos em taludes naturais, principalmente escarpas de movimentos de massa recentes, e escavados, seja ao longo de ruas e estradas vicinais, seja em torno de residências e outras edificações. Nos pontos em que o talude natural ou escavado localizava-se à distância aproximada de até 20 metros a partir de um ponto previamente georreferenciado, este ponto era deslocado para a base do talude. Com o objetivo de montar seções a partir de pelo menos 3 perfis locais, na ausência de taludes ou para complementar perfis parciais (que não atingiam pelo menos alteração de rocha), foram executados furos a trado em locais selecionados.

Foi usado trado manual com diâmetro de 2" e hastes com extensão total de 3,4 m. O material escavado era sacado a intervalos de até 50 cm, examinado com

auxílio de lupa, descrito e classificado em função dos seguintes critérios: composição mineralógica (tipo de argila - caulim, esmectita) e litológica (presença de grânulos, seixos e matacões), textura, homogeneidade, cor, espessura e origem residual ou transportada. A estrutura foi classificada apenas nos taludes, porque é destruída nas perfurações a trado.

3.2.2.6 Amostragem de material inconsolidado

Foram coletadas, na área mapeada, pelo menos 3 amostras indeformadas de cada tipo de material inconsolidado sobre cada tipo de litologia, na área mapeada. Isto resultou em 45 amostras no morro do Bom Brinquedo, ficando a amostragem de solo nas vertentes dos outros morros para outra fase do projeto.

Cada amostra consistiu em duas porções: uma coletada com aro de PVC medindo 15 cm de diâmetro e 5 cm de altura e outra coletada com aro de PVC medindo 5 cm de diâmetro e 2 cm de altura. A primeira amostra serviu à execução dos ensaios para determinação dos índices de campo e a de menor volume foi utilizada para determinação do índice de erodibilidade.

3.2.2.7 Ensaios geotécnicos

As amostras de maior volume foram preparadas mediante secagem em temperatura ambiente, peneiramento, pesagem, secagem para cálculo de umidade a 110^{o}C e tratamento para dispersão dos grãos. Mediante quarteamento, uma alíquota de cada amostra foi arquivada para a execução de eventuais ensaios complementares. Assim preparadas, as amostras foram submetidas a ensaios geotécnicos para determinação dos índices de campo: massa específica de sólidos, massa específica seca de campo, índice de vazios, porosidade e grau de saturação. A massa específica de sólidos foi determinada de acordo com a norma NBR 6508/84 da ABNT. A massa específica seca de campo foi medida pelo método do anel, proposto por ZUQUETTE (1987). Os demais índices físicos foram determinados com base nas rotinas padronizadas do SELAB.

Os teores de argila, silte e areia foram determinados por meio do método da sedimentação com densímetro, segundo especifica a norma NBR 71781/84 da ABNT. Os limites de consistência (liquidez e plasticidade) foram determinados de acordo com a norma NBR 7180/84.

As amostras de menor volume foram utilizadas para a determinação do índice de erodibilidade pelo método da desagregação com imersão total, segundo NOGAMI e VILLIBOR (1979) e adaptação de PEJON (1992). A rotina laboratorial do SELAB inclui a determinação do índice de absorção de água (S) e da percentagem de perda de massa (P), calculando-se o índice de erodibilidade (E) de acordo com a seguinte fórmula:

$$E = 40S/P$$

Os valores de E acima de 1 indicam amostras com baixa erodibilidade, enquanto os valores abaixo de 1 indicam alta erodibilidade.

3.2.2.8 Organização dos dados de campo e laboratório

A organização dos dados de campo e laboratório foi feita com os seguintes objetivos principais:

- permitir o cruzamento dos vários tipos de dados, mediante análise visual de descrições, mapas e cartas ou por geoprocessamento, de modo a produzir a classificação de estabilidade das vertentes;

- facilitar a revisão crítica dos produtos, na forma de bancos de dados, documentos textuais e cartográficos.

Para atender a esses objetivos, os dados do Projeto foram compilados e organizados nas seguintes formas:

- fichas de campo com os registros originais das observações feitas pela equipe sobre as feições do terreno e da ocupação antrópica;

- perfis de solo com dados de composição, textura, estrutura, espessura e tipos de passagens entre camadas;

- seções de solo e feições de instabilidade para cada vertente, com base em dados coletados em afloramentos naturais, taludes escavados e perfis construídos a partir de sondagens a trado;

- banco de dados em planilhas Excel para arquivamento dos atributos do meio físico e da ocupação antrópica;

- laudos de ensaios geotécnicos gerados pelo SELAB - Serviço de Laboratório da MINEROPAR;

- descrições das vertentes, resultantes da combinação dos dados registrados nas suas respectivas fichas de campo e organizadas em itens que sintetizam as componentes do sistema natural analisado (localização, relevo, geologia, material inconsolidado, vegetação, água superficial, feições de instabilidade e intervenção antrópica);

- descrições das áreas de risco, envolvendo uma ou mais vertentes, organizadas da mesma forma indicada acima;

- mapas e cartas descritos a seguir.

3.2.2.9 Elaboração de mapas e cartas

Na definição de ZUQUETTE (1989), mapa é o documento cartográfico que contém dados coletados em campo ou laboratório, enquanto carta é o documento cartográfico que apresenta interpretações. Os dados de campo e laboratório foram utilizados na elaboração dos seguintes mapas (documentos cartográficos factuais) e cartas (documentos cartográficos interpretativos):

Base planialtimétrica

As especificações técnicas da base planialtimétrica utilizada na Segunda Etapa do Projeto foram apresentadas em item anterior. Vale registrar que, de acordo com a literatura especializada (CRUDEN & VARNES, 1998; GUZZETTI, 2005), as bases topográficas dos estudos voltados à avaliação de risco devem ser preparadas especificamente para cada caso. A base utilizada na área urbana de Antonina apresenta erros e imprecisões, principalmente na representação dos detalhes do relevo e na altimetria, que comprometem a confiabilidade dos resultados. Por isto, é recomendável que a atualização do Plano Diretor da cidade seja feita sobre outras bases, confeccionadas de preferência a partir de levantamentos aéreos com *laser scan*, em escala de 1:2.000 ou maior.

Mapa de documentação

O mapa de documentação apresenta a localização dos pontos de caminhamento, das amostras de material inconsolidado e das sondagens a trado, para controle da distribuição espacial dos dados gerados em campo e laboratório e, consequentemente, da densidade de informação por unidade de área.

Modelo digital do terreno

Modelo digital do terreno é a representação do relevo da área mapeada a partir de dados de elevação extraídos de cartas topográficas. Em Antonina, o MDT foi elaborado a partir das curvas de nível da base cartográfica. Esta carta não é apresentada entre os anexos, porque não foi utilizada na interpretação final dos dados de campo e laboratório.

Carta de declividade

Cartas de declividade, ou clinográficas, são utilizadas nas ciências da terra e no planejamento de uso e ocupação do solo para representar as variações locais de inclinação do terreno, as orientações das vertentes, insolação do terreno, distribuição dos fluxos de água superficial e formas de encostas, entre outras finalidades. A carta de declividade da área urbana de Antonina foi elaborada por meio de geoprocessamento, com uso do programa ArcView, versão 3.2. Foram utilizadas as seguintes classes de declividade: 0-5^{o}, 5-10^{o}, 10-15^{o}, 15-20^{o}, 20-25^{o}, 25-30^{o}, 30-35^{o}, 35-40^{o}, 40-45^{o}, 45-50^{o}, 50-55^{o} e 55-60^{o} e > 60^{o}.

As cartas de declividade mais comuns limitam-se a agrupar em uma só classe declividades acima de 45^{o}, mas as avaliações de estabilidade de encostas exigem maior discriminação. O limite superior da penúltima classe, igual a 60^{o}, representa o critério adotado para se delimitar uma escarpa de relevo, importante nestas avaliações. Por isto, a última classe foi definida como > 65^{o}.

Esta carta não é apresentada entre os anexos, porque não foi utilizada na interpretação final dos dados de campo e laboratório. Foi dado preferência ao uso da declividade medida localmente, mais confiável, sempre que este atributo do terreno foi incorporado à avaliação.

Mapa de substrato rochoso

Este mapa contém a distribuição de litologias, estruturas geológicas, cobertura de solo e atributos geotécnicos dos materiais inconsolidados. A distribuição e os contatos entre as litologias e os vários tipos de solos, ou materiais inconsolidados, foram delimitados a partir dos dados coletados em campo. Análise de fotografias aéreas, na escala de 1:25.000, produzidas em 1983, complementou os levantamentos de campo.

Mapa de materiais inconsolidados

O mapa de materiais inconsolidados discrimina os diferentes tipos de solo (residuais e transportados - colúvio fino, colúvio grosso, tálus, aluvião e outros) associados aos vários tipos de rochas. Desta forma, o mapa permite a correlação imediata entre litologias e respectivos produtos de alteração superficial. Para facilitar a visualização das relações de campo entre os materiais inconsolidados e o substrato rochoso, ambas as categorias de materiais foram combinadas sobre um mesmo mapa. Estas relações são fundamentais para a escolha dos pontos de coleta de amostras indeformadas para ensaios geotécnicos.

Nas folhas 1 e 2, que abrangem as áreas mais afetadas por movimentos de massa e merecedoras de maior atenção por parte da Defesa Civil, os mapas de substrato rochoso e materiais inconsolidados foram elaborados separadamente. Nas demais folhas, a baixa densidade de variações de rochas e formações superficiais permitiu combinar os dois mapas, em benefício da praticidade.

Perfis e seções de materiais inconsolidados

Os perfis locais de materiais inconsolidados foram construídos a partir da descrição de taludes escavados e, onde necessário por sondagens a trado. Devido à natureza dos materiais observados nos dois tipos de amostras, somente nos taludes escavados foi possível descrever a estrutura e a natureza das passagens entre as camadas de solo. As amostras descritas nas sondagens a trado permitem observar textura, composição, cor e espessura das camadas, suficientes para classificar solos residuais e transportados.

As seções representativas de cada vertente foram construídas mediante a correlação dos perfis locais, selecionados de modo a cortarem as curvas de nível o mais ortogonalmente possível. Foi utilizado o exagero vertical de 2 vezes, com escala gráfica horizontal de 1:1.000 e vertical de 1:500.

Carta de predisposição do terreno

Esta carta contém a classificação das vertentes quanto à predisposição do terreno para cada tipo de movimento de massa, tendo em vista exclusivamente os atributos litológicos, declividade, tipo e espessura da cobertura de solo, cobertura

vegetal e drenagem. Assim, por exemplo, áreas com cobertura de solo com perfil homogêneo e mais de 3 m de espessura, declividade de 25^{o} a 40^{o} e encostas modificadas por taludes escavados são mais propensas ao desenvolvimento de deslizamentos rotacionais. Em contraste, áreas com cobertura de solo rasa, declividade acima de 40^{o} e encostas com comprimento de centenas de metros, são locais preferenciais para a ocorrência de deslizamentos planares. Entretanto, o critério mais importante desta classificação é dado pela ocorrência ou não de determinados tipos de movimentos de massa na vertente, antigos ou recentes.

Mapa de eventos perigosos

O mapa de eventos perigosos contém a localização, extensão e classificação das feições de instabilidade que ocorrem em cada vertente. Foram observadas e cartografadas nas vertentes da área urbana de Antonina as seguintes feições indicativas de eventos perigosos: escarpas, cicatrizes e depósitos de movimentos de massa antigos e recentes, feições de erosão concentrada (sulcos e ravinas), campos de matacões e alterações na vegetação (árvores caídas e inclinadas). Neste relatório, o mapa contém não apenas os eventos perigosos propriamente ditos, mas também as feições associadas, acima mencionadas. Ao contrário do que recomenda ZUQUETTE (1987), este documento é aqui classificado como mapa porque contém apenas informação objetiva, sem interpretação de periculosidade.

Assim como foi feito com os mapas de substrato rochoso e materiais inconsolidados, o mapa de eventos perigosos das folhas 3 a 8 foi combinado com os demais, devido à baixa densidade de feições cartografadas.

Mapa de uso e ocupação do solo

O mapa de uso e ocupação do solo apresenta a distribuição dos seguintes tipos: floresta nativa, floresta secundária, área desmatada, área reflorestada, área plantada, ocupação rural, ocupação urbana, área industrial, áreas de preservação permanente (mangue e mata atlântica). Na área urbana propriamente dita, foram identificadas as seguintes categorias de edificações e estruturas civis: moradias, prédios públicos, estabelecimentos industriais, comerciais e religiosos, áreas de lazer, caixas d'água para abastecimento público, linhas principais de transmissão

de energia, antenas de telecomunicação, vias de ligação e vias de acesso à cidade.

O mapa de uso e ocupação do solo da área urbana de Antonina foi elaborado a partir de informações coletadas em campo, registrando-se sobre a base planialtimétrica as categorias de edificações e estruturas civis, acrescentando-se aquelas inexistentes à base topográfica.

Carta de vulnerabilidade

Esta carta delimita áreas com zonas de impacto possível em relação a movimentos gravitacionais de massa recentes e potenciais, indicando graus de vulnerabilidade para cada categoria de uso e ocupação, em função das dimensões dos impactos esperados.

Carta de áreas de risco

A carta de áreas de risco delimita zonas com alta predisposição para movimentos de massa e vários padrões de uso e ocupação do solo. Cada área de risco inicia sobre uma bacia hidrográfica com vertentes que apresentam feições recentes de movimentação do terreno, estendendo-se a jusante até a planície de dispersão de sedimentos.

A grande maioria das vertentes do morro do Bom Brinquedo apresenta alta predisposição para MGM, o que configuraria uma área de risco praticamente contínua no entorno da sua base. Entretanto, as áreas de risco do entorno são interrompidas por zonas de interflúvios, com base em observações de campo que indicaram locais protegidos contra o impacto de materiais provenientes das encostas ou destituídos de ocupação antrópica. Isto significa que a alta predisposição para movimentos de massa de uma vertente pode limitar-se a um setor delimitado pela distribuição e variação de espessura da cobertura de materiais inconsolidados dentro dela, da declividade e de outros fatores predisponentes, bem como da localização das edificações.

3.2.2.10 Integração de dados

Os dados obtidos foram organizados, georreferenciados e integrados em ambiente SIG, com uso da plataforma *ArcView* e armazenados no Sistema MINA, da MINEROPAR.

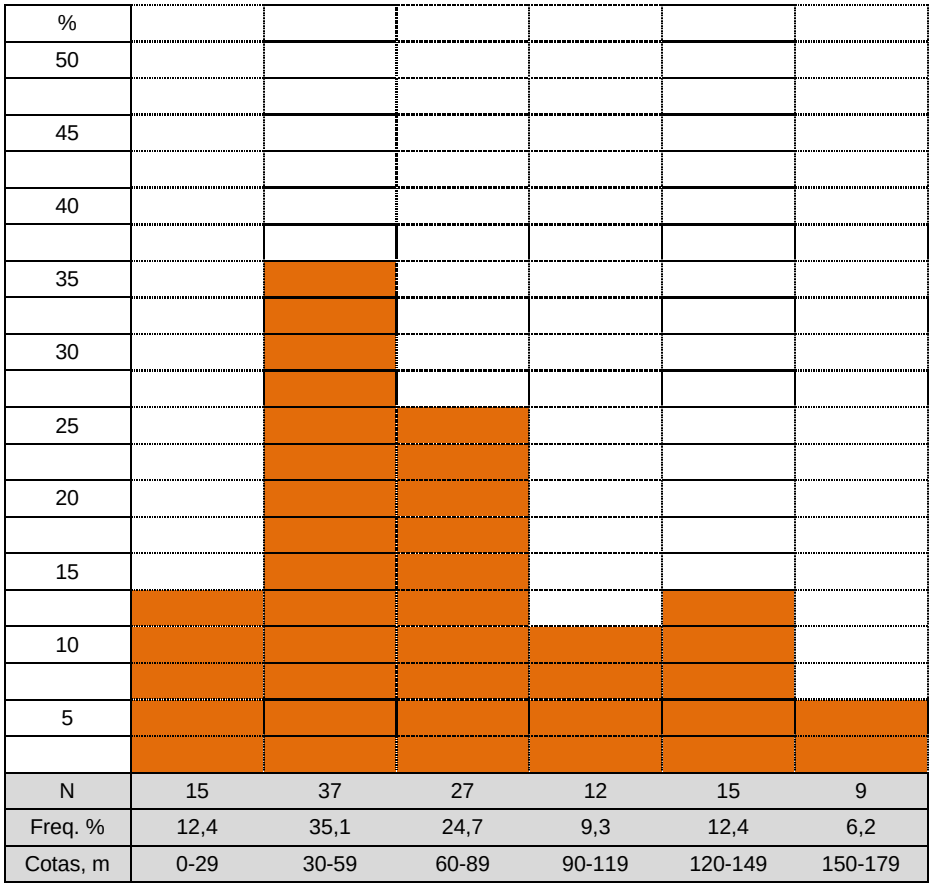
4. Resultados do inventário de movimentos de massa

Para permitir o entendimento do contexto geral das áreas de risco do perímetro urbano de Antonina, é apresentada a seguir uma síntese dos dados referentes aos movimentos de massa cadastrados em março e abril de 2011, atualizados com o acréscimo dos dados levantados durante a avaliação de vertentes. Esta informação, contida no relatório *Cadastramento e Avaliação de Risco em Movimentos Gravitacionais de Massa no Município de Antonina* (MINEROPAR, 2011), é imprescindível porque retrata mais fielmente as dimensões do desastre ocorrido naquela data. Mudanças ocorreram na classificação dos movimentos de massa, basicamente porque vários deslizamentos classificados inicialmente como rotacionais ou rotacionais-translacionais foram redefinidos, durante a avaliação de vertentes, como deslizamentos translacionais. As estatísticas também foram modificadas devido ao acréscimo dos dados coletados nas vertentes dos morros do Quilômetro Quatro até a Ponta da Pita.

Como destacam vários autores, a grande maioria dos movimentos de massa constitui uma combinação dos tipos básicos (VARNES, 1988; HUTCHINSON, 2001). Em especial, as feições típicas dos movimentos rotacionais, identificadas nas cabeceiras dos deslizamentos translacionais, são de difícil reconhecimento, porque na maior parte dos eventos cadastrados, o desmonte completo do bloco abatido destruiu as feições utilizadas para classificar os deslizamentos rotacionais, tais como a geometria da superfície de cisalhamento e o fatiamento do bloco abatido por fendas de tração.

No perímetro urbano de Antonina, foram cadastrados 115 movimentos de massa, dos quais 3 foram classificados como rotacionais (2,6%), 81 como translacionais (70,4%), 22 como mistos (19,1%) - iniciados como rotacionais e evoluídos como translacionais - e 7 como corridas de lama e detritos (6,1%). Os fluxos de lama e detritos são produtos da evolução natural dos deslizamentos planares, resultantes da progressiva incorporação de água ao material em movimento, nas encostas inferiores e bases de vertentes.

Em termos estatísticos, predominam as altas declividades (24-45^{o}), que contêm 80% da população amostral, com apenas 17,5% correspondentes às declividades abaixo de 24^{o} e 2,5% pertencentes a declividades acima de 45^{o}. Dos 115 movimentos de massa cadastrados, 62,5% localizam-se junto a talvegues, caracterizando encostas convergentes, enquanto os restantes 37,5% localizam-se sobre divisores d'água, caracterizados como encostas divergentes. A sua distribuição estatística nas várias classes de declividade é a seguinte: 44,8% ocorrem em vertentes com declividades de 24-36^{o}, 32,5% em vertentes com declividades de 36-45^{o}, 20,7% em declividades de 16-24^{o} e 2,0% em declividades de 11-16^{o}. Dados estatísticos mais completos são apresentados na seção dedicada aos resultados da avaliação de vertentes. No que diz respeito às cotas da escarpa principal dos movimentos de massa, a distribuição estatística é apresentada na Figura 18.



N	15	37	27	12	15	9
Freq. %	12,4	35,1	24,7	9,3	12,4	6,2
Cotas, m	0-29	30-59	60-89	90-119	120-149	150-179

Figura 18. Estatística de distribuição dos inícios de movimentos de massa, por intervalos de cota.

O histograma da Figura 18 mostra uma distribuição estatística bimodal na frequência relativa dos intervalos de cotas, que foram definidos a cada 30 m a partir do nível do mar. A primeira classe modal é representada pelo intervalo de 30 a 59 m, com 35,7% das ocorrências, e a segunda classe modal corresponde ao intervalo de 120 a 149 m. Os dados de campo mostram, portanto, que 73,2% dos deslizamentos foram iniciados abaixo da cota de 90 m. Apenas 9% dos movimentos de massa ocorreram no intervalo de 90 a 119 m e 26,8% dos movimentos de massa acima da cota de 120 m.

Não foi constatado o controle de um fator isolado sobre a localização e o tipo de movimento de massa, na área urbana de Antonina. Forma de encosta, declividade, substrato rochoso, tipo e espessura de material inconsolidado, cobertura vegetal preservada ou removida, densidade da ocupação antrópica, concentração de água superficial - nenhum desses fatores isolados explica a distribuição preferencial dos MGM gerados em março de 2011. É possível que a própria natureza do desastre, provocado por chuvas extremamente intensas, levando à superação de todos os parâmetros geotécnicos de estabilidade do terreno, tenha generalizado os eventos sob condições muito variadas de controle geológico e geomorfológico.

5. Características do terreno na área urbana de Antonina

5.1 Caracterização da área mapeada

O município de Antonina situa-se no extremo leste do território paranaense, confrontando-se com a baía de mesmo nome, braço interior da baía de Paranaguá. Com uma população de 18.891 habitantes, a densidade demográfica do município é de 21,41 hab/km^2, cujo IDH é igual a 0,77 e PIB per capita de R$ 11.329,69 (IBGE, 2010).

O município ocupa 882,316 km^2 dos domínios geomorfológicos denominados Serra do Mar e mares de morros por AB'SABER (1966), situando-se no último a área urbana. O domínio de mares de morros apresenta-se como terreno ondulado e montanhoso, recoberto por remanescentes da floresta atlântica, em grande parte secundária. O clima da região é temperado chuvoso, úmido em todas as estações (Cfa da classificação de KOEPPEN & GEIGER, 1928), com temperatura média anual de 19-21^{o}C na planície costeira, 15-16^{o}C nos morros (elevações com até 300 m de altura) e 12-13^{o}C nos picos da Serra do Mar (VANHONI & MENDONÇA, 2008).

A precipitação média anual da planície de Antonina varia entre 2.000 e 2.200 mm, dos quais cerca de 800 mm concentram-se no verão, quando são mais comuns as precipitações iguais ou superiores a 50 mm/24 h. Os meses de dezembro a março apresentam a maior média de dias chuvosos, com 18-20 dias de chuva por mês. Junho apresenta a menor média, com 11 dias chuvosos registrados na série histórica da região e raros dias com precipitação da ordem de 50 mm/24 h (VANHONI & MENDONÇA, 2008).

A área urbana de Antonina, medida na base planialtimétrica utilizada no projeto, estende-se por 21,84 km^2. Desta área total, os morros ocupam cerca de 12,60 km^2 e os restantes 9,24 km^2 correspondem à planície costeira. Estes valores são aproximados, porque foram medidos visualmente sobre a base planialtimétrica, na escala de 1:2.000. A distribuição destes tipos de terrenos nos 8 blocos em que se divide a base planialtimétrica utilizada no mapeamento, é apresentada na Tabela 4.

Boa parte desta área corresponde mais apropriadamente à zona rural do município, com ocupação antrópica nula a incipiente, mas foi incluída no mapeamento de vertentes no interesse de subsidiar o planejamento da ocupação futura e, dentro do possível reduzir os problemas decorrentes da ocupação irregular que prejudica atualmente o ordenamento territorial de Antonina.

Bloco	Planície	Morros	Total
1	124	182	306
2	100	94	194
3	68	210	278
4	148	446	594
5	76	164	240
6	100	44	144
7	172	64	236
8	136	56	192
Total	**924 ha**	**1.260 ha**	**2.184 ha**

Tabela 4. Distribuição de planície litorânea e morros na área urbana de Antonina.

A planície costeira é considerada, para os fins desta medição e em função dos dados planialtimétricos disponíveis, todo o terreno contido entre as cotas de 0 a 5 m. Os morros podem ser divididos basicamente em dois maciços: morro do Bom Brinquedo e serra de morros da Caixa d'Água, esta subdividida em vários blocos, designados em função dos nomes dos bairros confrontantes, uma vez que não existe toponímia oficial para essas elevações. Para os objetivos deste relatório e identificação das vertentes mapeadas, são esses os nomes adotados para os morros da área urbana de Antonina (vide mapa de situação anexo):

BB - morro do Bom Brinquedo
CR - morro da Cruz
NA - morro da Antena
BA - morros do Barigui
PO - morro do Portinho
CA - morro da Caixa d'Água
ML - morros da Maria Luísa
SA - morro do Saivá

QQ - morros do Quilômetro Quatro
MA - morros do Matarazzo
PP - morros da Ponta da Pita
PE - morros da Penha
IT - morros de Itapema

O morro do Bom Brinquedo é um *inselberg* com aproximadamente 112 ha, que se eleva até 160 m sobre a planície costeira e a baía de Antonina, formado por uma intrusão granítica, porções de encaixante anfibolítica, milonito quartzítico e vários diques de diabásio. As encostas SE do morro voltam-se para o centro da cidade, as encostas NE sobressaem-se sobre os bairros Graciosa de Baixo e Portinho, as encostas S e SE sobre os bairros Batel e Caixa d'Água e as encostas W e NW sobre o bairro Tucunduva. Duas elevações menores, morro da Cruz a S e morro do Portinho a N, representam prolongamentos cujas cotas máximas são de 60 m e 80 m, respectivamente.

Com 180 m de altitude, o morro da Caixa d'Água é a maior elevação da serra de morros que se estende desde o bairro Quilômetro Quatro até a Ponta da Pita, incluindo de W para E, intercalados aos já mencionados, os morros confrontantes aos bairros Saivá, Maria Luíza, Penha, Matarazzo e Itapema. Nas extremidades da serra, as cotas não ultrapassam 70 m e os morros tornam-se isolados sobre a planície costeira, evidenciando os efeitos da denudação mais intensa do que no setor central. A estrutura geológica da serra de morros é constituída por anfibolito foliado e gnáissico, com intercalações locais de quartzito, diques de diabásio e porções de granito equigranular, diferente do que aflora no morro do Bom Brinquedo. É possível que a ocorrência de diques de diabásio, oblíquos à direção geral da serra, seja responsável pela maior altitude dos morros, entre os bairros Saivá e Itapema. Descrição pormenorizada do relevo e das feições relacionadas com instabilidade de encostas é feita para cada conjunto de elevações, no capítulo dedicado à avaliação das vertentes.

Com base nos dados coletados nas áreas de risco que circundam os morros urbanos de Antonina, é possível determinar que em torno de 70% das edificações residenciais são de alvenaria e de médio padrão construtivo, correspondendo os restantes 30% a edificações mistas ou de madeira, de baixo a médio padrão construtivo. No centro da cidade, as edificações de alvenaria representam a quase totalidade, com poucos prédios esparsos construídos em

madeira. Sobre as encostas dos morros mapeados, onde predomina a ocupação irregular das propriedades, cerca de 90% das moradias são de madeira e de baixo padrão construtivo.

5.2 Feições de relevo relacionadas com movimentos de massa

São comentadas aqui algumas feições de relevo observadas na área urbana de Antonina, que apresentam relações de causa e efeito com MGM, de acordo com a literatura especializada. Enquanto algumas feições favorecem a ocorrência de MGM, outras são produzidas por eles, numa relação circular de causa e efeito que pode ser utilizada na avaliação da suscetibilidade do terreno à instabilidade geomorfológica. Como a unidade de análise do terreno é a vertente, são as feições próprias desta forma de relevo que merecem discussão.

A forma de uma vertente reflete o estágio de evolução e o perfil de equilíbrio que o relevo atingiu, naquele local específico, em virtude da estrutura geológica, da idade e das interações com os agentes externos de erosão, de modo especial com a água precipitada e infiltrada no solo. Vale enfatizar que a dinâmica do relevo reflete fundamentalmente os processos de erosão e deposição do material inconsolidado, liberado do substrato rochoso pelo intemperismo. O perfil da vertente contém três atributos críticos para a propensão à ocorrência de MGM: geometria, declividade e cobertura de solo, ou material inconsolidado.

A geometria vertical típica de uma vertente apresenta no topo e na meia-encosta superior um segmento convexo, isto é, com declividade que aumenta gradualmente de cima para baixo. Neste trecho, a erosão predomina sobre a deposição de material inconsolidado, assim como o solo residual predomina sobre o colúvio. Eventualmente, a meia-encosta superior assume o aspecto de escarpa rochosa, devido à presença de alguma descontinuidade geológica ou à remoção mais intensa do material inconsolidado.

A meia-encosta inferior da vertente apresenta perfil vertical côncavo, cuja declividade tende a se horizontalizar em direção ao sopé da encosta. Trata-se da área de deposição dos materiais erodidos do topo e da meia-encosta superior, cuja granulação diminui para baixo, devido à abrasão e à seleção hidráulica, e condiciona a redução da declividade, por efeito da diminuição do ângulo de

repouso dos materiais depositados. Neste trecho, são comuns as denominadas rampas de colúvio e mais raros os perfis de solo residual, seja por exumação erosiva, seja por descontinuidade dos depósitos transportados.

Entre a meia-encosta superior e a inferior, pode estar presente um segmento intermediário, de perfil retilíneo e declividade constante, formado por mantos mais ou menos espessos de material rolado livremente e transportado por água de escoamento superficial. A presença deste segmento retilíneo é considerado típico das vertentes de maior amplitude (altura) e em equilíbrio dinâmico, onde a deposição é compensada pela remoção de detritos por transporte laminar (KING, 1953; DERRUAU, 1965). Por isto, ele não é observado em vertentes baixas ou em elevações submetidas a processo acelerado de erosão.

Os três segmentos do perfil de equilíbrio estão presentes nas vertentes de Antonina, com notável desenvolvimento do segmento retilíneo, o que leva a deduzir que o relevo da região está em equilíbrio dinâmico com as condições climáticas que o originou. Isto é, não há evidências geomorfológicas de uma mudança notável no regime de chuvas que modelou o relevo do litoral paranaense. Considerando, além disto, a abundância de depósitos típicos de MGM nos sopés da Serra do Mar e morros adjacentes, conclui-se que movimentos de massa constituem o processo predominante na evolução geomorfológica da região (BIGARELLA, 2003). Em suma, o relevo da área mapeada mantém-se em equilíbrio dinâmico, mas com forte gradiente de energia, mesmo nas elevações de menor amplitude, onde os topos dos morros mais elevados não ultrapassam 180 m acima do nível do mar e são comuns cotas de topo abaixo de 80 m.

A base do segmento convexo da vertente é o local preferencial para a localização das escarpas de MGM, porque neste trecho tende a aflorar a água infiltrada no topo do relevo. Por isto, é comum observar a presença de surgências d'água ao longo das curvas de nível que marcam a passagem do perfil convexo ao topo do perfil retilíneo. Nas partes elevadas dos morros de Antonina, provavelmente por causa da alta taxa de escoamento da água infiltrada no solo e pela baixa pluviosidade no período, não foi possível confirmar esta relação durante esta fase do projeto. Entretanto, a maior parte das escarpas de MGM

recentes e cicatrizes antigas distribui-se no segmento superior das vertentes avaliadas.

Ainda no que se refere à geometria das vertentes, elas podem ser classificadas em função do perfil em planta. Nos trechos em que as curvas de nível de menor cota envolvem as de maior cota, as vertentes são ditas convexas. Nos trechos em que as curvas de menor cota são envolvidas pelas de maior cota, as vertentes são ditas côncavas. Nos trechos em que as curvas de nível mantêm-se paralelas e mais ou menos retas, as vertentes são ditas retilíneas em planta. Os tipos básicos de vertentes são mostrados na Figura 19.

Figura 19. Tipos geométricos básicos de vertentes.

A importância deste atributo das vertentes para a avaliação de predisposição do terreno para MGM está no fato de que os segmentos convexos de encosta dispersam a água superficial e subterrânea, que se concentra nos segmentos côncavos. Isto torna as porções côncavas das vertentes mais propensas ao desenvolvimento de movimentos de massa. Combinado com o critério anterior, verifica-se a maior predisposição da meia-encosta superior das vertentes côncavas para o desenvolvimento de MGM. Esta relação foi verificada apenas em parte das vertentes da área urbana de Antonina.

As relações da cobertura de material inconsolidado com a ocorrência de MGM é discutida mais pormenorizadamente nos próximos itens. Vale registrar que os comentários acima, embora sucintos, referem-se a aspectos fundamentais da avaliação de instabilidade em encostas, porque movimentos de massa são processos geomorfológicos típicos da evolução do relevo montanhoso e não acidentes fortuitos, raros ou excepcionais.

5.3 Comportamento geotécnico dos solos na área mapeada

5.3.1 Classificação geotécnica de solos

Desenvolvidas a partir da taxonomia agronômica, as classificações de solos para os fins de geologia de engenharia foram elaboradas com o objetivo de prever o comportamento dos solos compactados e em estado natural, usados como subleito em obras viárias (GRECO, 2012). A classificação geotécnica mais utilizada é a USCS (*Unified Soil Classification System*), proposta por CASAGRANDE (1947), na América do Norte e com finalidade de uso na engenharia de estradas. Baseada na versão original de ATTERBERG (1908), esta classificação usa dados granulométricos para caracterização das frações areia e silte, e os limites de liquidez, de plasticidade e de contração para a fração argila. Ela serviu de base para as classificações inglesa (BSC, 1950) e francesa (SCHON, 1965), sendo adotada atualmente no mundo inteiro.

Uma limitação destas classificações, para o nosso interesse prático, está na sua origem norte-americana, onde os solos se desenvolvem sob condições de clima temperado. Os solos brasileiros, formados em clima tropical, requerem classificações próprias, ensaios adaptados e interpretações condizentes com a nossa realidade natural. As classificações de origem norte-americana não se aplicam com segurança aos solos tropicais, porque o comportamento geotécnico da fração fina é muito diferente. Três limitações importantes restringem o uso das classificações e dos ensaios de origem norte-americana à caracterização do comportamento geotécnico dos solos tropicais (MENDES, 2008):

- Essas classificações baseiam-se exclusivamente nas propriedades físicas, enquanto nos solos tropicais são importantes também as propriedades mecânicas e hidráulicas, na previsão do comportamento geotécnico.

- Os resultados dos ensaios geotécnicos em solos tropicais não são repetíveis, isto é, dão valores muito discrepantes quando os ensaios são repetidos nas mesmas amostras, principalmente no que diz respeito aos limites de Atterberg e às curvas granulométricas.

- Não há correlação entre os resultados dos ensaios geotécnicos e as propriedades esperadas dos grupos de solos que esses mesmos ensaios

classificam, principalmente no que diz respeito às propriedades mecânicas e hidráulicas.

5.3.2 Classificação geotécnica de solos tropicais

Os solos tropicais formam-se sob condições de clima quente e úmido, apresentando propriedades mecânicas e hidráulicas originadas por processos de laterização, isto é, de concentração de óxidos e hidróxidos de Fe e Al após lixiviação dos álcalis e outros elementos solúveis em ácidos fracos. Na fração argila, a combinação desses minerais com espécies dominantemente cauliníticas leva à formação de agregados estáveis na presença de água e uma fase cimentante que confere estabilidade mecânica a esses solos. A presença desses agregados é responsável principal pela grande diferença de comportamento geotécnico dos solos tropicais e outros desenvolvidos em clima temperado.

Algumas propostas de classificação adequadas às condições tropicais de evolução pedogenética e comportamento dos materiais argilosos foram feitas no Brasil, sendo mais empregadas a MCT e a S-MCT, de autoria de NOGAMI & VILLIBOR (1981, 1985). Outras classificações (MEDINA & PREUSSLER, 1980; SÓRIA, 1985; VERTAMATTI, 1988) são menos utilizadas.

A classificação MCT, da qual a S-MCT é uma versão simplificada, tem a vantagem de contribuir para os objetivos da avaliação de estabilidade de encostas, porque distingue solos de comportamento laterítico e saprolítico. Entretanto, esta classificação aplica-se a amostras compactadas de solo e não se destina ao estudo do comportamento geotécnico de solos *in natura*. Estudos feitos sobre a sua confiabilidade demonstraram que esta sistemática produz índices e parâmetros que não são repetíveis, independente do modelo e do nível de confiança adotados (FABBRI, 1994; FABBRI & NOGUEIRA, 1996).

Com o objetivo de criar um ensaio simples, rápido e econômico, FABBRI (1994) desenvolveu uma classificação baseada na distribuição granulométrica e no índice de absorção do azul de metileno. A curva granulométrica caracteriza o comportamento geotécnico das frações areia e silte, enquanto a absorção do azul de metileno indica o grau de atividade da fração argila. Esta classificação assume que são geotecnicamente semelhantes materiais que apresentam granulometria e

atividade da fração argila semelhantes. Ela é bastante usada como complemento à classificação baseada em granulometria, índices físicos e índices de consistência. A quantidade de azul de metileno absorvida pelo solo e medida pelo índice Vb (*valeur de bleu*, ou valor de azul) permite separar solos lateríticos e saprolíticos ou, mais precisamente, solos de comportamento laterítico e não-laterítico. Os solos lateríticos têm CTC e Vb menores do que os saprolíticos, porque os óxidos e hidróxidos de Fe e Al não adsorvem completamente o azul de metileno.

A *International Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering* propôs uma classificação para os solos residuais tropicais (ISSMFE, 1985), dividindo-os em lateríticos e saprolíticos (Quadro 4). Os primeiros são mais superficiais, maduros e geotecnicamente mais estáveis do que os saprolíticos, que são solos jovens, instáveis, erodíveis e subjacentes aos primeiros, nos perfis completos de solos residuais. A classificação utilizada neste projeto é baseada nesta e complementada pelos solos transportados, estes divididos em função dos agentes de transporte que ocorrem em nosso ambiente natural, isto é, excluindo o transporte eólico e por geleiras.

Classes	**Processos genéticos**	**Tipos**
Solos residuais	Decomposição da rocha matriz	Saprolíticos ou jovens
	Lixiviação de álcalis e concentração de óxidos e hidróxidos de Fe e Al	Lateríticos ou maduros
Solos transportados	Transporte por gravidade	Colúvios
		Tálus
	Correntes fluviais	Aluviões
	Correntes fluviais e marés	Manguezais
	Correntes marinhas e marés	Depósitos marinhos

Quadro 4. Classificação geotécnica de solos tropicais (adaptado de ISSMFE, 1985).

5.3.2.1 Solos saprolíticos

São solos jovens, menos evoluídos e que conservam minerais, texturas e estruturas reliquiares da rocha matriz. Entre os minerais preservados encontram-se os feldspatos, quartzo e micas. Os máficos tendem a se decompor mais rapidamente e fornecem grande parte do Fe e Al que se concentram na forma de óxidos e hidróxidos, nas camadas lateríticas do perfil. Os argilo-minerais neoformados são principalmente esmectitas, quimicamente reativas. As texturas e estruturas reliquiares incluem contatos, xistosidade, bandamento gnáissico e milonítico, mosqueamentos, veios e feições cataclásticas.

As cores predominantes dependem mais fortemente da rocha matriz, podendo variar do verde ao roxo, róseo, violeta, azul e branco. São comuns os padrões mosqueados de cores, combinando duas ou mais das mencionadas, indicativos de regime hídrico mal drenado, com períodos de umidade excessiva. Em suma, caracterizam-se pela coloração heterogênea, exceto onde se desenvolvem sobre rocha homogênea e de grão fino. Apresentam alta erodibilidade e altos limites de liquidez e plasticidade, motivo pelo qual devem ser mantidos protegidos pela camada de solo laterítico que caracteriza o perfil residual das regiões tropicais de um modo geral, e em particular do litoral paranaense.

5.3.2.2 Solos lateríticos

Também denominados solos maduros, são os mais superficiais e englobam os horizontes A e B do perfil pedológico. Resultam do processo de laterização, típica das regiões com estações quentes e úmidas alternadas a estações frias e relativamente secas, onde os álcalis são lixiviados e concentram-se residualmente óxidos e hidróxidos de Fe e Al. Este processo ocorre em solos bem drenados e, evoluindo da superfície para a base do perfil, de modo que as camadas de solo laterítico recobrem as camadas de solo saprolítico, representativos dos estágios iniciais da pedogênese.

As argilas nos solos lateríticos são envolvidas em óxidos e hidróxidos de Fe e Al e contêm argilo-minerais de baixa expansibilidade e alta resistência à compactação. Isto não acontece nos solos não-lateríticos, ou saprolíticos. Por

outro lado, a fração arenosa geralmente contém concreções de óxidos e hidróxidos de Fe e Al, que reduzem a resistência mecânica esperada, que é dada pelo quartzo.

Devido à concentração de óxidos e hidróxidos de Fe e Al, as suas cores diagnósticas são em tons de vermelho, amarelo, laranja e castanho (bruno), o que facilita a sua identificação no campo. Cores amareladas e castanhas indicam a presença de goethita (óxido hidratado de Fe) e condições de solo permanentemente úmido, sem fases frequentes ou extremas de seca. Tons avermelhados de solo resultam da presença de hematita (óxido de Fe) e de regime hídrico com alternância de períodos de umidade arejada e secas acentuadas. A homogeneidade cromática e a ausência de minerais (exceto quartzo e outros resistatos) e estruturas da rocha matriz são características dos solos lateríticos.

Mais importante do que a cor, entretanto, é a estabilidade química e mecânica conferida por esses constituintes, que envolvem os argilo-minerais cauliníticos, também mais estáveis do que os que ocorrem nos solos saprolíticos. Das suas propriedades geotécnicas, são mais evidentes a baixa erodibilidade e os baixos limites de liquidez e plasticidade.

Por suas implicações geotécnicas, em especial no que se relaciona com a permeabilidade, foi inserida neste relatório a subdivisão dos solos lateríticos em maciços e prismáticos. Os primeiros são menos permeáveis do que os prismáticos, pela ausência de porosidade secundária, representada pelo espaço entre os prismas ou blocos argilosos. A porosidade secundária nos solos lateríticos maciços é eventual e de origem orgânica, onde ocorrem perfurações de raízes, vermes, insetos, répteis e mamíferos. Ambos os tipos de solos lateríticos ocorrem no litoral paranaense e a sua individualização tem importância crítica na avaliação de vertentes.

5.3.2.3 Colúvios

Segundo SILVA *et al*. (2002), não é fácil distinguir entre colúvio e solo residual maduro. LACERDA & SANDRONI (1985) lembram que os colúvios são formados por movimentos de massa apenas localmente, porque na maioria dos

casos eles são formados por rolamento e rastejo de materiais detríticos. Duas propriedades geotécnicas dos colúvios interessam de forma especial ao estudo dos movimentos de massa: fluência sob pressão constante e rede de fluxo bem estabelecida em períodos chuvosos.

SOARES & POLITANO (1997) descrevem a ocorrência comum de colúvios sobre solos residuais, que são arrastados por pequenas distâncias encosta abaixo e assumindo características de solos transportados. Alta porosidade e localização no sopé das encostas são as características principais dos colúvios. É comum também que várias camadas de colúvios com idades diferentes ocorram superpostas, por repetição do processo. Níveis de seixos são bastante comuns. Os colúvios e tálus próximos às áreas-fonte e em depósitos de geometria essencialmente vertical são menos espessos do que os mais distantes.

Segundo DEERE & PATTON (1971), a textura e a condutividade hidráulica dos colúvios geralmente diminuem à medida que se desce a encosta. Com permeabilidade vertical maior do que a horizontal, as camadas superiores dos depósitos coluvionares favorecem a infiltração rápida da água superficial. Onde o colúvio recobre solo residual, este é menos permeável e funciona como barreira hidráulica, acumulando água na base do depósito transportado, reduzindo as suas propriedades geotécnicas e provocando movimentos de massa.

Os colúvios podem sofrer processos pedogenéticos, assumindo feições de solo residual e laterizando-se, com desenvolvimento de óxidos e hidróxidos de Fe e Al, agregados de argila, ausência de esmectita e presença de caulinita, baixa massa específica aparente e alta condutividade hidráulica. Estas características favorecem a formação de deslizamentos planares rasos, corridas de detritos e solifluxão (movimento de massa de solo saturado em água e de comportamento mecânico plástico) ou liquefação (movimento de massa de solo supersaturado em água e de comportamento igual ao de um líquido denso). Nos depósitos mais espessos, deslizamentos rotacionais também ocorrem.

5.3.2.4 Aluviões e depósitos sedimentares marinhos

Por não se relacionarem com os movimentos de massa, na região mapeada, estes tipos de solos transportados não são descritos neste relatório.

5.3.3 Propriedades geotécnicas dos solos tropicais

5.3.3.1 Resistência ao cisalhamento

Formada pela coesão (c) e pelo ângulo de atrito interno (Φ) e varia em função do tipo de material, das condições hidrogeológicas, das tensões deformantes e do tempo de carregamento. A sua equação é:

$$T = c + \sigma_n \, tg\Phi$$

T = resistência ao cisalhamento
c = coesão
σ_n = tensão normal ao plano da amostra
Φ = ângulo de atrito interno

Ela pode ser obtida rapidamente por ensaios de cisalhamento direto ou triaxial, cujos resultados são usados para o traçado da envoltória de Mohr, cuja intersecção com a ordenada fornece o valor da coesão e o ângulo de inclinação corresponde a Φ. O primeiro é mais simples, mas mascara o comportamento geotécnico de materiais heterogêneos, e o ensaio triaxial é mais completo e confiável. A resistência ao cisalhamento pode ser determinada sob três condições de ensaio, compatíveis a diferentes tipos de comportamento geotécnico:

Resistência de pico drenada, quando é permitida a drenagem da água do corpo de prova, de modo a dissipar a pressão neutra. Este ensaio reproduz condições de solos em encostas naturais e taludes escavados há algum tempo, fornecendo valores de tensões efetivas.

Resistência de pico não-drenada, quando o ensaio é feito com carregamento muito rápido e sem dissipação da pressão neutra, o que reproduz as condições de taludes recém-escavados ou construídos sobre solo mole. Os valores obtidos são das tensões totais. BRAND (1982) considera que este tipo de ensaio representa as condições predominantes nas encostas como solo residual

ou transportado, nos quais a infiltração da água é rápida e atinge em pouco tempo profundidades favoráveis à deflagração de movimentos de massa.

Resistência residual, quando os valores são medidos após a fase de pico das tensões aplicadas, reproduzindo condições de deformações permanentes, tais como em zonas de falhas e solos residuais co planos de fraqueza reliquiares.

A resistência ao cisalhamento depende fortemente da força de sucção nos solos não-saturados, mas o conhecimento de suas interrelações ainda é precário, porque requer a execução de ensaios em equipamentos pouco conhecidos em nosso meio. Entretanto, a sua importância é tão grande que justifica investimentos de pesquisa aplicada, em campo e laboratório, para o desenvolvimento de equipamentos e ensaios apropriados.

Em suma, a resistência ao cisalhamento pode ser reduzida até o ponto de ruptura do material inconsolidado, devido à combinação dos seguintes efeitos da saturação hidráulica: perda da coesão e da força de sucção, aumento do peso e da poro-pressão positiva.

5.3.3.2 Condutividade hidráulica

O coeficiente de condutividade hidráulica é usado como sinônimo de permeabilidade, que é controlada conjuntamente pelos seguintes atributos: tamanho de partículas, índice de vazios, composição mineralógica, estrutura e grau de saturação.

A permeabilidade é diretamente proporcional ao tamanho de partículas e ao índice de vazios. A composição mineralógica é importante no que se refere às argilas, que mostram a seguinte escala geral de permeabilidade, para mesmas condições de umidade: caulinita > ilita > esmectita. A estrutura pode ser micro, quando se relaciona com o arranjo físico dos grãos minerais, e macro, quando se relaciona com o arranjo físico dos agregados minerais.

5.3.3.3 Granulometria

A fração argilosa é responsável pela coesão, devido a interações físico-químicas entre as lamelas dos argilo-minerais, propriedade que confere

resistência à ruptura e plasticidade dos solos tropicais. As propriedades geotécnicas são diferentes em cada espécie de argilo-mineral:

- argilas cauliníticas são estáveis em presença de água e não têm plasticidade;

- as esmectitas são expansivas, instáveis e plásticas na presença de água;

- as ilitas são instáveis e plásticas, mas menos expansivas do que as esmectitas.

Nos solos pouco classificados, a fração siltosa reduz a permeabilidade, ao preencher os interstícios da fração mais grossa, sem contribuir para a resistência mecânica nem para a plasticidade.

A fração arenosa não apresenta coesão e a sua resistência à ruptura depende apenas do atrito entre os grãos, independente da composição mineralógica.

5.3.3.4 Índices físicos

Índice de vazios (e) é a relação entre os volumes de vazios e de sólidos do solo. Varia de 0 a ∞.

$$e = Vv / Vs$$

Porosidade (n) é a percentagem do volume de vazios em relação ao volume total de uma amostra de solo. Varia de 0 a 1.

$$n = Vv / Vt \ (\%)$$

Grau de saturação (Sr) é a percentagem do volume de água em relação ao volume de vazios do solo. Varia de 0 a 1.

$$Sr = Vw / Vv \ (\%)$$

Umidade natural (w) é a percentagem de peso da água em relação ao peso de sólidos do solo. Varia de 0 a 1.

$$w = Pw / Ps \ (\%)$$

Peso específico natural (γ_n) é a relação entre peso total e volume total de uma amostra de solo, medida em g/cm^3.

$$\gamma_n = Pt / Vt = Ps + Pw / Vs + Vv$$

Peso específico de sólidos (δ ou γ_s) é a relação entre peso e o volume de sólidos do solo.

$$\delta = \gamma_s = Ps / Vs$$

Peso específico da água (γ_w) é a relação entre o peso e o volume de água contida na amostra de solo.

$$\gamma_w = Pw / Vw$$

5.3.3.5 Índices de consistência

O solo pode apresentar-se nos seguintes estados físicos:

Líquido, quando não possui forma definida e a resistência ao cisalhamento é nula.

Plástico, quando é deformável sem ruptura mecânica.

Semi-sólido, quando tem aparência de sólido, mas perde volume na secagem.

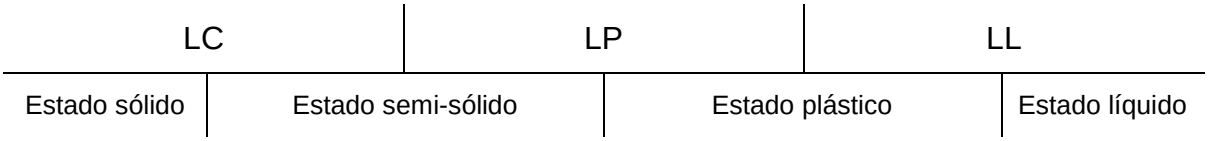
Sólido, quando tem aparência de sólido e não perde volume na secagem.

Os índices de consistência são calculados a partir dos limites de Atterberg, que são os seguintes:

Limite de liquidez (LL) é o teor de umidade abaixo do qual o solo perde forma e resistência ao cisalhamento. Acima deste limite inicia o estado plástico.

Limite de plasticidade (LP) é o teor de umidade abaixo do qual o solo tem comportamento plástico, deformando-se sem ruptura, e acima dele passa ao estado semi-sólido, perdendo volume na secagem.

Limite de contração (LC) é o teor de umidade acima do qual o solo está no estado sólido e não perde volume na secagem.



Índice de plasticidade (IP) é o intervalo entre os teores de umidade correspondentes aos limites de liquidez e plasticidade.

$$IP = LL - LP$$

Índice de consistência (IC) é a relação entre limite de liquidez menos umidade da amostra, dividido pelo índice de plasticidade.

$$IC = LL - h / IP = LL - h / LL - LP$$

IC	Consistência
< 0	De vaza
0 - 0,50	Plástica mole
0,50 - 0,75	Plástica média
0,75 - 1,00	Plástica rija
> 1,00	Dura

Quadro 5. Limites numéricos do índice de consistência.

5.3.3.6 Ensaios de erodibilidade

Erodibilidade é a propriedade que reflete a facilidade com que um solo tem suas partículas destacadas e transportadas por um agente erosivo. Ao contrário

do que acontece na agronomia e na hidráulica de canais, são escassos os estudos da erodibilidade de solos desenvolvidos para atender às necessidades de solução de problemas na área da geotecnia (BASTOS *et al.* 2001).

O ensaio de erodibilidade por desagregação, desenvolvido por NOGAMI & VILLIBOR (1979), é utilizado largamente no Brasil, sendo adotado como padrão no SELAB da MINEROPAR. Ele consiste na imersão em água destilada, por 24 horas, de uma amostra indeformada, de forma cilíndrica com diâmetro de 5 cm e altura de 2,5 cm. Desta forma, são determinados o índice de adsorção de água (S) e a perda de massa por imersão em água (P), a partir de cujos valores é calculada a erodibilidade (E), com uso da seguinte fórmula de cálculo:

$$E = 40.S/P$$

Vários estudos demonstram que os solos mais erodíveis apresentam maior perda de coesão com o aumento da umidade, reduzindo-se por consequência a sua resistência ao cisalhamento, nos níveis superficiais do perfil, onde a tensão de confinamento é mínima. Esta relação empírica é útil como indicador preliminar e aproximado da propensão do terreno à instabilização geomecânica e ao desenvolvimento de movimentos de massa (BASTOS et al. 2001).

5.4 Solos dos morros na área urbana de Antonina

5.4.1 Classificação e distribuição no relevo

Nos morros da área urbana de Antonina, foram identificados os seguintes tipos de solo, ou material inconsolidado:

- solo residual de granito
- saprólito de granito
- colúvio de granito
- solo residual de anfibolito
- saprólito de anfibolito
- colúvio de anfibolito
- colúvio misto de granito e anfibolito

Os solos de granito ocorrem extensivamente no morro do Bom Brinquedo, onde esta rocha aflora em quase toda extensão, exceto porções das encostas W e SW e no morro da Cruz. No morro da Caixa d'Água e extensões, o granito aflora na porção E da serra de morros, a partir da vertente CA-58, à altura da Rua Nossa Senhora da Penha, estendendo-se até o final, na Ponta da Pita. Trata-se de dois corpos distintos de granito, porfirítico o do Bom Brinquedo e equigranular o da serra de morros. O morro do Bom Brinquedo é recortado por sete diques de diabásio com espessuras de 20 a 40 m, inferidas a partir da distribuição de matacões sobre o terreno e dentro do colúvio.

No morro do Bom Brinquedo, a curva de nível dos 60 m marca o limite inferior aproximado da zona de ocorrência de solo residual de granito e de anfibolito. Esta cota foi generalizada a partir dos dados de campo, que combinam perfis de taludes escavados e sondagens a trado. Nas vertentes BB-09 a BB-11, os perfis de solo residual estendem-se até a base na encosta, sobre a Rua Carmen Matsumoto. No morro do Portinho, a cota que separa as coberturas de solo residual e colúvio corresponde aproximadamente a 40 m. A espessura do perfil de solo residual sobre o granito varia entre 1 e 3 m, chegando a 4 m na base da vertente BB-10 e 5 m na base da vertente BB-11.

A serra de morro da Caixa d'Água divide-se em duas porções aproximadamente iguais, a porção W formada por elevações de anfibolito até o limite das vertentes CA-57 e CA-58, a partir da qual aflora granito equigranular até a Ponta da Pita, conforme descrito acima. Quatro diques de diabásio recortam o anfibolito, no morro da Caixa d'Água propriamente dito, os maiores com até 50 m de espessura, e dois mais delgados recortam o granito equigranular, com espessuras inferidas de até 20 m.

A escassez de afloramentos naturais e taludes escavados, ao longo da serra, dificulta a classificação das camadas de solo, que se apóia quase totalmente nas sondagens a trado. Sobre anfibolito e diabásio, a cobertura de solo foi interpretada como sendo formada por colúvio, com matacões placóides da primeira e arredondados da segunda rocha, em matriz argilosa, compacta, amarelo-escuro ou bruno.

5.4.2 Seções típicas de vertentes

As seções de solo, ou cobertura de material inconsolidado, elaboradas para cada vertente da área urbana de Antonina são apresentadas como anexo. Vale comentar que se observa no morro do Bom Brinquedo o seguinte padrão:

- solo residual no topo e na meia encosta superior das vertentes, com pouca variação de espessura ao longo da declividade, mas com redução de espessura no sentido da base, onde existe variação perceptível;

- solo transportado, ou colúvio, na meia encosta inferior e base das vertentes, com espessura aumentando no sentido da base.

No morro do Bom Brinquedo, a passagem de solo residual para transportado, ao longo da declividade, ocorre em torno da cota de 60 m, mas detalhamentos deverão ser feitos na fase subsequente do projeto para confirmação deste e de outros atributos do solo, tendo em vista maior controle sobre as condicionantes geotécnicas da instabilização de encostas, em Antonina.

5.4.3 Propriedades geotécnicas dos solos da área urbana de Antonina

5.4.3.1 Solo residual de granito

O perfil residual no morro do Bom Brinquedo apresenta tipicamente uma camada de solo maduro, argiloso, compacto, de cor bruno a amarelo-escuro, com espessura de 0,50 a 0,80 m. Esta camada tem passagem gradual ou difusa à camada de solo jovem silte-arenoso, compacto, de cor rosada ou vermelho-clara, com espessura equivalente à do solo maduro. Das feições reliquiares da rocha matriz no solo jovem, observam-se mais comumente fenocristais parcialmente argilizados de feldspato, filonetes quartzo-feldspáticos e estrutura gnáissica da matriz. Nos locais de maior espessura, ambas as camadas se equivalem em espessura, sem predominância de um sobre o outro. A passagem do solo jovem ao saprólito granítico é gradual, às vezes difusa. A camada de saprólito apresenta maior variação de espessura do que as camadas superficiais, variando entre 0,40 e 1,80 m nos perfis descritos. Em alguns perfis, como o ilustrado na Figura 20, falta a camada de solo jovem e o solo maduro subdivide-se em uma camada superficial com estrutura prismática e outra inferior com estrutura maciça.

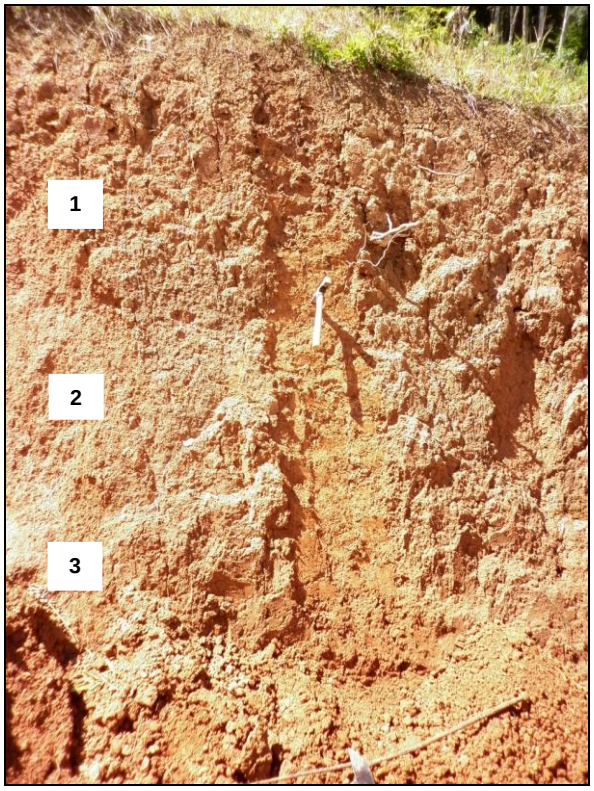


Figura 20. Perfil de solo residual de granito apresentando solo maduro prismático silte-arenoso bruno no topo (1) e passagem difusa (2) para maduro maciço silte-arenoso amarelado na base (3), abaixo do martelo. Vertente CR-04: encosta NE do morro da Cruz.

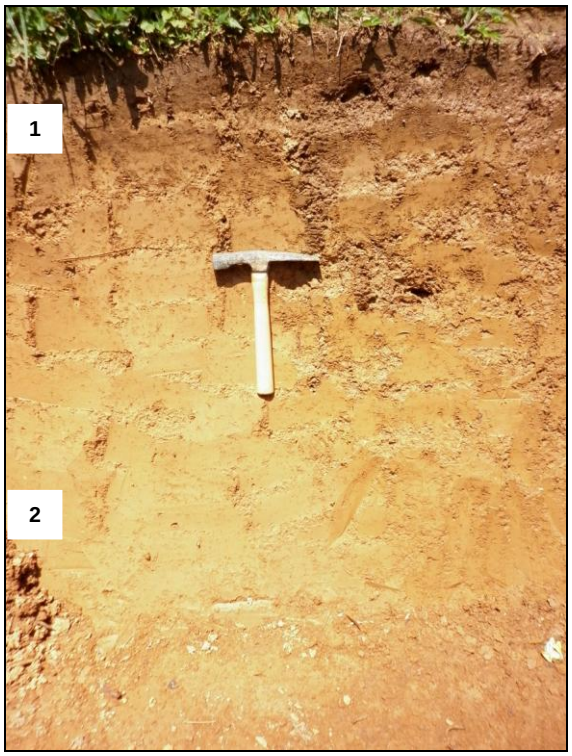


Figura 21. Perfil de solo residual de granito apresentando solo maduro maciço argiloso com passagem gradual da camada marrom (1), mais rica em matéria orgânica e umidade, a solo maduro maciço argiloso amarelado (2). Vertente BB-19: encosta SW do morro do Bom Brinquedo.

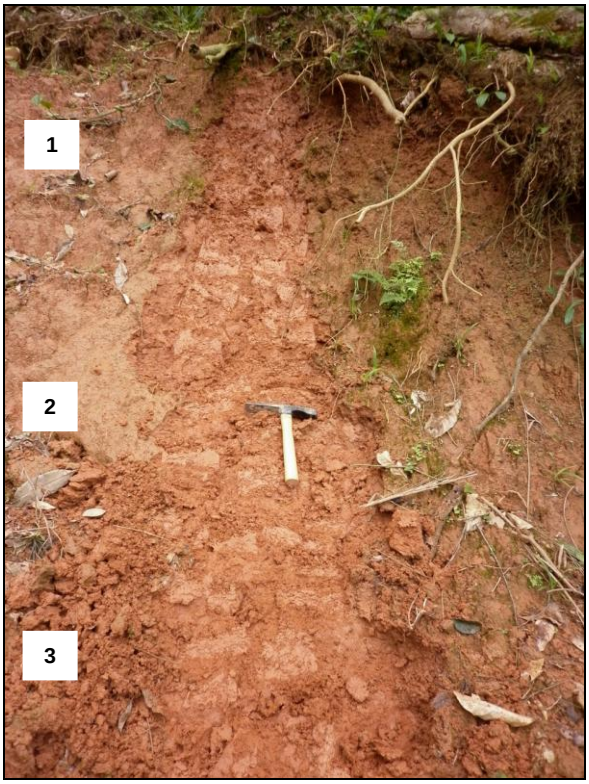


Figura 22. Perfil residual apresentando solo maduro maciço silte-arenoso bruno-escuro (1) e passagem difusa (2) a solo jovem maciço argilo-arenoso bruno-rosado (3), desenvolvido sobre granito. Vertente BB-23: encosta S do morro do Bom Brinquedo.

Quatro amostras de solo residual de granito classificam-se granulometricamente como argilosas a muito argilosas, contendo 50-69% de argila e, respectivamente, 14-28% de areia. Os conteúdos de silte são de 13-27%. Com fração de finos de 31-51%, as amostras de solo residual de granito apresentam índice de vazios de 0,99-1,43 e porosidade de 49,8-56,2%.

Quanto aos índices físicos de campo, a massa específica de sólidos varia de 2,719 a 2,925, enquanto a massa específica seca de campo varia de 1,16 a 1,38. O índice de vazios varia de 0,99 a 1,43 e a porosidade varia de 49,8 a 58,9. O grau de saturação varia nas amostras de 73,5 a 88,0.

Os ensaios de erodibilidade acusaram uma variação de 0,11 a 0,36 para o índice de adsorção, de 0,81 a 73,54 para a perda de massa por imersão e de 0,12 a 17,78 para a erodibilidade. As amostras AM-011A, AM-013B e AM-017A destacam-se pelos elevados índices de erodibilidade, justificando atenção especial às suas respectivas vertentes como locais de alta suscetibilidade a deslizamentos planares, em períodos de chuva prolongada (Tabela 5).

Amostra		Granulometria				Índices físicos					Erodibilidade		
		Ag	Si	Ar	Classe textural	δs	δdc	eo	n	Sr	S	P	E
AM 011 A	SL	69	17	14	Muito Argiloso	2,925	1,28	1,27	56,2	88,0	0,11	18,10	0,25
AM 013 A	SL	69	15	16	Muito Argiloso	2,880	1,18	1,43	58,9	78,3	0,17	3,24	2,10
AM 017 A	SL	67	13	20	Muito Argiloso	2,719	1,16	1,35	57,5	82,5	0,22	8,89	0,99
AM 018 A	SL	50	22	28	Argila	2,738	1,27	1,16	53,6	77,5	0,36	0,81	17,78
AM 013 B	SS	49	27	24	Argiloso	2,756	1,38	0,99	49,8	73,5	0,22	73,54	0,12

SL solo laterítico; **SS** solo saprolítico; **δs** massa específica de sólidos; **δdc** massa específica seca de campo; **eo** índice de vazios; **n** porosidade; **Sr** grau de saturação; **S** índice de adsorção; **P** perda de massa por imersão; **E** erodibilidade

Tabela 5. Dados geotécnicos de amostras indeformadas de solo residual de granito.

5.4.3.2 Saprólito de granito

O saprólito de granito porfirítico que ocupa a maior parte do morro do Bom Brinquedo caracteriza-se pela coloração creme-amarelada, aparentemente devido à infiltração de óxidos e hidróxidos de Fe a partir do solo maduro. Alternativamente, a cor pode ser o produto intermediário do processo de laterização, na passagem desses produtos da intemperização do granito para os níveis mais superficiais do perfil de alteração, por efeito de capilaridade. A coloração inclui manchas difusas de material esbranquiçado, possíveis relictos de rocha mais profundamente caulinizada e lixiviada.

Além da coloração característica, o saprólito granítico aflora nos cortes e barrancos naturais de fundo de vale como um material areno-siltoso, de textura grossa e maciça, friável e poroso. Nos locais em que a rocha matriz contém estruturas, tais como bandas anfibolíticas e veios quartzosos ou quartzo-feldspáticos, o saprólito preserva estas feições. Mais frequentemente, o material anfibolítico está profundamente argilizado, ao passo que os veios félsicos mantêm-se mais íntegros, com caulinização do feldspato equivalente à alteração da rocha encaixante. A espessura desta camada do perfil residual sobre granito varia bastante, de poucos decímetros (0,4 a 0,8 m) até vários metros, chegando a um máximo descrito de 3,5 m na base da vertente BB-01.

Nos morros da Penha, Matarazzo e Itamaracá, o saprólito do granito equigranular a fracamente porfirítico não difere nas características físicas do descrito acima, exceto na coloração generalizadamente cinza-avermelhada.

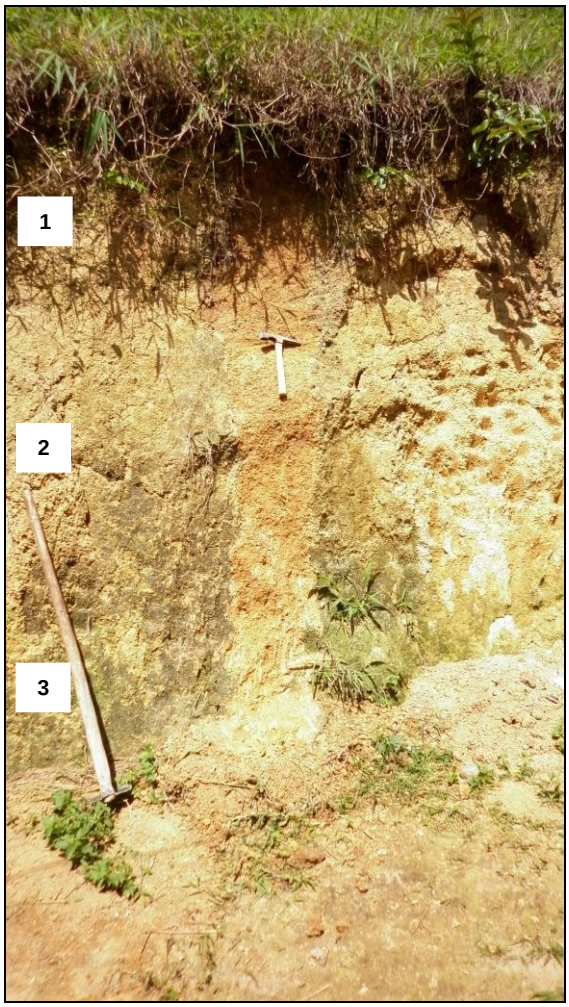


Figura 23. Perfil de solo residual maduro maciço silte-arenoso bruno (1) sobre saprólito granítico silte-arenoso amarelado (3), com passagem gradual e irregular (2). Vertente BB-12: encosta NE do morro do Bom Brinquedo.

Figura 24. Sulcos de erosão acelerada em local onde a camada de solo maduro foi removida por terraplanagem, aflorando solo jovem e saprólito de granito. Resíduos de solo maduro formam fina capa silte-argilosa e amarelada sobre o solo maduro rosado. Vertente BB-21: encosta S do morro do Bom Brinquedo.

De 10 amostras coletadas em saprólito de granito, 7 classificam-se como franco argilosas e 3 como argila. As amostras franco argilosas contêm 20-31% de argila, 36-48% de silte e 27-43% de areia. As amostras enquadradas na classe textural de argila apresentam teores de 41-49% de argila, 23-39% de silte e 20-32% de areia (Tabela 6).

No que diz respeito aos índices físicos de campo, a variação da massa específica de sólidos está no intervalo de 2,692-2,845 e a massa específica seca de campo varia no intervalo de 1,07-1,75. O índice de vazios varia de 0,57 a 1,63 e a porosidade fica no intervalo de 36,3 a 62,0. O grau de saturação apresenta uma variação de valores entre 38,9 e 91,1.

Nos resultados dos ensaios de erodibilidade, o índice de adsorção varia de 0,11 a 0,66, a perda de massa por imersão varia de 7,36 a 41,82 e a erodibilidade varia de 0,15 a 3,19. À exceção das amostras AM-18B e AM-019C, todas as demais amostras de saprólito granítico apresentam elevada erodibilidade, de modo que as suas respectivas vertentes merecem atenção especial, devido à alta suscetibilidade a deslizamentos planares, em períodos de chuva prolongada.

Amostra		**Granulometria**				**Índices físicos**					**Erodibilidade**		
		Ag	**Si**	**Ar**	**Classe textural**	**δs**	**δdc**	**eo**	**n**	**Sr**	**S**	**P**	**E**
AM 001 B	SG	25	48	27	Franco Argiloso	2,712	1,21	1,24	55,4	42,9	0,26	39,52	0,27
AM 004 B	SG	30	42	28	Franco Argiloso	2,692	1,56	0,72	41,9	69,6	0,11	30,55	0,15
AM 011 B	SG	49	23	28	Argila	2,781	1,34	1,08	51,9	79,3	0,19	26,39	0,29
AM 012 C	SG	24	44	32	Franco Argiloso	2,707	1,42	0,91	47,6	60,5	0,21	35,48	0,21
AM 015 B	SG	41	27	32	Argila	2,751	1,75	0,57	36,3	85,8	0,12	9,69	0,50
AM 016 C	SG	31	40	29	Franco Argiloso	2,814	1,50	0,88	46,8	73,2	0,22	41,82	0,20
AM 017 B	SG	41	39	20	Argila	2,767	1,55	0,78	43,9	91,1	0,14	30,14	0,19
AM 018 B	SG	24	40	36	Franco Argiloso	2,706	1,36	0,99	49,8	62,2	0,28	7,36	1,53
AM 019 C	SG	20	37	43	Franco Argiloso	2,816	1,07	1,63	62,0	38,9	0,66	8,28	3,19
AM 020 C	SG	22	36	42	Franco Argiloso	2,845	1,13	1,52	60,3	59,0	0,38	16,76	0,90

SG saprólito de granito; **δs** massa específica de sólidos; **δdc** massa específica seca de campo; **eo** índice de vazios; **n** porosidade; **Sr** grau de saturação; **S** índice de adsorção; **P** perda de massa por imersão; **E** erodibilidade

Tabela 6. Dados geotécnicos de amostras indeformadas de saprólito de granito.

5.4.3.3 Colúvio de granito

No morro do Bom Brinquedo, as rampas de colúvio estendem-se aproximadamente da cota 60 m até a base das vertentes, à exceção das mencionadas BB-09 a BB-11, onde não foi observada ocorrência de solo coluvial. Na zona de contato entre granito e anfibolito, sobre o bairro Tucunduva, nas vertentes BB-18, BB-19 e BB-21, o colúvio contém matacões arredondados de granito gnáissico fino (milonitizado) e placas de anfibolito em matriz dominantemente argilosa. A espessura do colúvio varia de um modo geral entre 1 e 3 m, ao longo da meia-encosta inferior do Bom Brinquedo, tornando-se mais espessa nas vertentes BB-13 a BB-15 e em torno do morro do Portinho, onde atinge 4 m de profundidade. Sobre o bairro Tucunduva, na vertente BB-18, a espessura de colúvio varia de 2 a 4 m.

Figura 25. Colúvio de granito com matacão e seixos da rocha em matriz silte-arenosa. Vertente BB-14: encosta N do morro do Bom Brinquedo.

De um total de 13 amostras de colúvio de granito coletadas na área urbana de Antonina, 6 enquadram-se na classe textural de argila, 3 são muito argilosas, 2

são franco argilosas, uma é argilo-siltosa e outra é siltosa. Os teores de argila deste conjunto de amostras variam de 28 a 71%, os teores de silte variam de 10 a 46% e os teores de areia variam de 12 a 44% (Tabela 7).

Dos índices físicos de campo, a massa específica de sólidos varia de 2,724 a 3,029 e a massa específica seca de campo varia entre 1,17 e 1,71. O índice de vazios apresenta valores de 0,62 a 1,59 e a porosidade varia de 38,2 a 61,3. O grau de saturação varia no intervalo de 58,9 a 94,4.

Quanto aos ensaios de erodibilidade, o índice de adsorção apresenta valores de 0,08-0,35 e a perda de massa por imersão fica no intervalo de 0,57-87,60. A erodibilidade varia entre 0,10 e 24,57. Destacam-se os altos índices de erodibilidade das amostras AM-016B e AM-029A, que justificam atenção especial às respectivas vertentes, devido à alta suscetibilidade a deslizamentos planares, sob condições de chuvas prolongadas.

Amostra		**Granulometria**				**Índices físicos**					**Erodibilidade**		
		Ag	**Si**	**Ar**	**Classe textural**	**δs**	**δdc**	**eo**	**n**	**Sr**	**S**	**P**	**E**
AM 001 A	CG	47	31	22	Argila	2,744	1,44	0,91	47,7	63,3	0,17	17,77	0,40
AM 004 A	CG	54	21	25	Argila	2,725	1,41	0,93	48,2	58,9	0,29	25,32	0,46
AM 012 A	CG	56	21	23	Argila	2,724	1,27	1,15	53,5	74,5	0,08	17,98	0,18
AM 012 B	CG	46	29	25	Argila	2,730	1,39	0,96	49,0	84,3	0,12	16,02	0,30
AM 014 A	CG	61	19	20	Muito Argiloso	2,789	1,32	1,12	52,7	81,2	0,05	9,13	0,22
AM 014 B	CG	68	15	17	Muito Argiloso	2,775	1,32	1,11	52,6	94,4	0,12	87,60	0,10
AM 015 A	CG	28	28	44	Franco Argiloso	2,768	1,71	0,62	38,2	81,5	0,17	22,70	0,30
AM 016 A	CG	57	16	27	Argila	2,785	1,43	0,95	48,8	89,3	0,17	10,28	0,67
AM 016 B	CG	45	24	31	Argila	2,794	1,57	0,78	43,8	87,7	0,23	3,78	2,44
AM 019 A	CG	71	10	19	Muito Argiloso	2,879	1,18	1,45	59,1	75,5	0,11	8,07	0,60
AM 019 B	CG	35	33	32	Franco Argiloso	2,786	1,27	1,20	54,6	60,6	0,30	35,51	0,34
AM 020 A	CG	55	33	12	Argila Siltosa	3,029	1,19	1,55	60,7	77,6	0,35	0,57	24,57
AM 020 B	CG	41	46	13	Siltosa	3,024	1,17	1,59	61,3	73,0	0,10	1,66	1,16

CG colúvio de granito; **δs** massa específica de sólidos; **δdc** massa específica seca de campo; **eo** índice de vazios; **n** porosidade; **Sr** grau de saturação; **S** índice de adsorção; **P** perda de massa por imersão; **E** erodibilidade

Tabela 7. Dados geotécnicos de amostras indeformadas de colúvio de granito.

5.4.3.4 Solo residual de anfibolito

Sobre anfibolito, o perfil residual é delgado, com 0,3 a 1,20 m de espessura, pouco diferenciado e dominantemente laterítico, com passagem gradual à rocha matriz e limites bastante irregulares (Figura 26). Esta irregularidade parece ser determinada por variações de resistência ao intemperismo das bandas de anfibolito milonitizado, cuja foliação subvertical apresenta bandas centimétricas com teores alternadamente mais e menos ricos em sílica.

Nos morros do Quilômetro Quatro até Maria Luísa, a cobertura de solo sobre anfibolito apresenta em sondagens a trado características de colúvio fino: composição argilosa, estrutura maciça e homogênea, presença de seixos e matacões na superfície, ausência da zonalidade típica do solo residual.

Figura 26. Perfil de solo residual maduro prismático argiloso bruno-escuro (1) com passagem difusa (2) a solo jovem mosqueado em tons creme e roxo de anfibolito (3). Vertente BB-18: encosta W do morro do Bom Brinquedo.

Não foram coletadas amostras de solo residual de anfibolito para a execução de ensaios geotécnicos, o que deverá ser feito na fase subsequente do projeto.

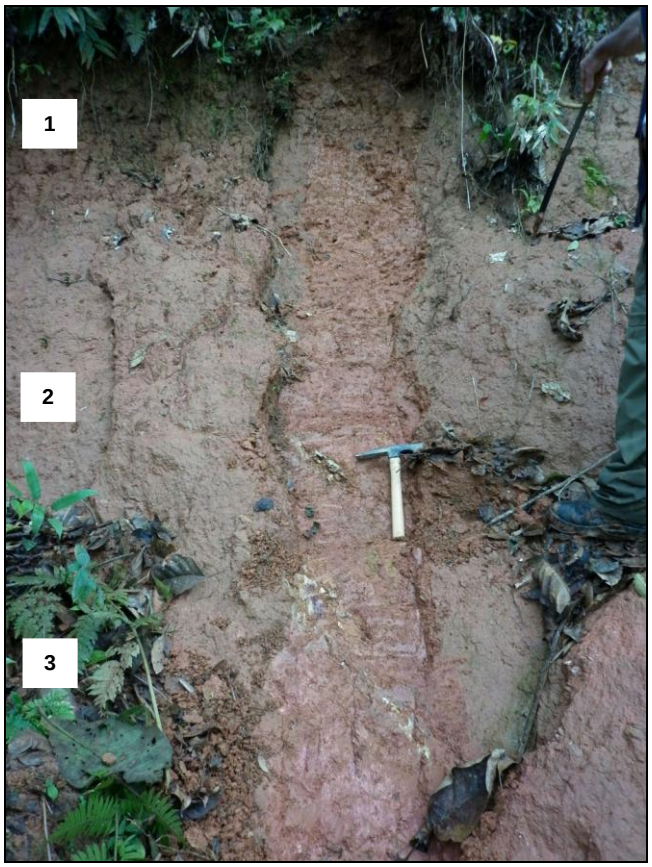


Figura 27. Perfil de solo residual apresentando solo maduro prismático argiloso bruno (1) com passagem difusa (2) a solo jovem maciço argiloso arroxeado, contendo filonetes quartzo-feldspáticos preservados (3). Anfibolito é rocha matriz e não aparece na foto. Vertente CA-18: encosta N do morro da Caixa d'Água.

Figura 28. Perfil de solo residual maduro prismático argilo-siltoso bruno (1), com passagem gradual a solo jovem, argiloso, mosqueado e maciço de anfibolito (2) abaixo do martelo. Vertente BV-01: Beco da Viúva, encosta N do morro da Cruz.

5.4.3.5 Saprólito de anfibolito

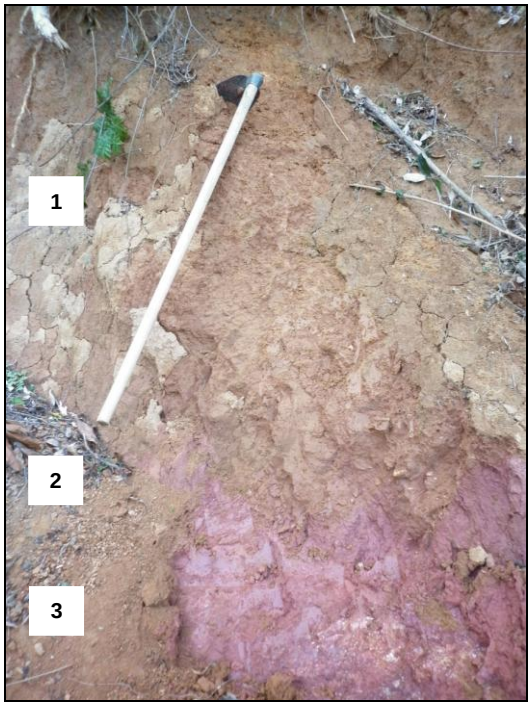


Figura 29. Colúvio com blocos de anfibolito em matriz argilosa (1) em contato irregular (2) sobre saprólito argiloso bordô de anfibolito (3). Vertente BB-20: encosta S do morro do Bom Brinquedo.

Figura 30. Perfil residual de solo laterítico maciço argiloso bruno (1) com passagem gradual (2) a solo saprolítico maciço argiloso arroxeado (3) e passagem nítida a saprólito de anfibolito (4). Vertente BB-24: encosta S do morro do Bom Brinquedo.

Três amostras de saprólito anfibolítico classificam-se texturalmente como argilosa, franco argilosa e franco argilo-siltosa, com teores de argila entre 34 e 51%, de silte entre 26 e 50% e de areia entre 15 e 36% (Tabela 8).

Quanto aos índices físicos de campo, a massa específica de sólidos varia de 2,675 a 2,737 e a massa específica seca de campo varia de 1,10 a 1,38. O índice de vazios apresenta variação de 0,93 a 1,48 e a porosidade fica no intervalo de 48,3 a 59,6. O grau de saturação tem valores de 59,3 a 64,2.

Os resultados dos ensaios de erodibilidade apresentam índice de adsorção entre 0,19 e 0,35 e perda de massa por imersão de 12,31 a 37,44. A erodibilidade varia de 0,35 a 1,14. As amostras AM-003B e AM-007B apresentam elevada erodibilidade, de modo que suas respectivas vertentes merecem atenção pela predisposição ao desenvolvimento de massa (Tabela 8).

Amostra		Granulometria				Índices físicos					Erodibilidade		
		Ag	Si	Ar	Classe textural	δs	δdc	eo	n	Sr	S	P	E
AM 003 B	SA	38	26	36	Franco Argiloso	2,675	1,38	0,93	48,3	64,2	0,19	14,73	0,52
AM 003 C	SA	34	50	16	Franco Argilo-siltoso	2,737	1,10	1,48	59,6	59,3	0,35	12,31	1,14
AM 007 B	SA	51	34	15	Argila	2,729	1,37	0,99	49,7	59,9	0,32	37,44	0,35

SA saprólito de anfibolito; **δs** massa específica de sólidos; **δdc** massa específica seca de campo; **eo** índice de vazios; **n** porosidade; **Sr** grau de saturação; **S** índice de adsorção; **P** perda de massa por imersão; **E** erodibilidade

Tabela 8. Dados geotécnicos de amostras indeformadas de saprólito de anfibolito.

5.4.3.6 Colúvio de anfibolito

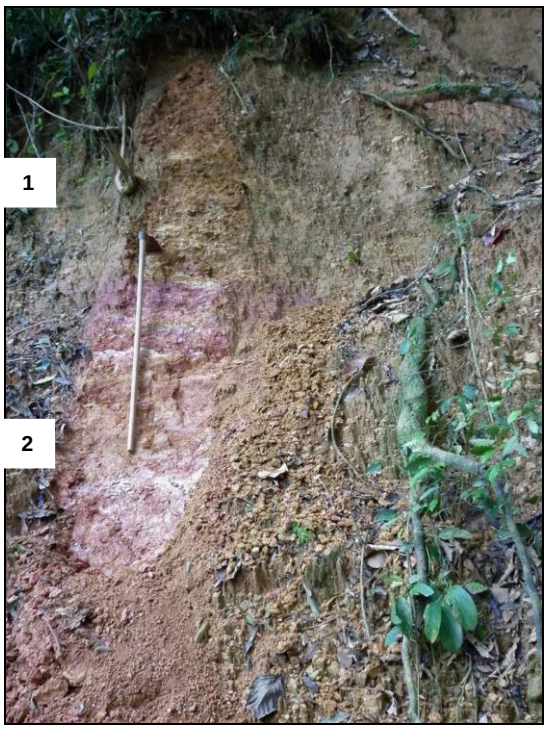


Figura 31. Colúvio fino com seixos de placóides de anfibolito em matriz argilosa (1) em contato nítido sobre anfibolito alterado contendo intercalações de quartzito, o que produz a aparência bandada de roxo e creme (2). Vertente BB-25: encosta S do morro do Bom Brinquedo.

Figura 32. Colúvio com blocos angulosos e placóides de anfibolito milonitizado em matriz argilosa bruno-arroxeado (1) sobre a mesma rocha alterada e com a estrutura foliada bem preservada (2). Vertente BB-23: encosta S do morro do Bom Brinquedo.

De um conjunto de 12 amostras de colúvio anfibolítico, 5 enquadram-se na classe textural de argila, 5 são muito argilosas, uma é franco argilosa e outra é franco argilo-siltosa. Os teores de argila dessas amostras variam de 27 a 70%, os teores de silte variam de 19 a 63% e os teores de areia variam de 6 a 35%. As amostras com maiores teores de areia situam-se próximo ao contato com o granito do morro do Bom Brinquedo (Tabela 9).

No que diz respeito aos índices físicos de campo, a massa específica de sólidos apresenta valores de 2,503 a 2,846 e a massa específica seca de campo varia de 0,99 a 1,33. O índice de vazios varia de 1,11 a 1,85 e a porosidade varia entre 52,7 e 64,9. O grau de saturação tem uma variação entre 34,1 e 83,3.

Dos resultados dos ensaios de erodibilidade, o índice de adsorção apresenta valores de 0,07 a 0,55 e a perda de massa por imersão varia de 3,32 a 56,21. A erodibilidade tem variação entre 0,25 e 2,70. À exceção das vertentes correspondentes às amostras AM-007A, AM-008A e AM-009, de baixa erodibilidade, as restantes merecem atenção pela alta suscetibilidade a deslizamentos planares, sob condições de chuvas prolongadas.

Amostra		Granulometria				Índices físicos					Erodibilidade		
		Ag	Si	Ar	Classe textural	δs	δdc	eo	n	Sr	S	P	E
AM 003 A	CA	52	30	18	Argila	2,789	1,32	1,12	52,8	83,3	0,11	5,78	0,77
AM 005 A	CA	64	23	13	Muito Argiloso	2,762	1,15	1,41	58,4	64,0	0,19	40,56	0,18
AM 005 B	CA	60	34	6	Muito Argiloso	2,872	1,18	1,44	59,0	64,3	0,60	56,21	0,43
AM 006 A	CA	37	28	35	Franco Argiloso	2,503	1,03	1,43	58,9	34,1	0,14	7,95	0,71
AM 006 B	CA	64	20	16	Muito Argiloso	2,788	1,25	1,22	55,0	68,6	0,28	18,71	0,60
AM 006 C	CA	54	37	9	Argila	2,817	1,33	1,11	52,7	73,0	0,07	9,03	0,31
AM 007 A	CA	58	24	18	Argila	2,756	1,13	1,43	58,9	48,4	0,55	16,00	1,40
AM 008 A	CA	57	27	16	Argila	2,793	1,04	1,68	62,6	51,2	0,18	3,32	2,17
AM 008 B	CA	70	19	11	Muito Argiloso	2,835	1,08	1,62	61,9	67,7	0,26	25,50	0,41
AM 008 C	CA	42	38	20	Argila	2,846	1,14	1,49	59,9	54,9	0,24	40,01	0,25
AM 009	CA	62	30	8	Muito Argiloso	2,794	1,14	1,44	59,1	65,8	0,28	4,20	2,70
AM 010	CA	27	63	10	Franco Argilo-Siltoso	2,818	0,99	1,85	64,9	46,8	0,21	51,87	0,17

CA colúvio de anfibolito; **δs** massa específica de sólidos; **δdc** massa específica seca de campo; **eo** índice de vazios; **n** porosidade; **Sr** grau de saturação; **S** índice de adsorção; **P** perda de massa por imersão; **E** erodibilidade

Tabela 9. Dados geotécnicos de amostras indeformadas de colúvio de anfibolito.

5.4.4 Discussão dos resultados

Dos dados geotécnicos apresentados nos itens anteriores, são discutidos aqui os que têm utilidade imediata para a avaliação preliminar da predisposição de cada tipo de solo à instabilidade e, consequentemente, ao desenvolvimento de movimentos gravitacionais de massa. De acordo com BASTOS *et al*. (2001), os solos mais erodíveis perdem mais rapidamente coesão com o aumento da umidade, de modo que os dados de erodibilidade são revistos a seguir.

A Tabela 10, a seguir, apresenta os dados descritivos da variação estatística dos índices de erodibilidade nos diferentes tipos de solo amostrados na área urbana de Antonina. Esta comparação permite reconhecer que predominam amplamente, nas 43 amostras submetidas aos ensaios geotécnicos, as portadoras de altos índices de erodibilidade, representando 74,4% da população amostral. As restantes 25,6% apresentam baixos índices de erodibilidade. Neste conjunto de amostras, o saprólito de granito aparece como o material mais francamente erodível, com 80% das amostras enquadradas como tal. Os colúvios de granito e de anfibolito também mostram altas proporções de amostras caracterizadas como erodíveis, respectivamente de 75% e 76%, enquanto 60% das amostras de solo residual de granito classificam-se como erodíveis.

Estes resultados referem-se ao morro do Bom Brinquedo, porque as demais elevações da área urbana de Antonina serão amostradas oportunamente. Não obstante, como as litologias e respectivos materiais inconsolidados nas porções restantes da área mapeada repetem-se nas vertentes do Bom Brinquedo, os resultados já obtidos podem ser considerados indicativos do comportamento do solo em toda a área urbana.

Por isto, é possível caracterizar os solos dos morros de Antonina como predominantemente erodíveis, o que implica na tendência a perder rapidamente a resistência mecânica, em especial a resistência ao cisalhamento, com o aumento da umidade. Esta propriedade geotécnica dos solos analisados fornece uma indicação fundamental para a alta frequência de movimentos de massa nas encostas da região.

Tipo de solo	Amostras		Erodível		Não-erodível	
	N	%	N	%	N	%
Residual de granito	5	11,63	3	9,37	2	18,18
Saprólito de granito	10	23,25	8	25,00	2	18,18
Colúvio de granito	13	30,23	10	31,25	3	27,27
Saprólito de anfibolito	3	6,97	2	6,25	1	9,10
Colúvio de anfibolito	12	27,90	9	28,13	3	27,27
Total de amostras	43	99,98	32	100,00	11	100,00

(*) Calculada com exclusão dos valores máximos, considerados anômalos.

Tabela 10. Distribuição de solos erodíveis e não-erodíveis na população amostral.

Vale salientar o caráter gradual e difuso da passagem entre as camadas de solo, em toda área mapeada, com exceções locais onde colúvio repousa sobre saprólito ou rocha alterada. Esta característica estrutural reflete condições de pluviosidade bem distribuída ao longo do ano, sem contrastes notáveis entre estações úmidas e secas. Do ponto de vista geotécnico, ela indica uma importância relativamente pequena dos contatos entre camadas do solo como possíveis planos potenciais de deslizamentos. Somente estudos de grande detalhe poderão permitir a confirmação desta hipótese, uma vez que contrastes de permeabilidade podem existir sem serem detectados na descrição visual de um perfil de solo ou inferidos a partir de medidas de porosidade.

6. Avaliação de vertentes na área urbana de Antonina

6.1 Descrição geral

A avaliação de risco nos morros da área urbana de Antonina envolveu a análise de 203 vertentes, distribuídas da seguinte maneira:

Morros	Vertentes
Bom Brinquedo	27
Cruz (Beco da Viúva)	4
Portinho	4
Quilômetro Quatro	7
Barigui	23
Saivá	20
Caixa d'Água	33
Antena	6
Maria Luísa	18
Penha	15
Matarazzo	14
Itapema	15
Ponta da Pita	17
Total de vertentes	203

Algumas vertentes dos mesmos morros foram dispensadas de avaliação porque se situam sobre terrenos desabitados, em área rural, embora estejam dentro da base planialtimétrica da área urbana. Elas poderão ser avaliadas oportunamente, quando for de interesse para a atualização do Plano Diretor do município. Isto inclui vertentes isoladas da folha 4 e todas as vertentes da folha 5.

Em planta, 76% são convexas (dispersoras de água) e 24% são côncavas (concentradoras de água). Em perfil, conforme foram descritas no campo, 77% das vertentes são retilíneas, 19% são convexas e 4% são côncavas. Entretanto, o exame dos perfis topográficos, na escala de 1:1.000, revela que praticamente

todas são convexo-côncavas, com a convexidade na encosta superior e a concavidade na encosta inferior, com o perfil intermediário retilíneo ou multiconvexo, isto é, com duas ou mais convexidades sucessivas. Esta discrepância é devida à dificuldade de se definir o perfil completo de uma encosta a partir de observações locais, dentro de áreas com vegetação densa ou de grande porte.

A cobertura vegetal é representada por mata atlântica secundária, de médio a grande porte, com desmatamento generalizado nas encostas inferiores e bases das encostas, tanto nos bairros densamente urbanizados (Saivá, Batel, Caixa d'Água, Maria Luísa e Ipanema) quanto nas áreas com ocupação incipiente (Quilômetro Quatro, Itamaracá e zona do porto). O desmatamento extensivo ou localizado comporta plantações de bananeira e palmito, em silvicultura de subsistência e de para comercialização. O caráter secundário da mata atlântica remanescente em Antonina é explicado pelo desmatamento generalizado, resultante da extração intensiva de madeira de lei, nos séculos XIX e XX.

As encostas mapeadas caracterizam-se por uma rede de drenagem intermitente, de córregos com pequena vazão que se tornam perenes somente nas encostas inferiores e na planície litorânea. A densidade da drenagem é de 1,8 km/km^2 no morro do Bom Brinquedo e de 2,4 km/km^2 na serra de morros da Caixa d'Água, considerados desde o Quilômetro Quatro até a Ponta da Pita. À exceção de tanques de maior extensão, construídos para piscicultura, na base de algumas vertentes, a maioria dos açudes registrados ao longo dos trabalhos de campo tem menos de 200 m^2, caracterizando-se como tanques de uso doméstico.

A cobertura de material inconsolidado no morro do Bom Brinquedo é do tipo residual acima da cota de 60 m e transportado abaixo dela, formando ao longo das encostas inferiores as denominadas rampas de colúvio. Nas encostas E e NE, sobre as ruas Padre Pinto e Carmen dos Santos Matsumoto, a ocorrência de matacões subangulosos a subarredondados de granito, com diâmetros de vários metros, caracteriza um depósito de piemonte, sobre o qual se distribuem rampas isoladas de colúvio grosso.

Os depósitos de piemonte do litoral sul - brasileiro têm idade pleistocênica, gerados por desagregação física ao longo de escarpas em recuo (BIGARELLA &

AB'SABER, 1961; AB'SABER, 1966; BIGARELLA *et al.*, 1995), em clima semi-árido. Os colúvios grossos, ou tálus, são depósitos holocênicos, formados pela decomposição química das rochas regionais, sob condições de clima úmido. Resulta disto que os depósitos de piemonte são materiais com estrutura mais estável, porque é sustentada pelos blocos, enquanto os colúvios são tipicamente instáveis, porque são sustentados pela matriz dominantemente argilosa. Esta distinção é importante para a avaliação de suscetibilidade para deslizamentos nas encostas do litoral paranaense.

No morro do Bom Brinquedo, a espessura do solo residual varia de 0,60 a 2,40 m nos perfis descritos, enquanto o solo transportado atinge espessuras de até 5,20 m, sobre a Rua Padre Pinto. Na serra de morros da Caixa d'Água, o levantamento não acusou a presença de solo residual, predominando nas encostas superiores o colúvio fino e nas encostas inferiores, colúvio grosso com blocos de anfibolito, quartzito, diabásio e granito em matriz argilosa. No extremo leste da serra da Caixa d'Água, nos morros da Penha até Itapema, sobre o granito equigranular, o colúvio é fino, areno-argiloso, homogêneo e com espessura de 1,20 a 3,50 m, nos locais sondados.

O Quadro 6 apresenta as classes de declividade utilizadas em estudos geotécnicos, com respectivas restrições legais, segundo DE BIASI (1977, 1996) e ZUQUETTE & GANDOLFI (2004). A correlação entre as duas classificações é feita aqui, apesar das diferenças entre os seus respectivos limites, para permitir a tradução das classes numéricas dos últimos autores em classes qualitativas de instabilidade ecodinâmica.

Na área urbana de Antonina, predominam as altas declividades (24-45^{o}), que contêm 80% das medidas feitas no terreno, com uso de clinômetro ótico. Destas, apenas 17,5% correspondem às classes de declividades abaixo de 24^{o} e 2,5% pertencem às classes acima de 45^{o}. Dos 115 movimentos de massa cadastrados, 44,8% ocorrem em vertentes com declividades de 24-36^{o}, 32,5% em vertentes com declividades de 36-45^{o}, 20,7% em declividades de 16-24^{o} e 2,0% em declividades de 11-16^{o}.

Graus [1]	(%) [1]	Instabilidade ecodinâmica [2]	Restrições legais
< 3	< 5	< 5%: muito baixa	Limite internacional para uso urbano e industrial.
3 – 6	5 – 10	5 - 12%: baixa	Limite máximo para uso agrícola.
6 – 11	10 – 20	12 - 30%: intermediária	Limite máximo para uso urbano sem restrições (Lei 6766/79).
11 - 16	20 – 30		
16 - 24	30 – 45	30 - 47%: alta	Limite máximo para corte raso de árvores (Lei 4771/65).
24 - 36	45 – 75	> 47%: muito alta	Proibida derrubada de árvores (Lei 4771/65).
36 - 45	75 – 100		
> 45	> 100		

[1] ZUQUETTE & GANDOLFI (2004). [2] DE BIASI (1977, 1996)

Quadro 6. Classes de declividade utilizadas em estudos geotécnicos, de acordo com vários autores.

A Tabela 11 contém as declividades médias das vertentes mapeadas nos morros do Bom Brinquedo, da Cruz e Portinho. Estes valores são discriminados devido à importância dessas vertentes para as áreas de risco em Antonina e a Figura 33 apresenta o histograma com a sua distribuição nas várias classes de declividade. A estatística mostra que 40% das vertentes mapeadas enquadram-se no intervalo de 16-24^{o} (30-45%), classificado como alta declividade, enquanto 42,5% pertencem aos intervalos de 24-45^{o} (45-100%) e > 45^{o} (> 100%), ambos de declividade muito alta.

Vertente	Declividade (°)	Vertente	Declividade (°)	Vertente	Declividade (°)
BB-01	38	BB-14	20	BB-23	38
BB-02	34	BB-15	28	BB-24	16
BB-03	37	BB-16A	31	BB-25	42
BB-04	27	BB-16B	46	BB-26	32
BB-05	35	BB-17	39	BB-27	37
BB-06	27	BB-18	40	BV-01	26
BB-07	38	BB-19	14	BV-02	25
BB-08	31	BB-20A	31	BV-03	22
BB-09	37	BB-20B	27	BV-04	20
BB-10	39	BB-21A	39	PO-01	30
BB-11	37	BB-21B	34	PO-02	30
BB-12	41	BB-21C	40	PO-03	26
BB-13	35	BB-22	40	PO-04	23

Tabela 11. Declividades médias das vertentes dos morros do Bom Brinquedo, da Cruz e Portinho.

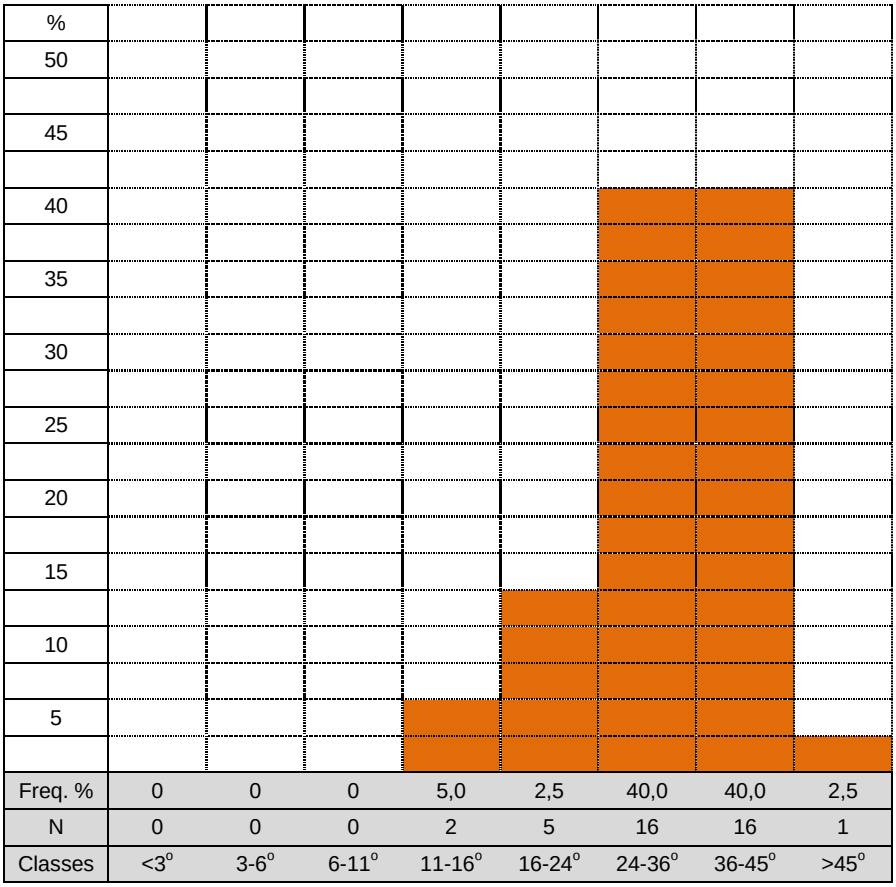


Figura 33. Histograma com distribuição de frequência relativa das vertentes dos morros do Bom Brinquedo, da Cruz e Portinho nas várias classes de declividade.

6.2 Avaliação das vertentes

Com o objetivo de orientar a gestão das áreas de risco na área urbana de Antonina e subsidiar a atualização do Plano Diretor do município, no que diz respeito ao risco associado a movimentos de massa, as vertentes avaliadas são descritas individualmente neste relatório. Elas estão agrupadas de acordo com os morros em que foram avaliadas, alguns dos quais têm denominações oficiais ou consagradas: morros do Bom Brinquedo, da Cruz, da Caixa d'Água e da Antena. Os demais receberam nomes *ad hoc*, em função dos bairros em que se situam, de modo a facilitar a localização das respectivas vertentes: Portinho, Quilômetro Quatro, Saivá, Maria Luísa, Penha, Matarazzo, Itapema e Ponta da Pita.

O primeiro passo da avaliação das vertentes consistiu, conforme descrito no *Capítulo 3 - Metodologia de trabalho*, na determinação da predisposição de cada uma delas para a geração de cada tipo de movimento de massa. A título de contribuição para a Defesa Civil, uma vez que não é competência da MINEROPAR tratar de questões hidrológicas, foi apontada também a predisposição para enxurradas, entendidas como fluxos torrenciais, concentrados e de curta duração de água da chuva. Uma avaliação mais completa deste fenômeno depende de modelagem hidrológica e de dados coletados para esta finalidade. Por isto, a indicação da predisposição para enxurradas deve ser tratada com reservas e depende de estudos dedicados especificamente a este tipo de evento natural, pelo órgão competente do Governo do Estado.

Como está explicado no *Capítulo 2 - Fundamentos teóricos*, entende-se como predisposição a propensão do terreno para gerar determinados tipos de movimentos de massa, em virtude de seus atributos geológicos, geomorfológicos e geotécnicos. Este conceito não envolve, portanto, a interferência de fatores externos sobre a geração dos movimentos de massa, tais como chuva, alterações antrópicas no perfil da encosta, desmatamento, entre outros.

Este conceito não envolve qualquer estimativa de probabilidade de ocorrência de um evento. Para os fins práticos, esta informação é suficiente para orientar decisões de Defesa Civil e atualização do Plano Diretor Municipal, porque a hierarquia estabelecida já indica uma ordem de prioridade para o investimento

de recursos públicos, tendo em vista a proteção da população e da infraestrutura contra acidentes naturais.

O Quadro 7 sintetiza os critérios utilizados na classificação da predisposição das vertentes para os diferentes movimentos de massa, adicionando a título de contribuição a predisposição para enxurradas e erosão acelerada.

Nível	Movimentos de massa	Enxurradas	Erosão acelerada
Alto	Feições recentes e reativação recente de feições antigas	Bacias hidrográficas extensas e vales encaixados em V	Boçorocas: feições com mais de 3 m de profundidade
Moderado	Feições antigas sem evidências de reativação recente	Bacias hidrográficas moderadas e vales abertos em U	Ravinas: feições com menos de 3 m de profundidade
Baixo	Sem feições de movimentos de massa	Bacias hidrográficas pequenas e encostas suaves ou retilíneas	Sulcos de erosão incipientes: até 0,5 m de profundidade

Quadro 7. Critérios para avaliação de predisposição das vertentes na área urbana de Antonina.

Para os níveis alto e moderado de predisposição, é indicado o tipo de evento esperado a partir das feições descritas em cada vertente. Em vertentes com feições recentes de movimentação do terreno, os movimentos de massa presentes permitiram especificar com precisão a predisposição do terreno. Vertentes com feições antigas, sem reativação recente, que se classificaram como de moderada predisposição, tiveram os movimentos de massa indicados em função dos tipos dominantes nas vertentes vizinhas ou nos morros mais próximos. Em alguns locais, a espessura maior do que 3 m e o perfil homogêneo do solo permitiu inferir a predisposição para deslizamentos rotacionais. Na ausência de feições de movimentação do terreno que permitissem identificar os tipos de eventos que possam ocorrer na vertente, a baixa predisposição foi indicada para movimentos gravitacionais de massa genericamente.

As especificações feitas para os níveis alto e moderado de predisposição não são indicadas nas legendas das cartas de avaliação de vertentes, para evitar uma profusão de cores, devido às várias combinações possíveis de tipos de

movimentos de massa, enxurradas e erosão acelerada. Por isto, as cartas indicam apenas os níveis de predisposição para movimentos de massa genericamente.

Fica a ressalva, também para esta tarefa da avaliação, que a falta de uma série histórica de eventos na região compromete a confiabilidade dos seus resultados, porque envolve alto grau de subjetividade na interpretação dos dados. Trata-se de uma restrição comum nos levantamentos realizados em nosso país, onde não existem estudos sistemáticos e contínuos voltados à prevenção de acidentes e desastres naturais.

6.2.1 Morro do Bom Brinquedo

BB-01

Pontos de controle: AA-094, 095, 096, 097, 098, 099, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 375, 377, 378, 379.

Perfis de solo: AA-095, 096, 100, 103, 105, 106, 107.

Movimentos de massa: MM-39.

Amostras: AM-011A, 011B.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com amplitude de 85 m e declividade moderada a alta, de 15-25^{o} para N70^{o}E-S40^{o}E medida no terreno e de 38^{o} na média do perfil topográfico.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo em blocos rolados.

Material inconsolidado. Solo residual argiloso, maduro e raso (1,50-2,20 m) do topo da vertente até a cota de 50-60 m, substituído abaixo dela por colúvio grosso com 2,20-2,50 m de espessura. Ambos recobrem saprólito granítico, poroso e friável, com espessura de 0,70-0,90 m. Superfícies potenciais de deslizamento representadas pelos contatos do solo com o saprólito, à profundidade de 1,50-2,50 m, e do saprólito com o granito, à profundidade de 2,20-3,40 m.

AM-011 A (729.886W - 7.185.708N), meia encosta da vertente do deslizamento da Rua Leovegildo de Freitas. Solo marrom-amarelado, compacto, argiloso e com raros grânulos de quartzo. Erodível.

AM-011 B, saprólito de granito marrom-avermelhado com grânulos de quartzo, poroso (2,70 m). Erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio porte preservada na encosta superior e topo da vertente, mas destruída no bloco abatido do deslizamento planar. Serrapilheira espessa com grande concentração de folhas secas sobre solo fofo e orgânico.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Feições de instabilidade. Deslizamento planar ou rotacional MM-39 ocupa cerca de 90% da vertente, com 120 m de largura sobre a rua e 80 m de comprimento

desde a escarpa principal, tendo formado corrida de lama em março de 2011. Várias cicatrizes e degraus de abatimento acima e ao lado da área de trânsito do deslizamento. Cerca de 30 m acima da escarpa principal, outro deslizamento planar de pequeno porte, identificado como MM-100, tem zona de trânsito de 25 m e árvores caídas e inclinadas no entorno.

Intervenção antrópica. Base da vertente foi alterada por corte contínuo, edificações ao longo da rua, na base da vertente. Quatro casas derrubadas e duas avariadas, com vazamentos de esgoto, taludes nos fundos e lixo doméstico acumulado no entorno das residências.

Predisposição. Vertente com alta predisposição para deslizamentos planares e circulares, principalmente reativação do MM-39. Isto poderá ser minimizado por obras de correção, tais como drenagem em subsuperfície, retaludamento da encosta e/ou construção de muro de contenção. Terreno densamente afetado por trincas, acima da escarpa do deslizamento, favorece infiltração de água da chuva e apresenta alta suscetibilidade para movimentos de massa, devido à provável reativação do MM-39 em períodos de chuvas prolongadas ou intensas. A predisposição para rolamento de matacões é baixa, devido à ocorrência de poucos blocos nas margens do deslizamento MM-39. Sobre a Rua Leovegildo de Freitas, a predisposição para corridas de lama é alta, em consequência da possível reativação do deslizamento. A área de impacto da corrida de lama estende-se principalmente ao longo das ruas Doutor Rebouças e Coronel Líbero, cujo declive a partir da Rua Leovegildo de Freitas volta-se para o centro da cidade.

BB-02

Controle: AA-109, 110, 111, 112.

Perfis: AA-109, 112.

Movimentos de massa: MM-38, 40, 76.

Amostras: AM-013A, 013B.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 25^{o} para N35-40^{o}E. Amplitude de 90 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo em blocos rolados.

Material inconsolidado. Solo argiloso maduro raso a profundo (2,50-4,80 m) recobre saprólito granítico, poroso e friável.

AM-013 A (729.788W - 7.185.825N), escarpa escorregamento laranjeiras: solo marrom-amarelado prismático poroso. Coleta a mais ou menos 1 m. Solo transportado com blocos de granito, seixos e grânulos de quartzo. Não erodível.

AM-013 B, solo transportado marrom-avermelhado com seixos e grânulos de quartzo, poroso, coletado a mais ou menos 1,5 m de profundidade. Erodível.

Vegetação. Grande concentração de folhas secas (serrapilheira) sobre solo fofo na mata atlântica rala.

Água superficial. Drenagem intermitente na meia encosta, com água corrente de pequena vazão a partir da meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Três deslizamentos planares, designados MM-38, MM-40 e MM-76, que danificaram casas, degraus de abatimento, terreno ondulado e matacões na encosta superior. Podem alimentar fluxo de detritos. Cicatrizes e degraus de abatimento, árvores inclinadas, matacões soltos no solo, em equilíbrio instável, com mais de 50% do diâmetro acima do solo.

Intervenção antrópica. Várias moradias remanescentes do desastre de 2011, sem danos, e **c**ortes limitados aos fundos das residências.

Predisposição. Vertente com alta predisposição para deslizamentos planares, rolamento de blocos, enxurradas e fluxos de detritos. A combinação de deslizamentos com outros gerados nas vertentes vizinhas e opostas pode formar fluxos de detritos de grande volume e energia, representando ameaça para a ocupação da planície de dispersão de sedimentos, na desembocadura do vale. Devido à grande extensão da bacia de contribuição, na ausência de deslizamentos, esta ameaça pode limitar-se a enxurradas com alguma carga de detritos e alto poder destrutivo.

BB-03

Controle: AA-113, 114, 115, 116, 117, 118, 119.

Perfis: AA-116, 117, ST-001, 002, 036.

Movimentos de massa: MM-40 (fluxo de detritos), 77, 78.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 25^{o} para N85^{o}E. Amplitude de 120 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo, localmente foliado por milonitização, em blocos rolados.

Material inconsolidado. Solo argiloso raso sobre saprólito granítico, poroso e friável, e granito porfirítico e foliado (milonitizado). Pode alimentar fluxo de detritos.

Vegetação. Grande concentração de folhas secas (serrapilheira) sobre solo fofo na mata atlântica rala.

Água superficial. Drenagem intermitente na meia encosta, com água corrente de pequena vazão a partir da meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Quatro deslizamentos planares (MM-40, MM-77, MM-78 e MM-95) formaram uma corrida de detritos, com numerosos degraus de abatimento, rastejo de solo (terreno ondulado) e matacões na encosta superior. Matacões mais abundantes formam campos, com vários em equilíbrio instável, acrescentando rolamento de blocos à predisposição para deslizamentos planares.

Intervenção antrópica. Com exceção de três edificações situadas em locais elevados, as moradias que ocupavam o fundo de vale foram total ou parcialmente destruídas pela corrida de detritos de março de 2011.

Predisposição. Vertente com alta predisposição para deslizamentos planares, rolamentos de blocos, enxurradas e fluxos de detritos. A combinação de deslizamentos com outros gerados nas vertentes opostas pode formar fluxos de detritos de grande volume e energia, representando ameaça para a ocupação da planície de dispersão de sedimentos, na desembocadura do vale. Devido à

grande extensão da bacia de contribuição, na ausência de deslizamentos, esta ameaça pode limitar-se a enxurradas com alguma carga de detritos e alto poder destrutivo.

BB-04

Controle: AA-120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 136, 137.

Perfis: AA-120, 122, 125, 126, 127, ST-032, 033, 034.

Movimentos de massa: MM-41, 79, 80.

Amostras: AM-019A, 019B, 019C, 020A, 020B, 020C.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, longa e com quebra de relevo abrupta na encosta superior. Vale em V profundo e flancos com amplitude de 75 m e declividade de 25-40^{o} para S10^{o}W.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo em blocos rolados.

Material inconsolidado. Solo residual e silte-arenoso acima da cota de 60 m e colúvio com blocos de granito em matriz silte-arenosa, abaixo desta cota, ambos com espessura de 2-3 m, recobrem saprólito granítico, poroso e friável.

AM-019 A (730.032W - 7.185.956N), solo argiloso, compacto, marrom-amarelado com seixos de rocha gnáissica. Ponto na escarpa acima da Copel. Coletado a mais ou menos 1 m. Erodível.

AM-019 B, solo avermelhado, poroso, cheio de seixos e grânulos de quartzo, argiloso. Coletado a mais ou menos 1,20 m atrás da Copel. Erodível.

AM-019 C, saprólito de granito, coletado a mais ou menos 1,50 m atrás da Copel. Não erodível.

AM-020 A (729.931W - 7.186.045N), solo transportado, compacto, argiloso, marrom-amarelado, com poucos fragmentos e blocos. Amostra coletada a mais ou menos 1,20 m. Não erodível.

AM-020 B, solo transportado, marrom-avermelhado com blocos de quartzo-milonito e grânulos de quartzo em matriz argilosa, coletado a mais ou menos 2,30 m. Não erodível.

AM-020 C, saprólito de granito grosso, coletado a mais ou menos 3 m abaixo no leito do escorregamento, rocha caulinizada e veios de quartzo na rocha. Erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio porte preservada na meia encosta superior e topo da vertente, destruída na área do movimento de massa.

Água superficial. Drenagem intermitente na meia encosta, com água corrente de pequena vazão a partir da meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Dois grandes deslizamentos planares na meia encosta inferior, designados MM-79 e MM-80, e outro a montante, MM-41. Combinados com deslizamentos de outras vertentes adjacentes, formaram fluxos de detritos. Árvores caídas e inclinadas e degraus de abatimento no entorno dos deslizamentos. Destruição de várias casas e assoreamento da drenagem. Campos de matacões nas cristas das escarpas a leste.

Intervenção antrópica. Na Rua Theófilo Soares Gomes, da estação da SAMAE-CB4 até a esquina da Rua Padre Pinto, não há evidências de instabilidade: baixa

declividade, sem vegetação inclinada, sem trincas ou desmoronamentos nos taludes atrás das residências, sem surgências ou locais para concentração de água superficial.

Predisposição. Vertente com alta predisposição para deslizamentos planares, rolamentos de blocos, enxurradas e fluxos de detritos. A combinação de deslizamentos com outros gerados nas vertentes opostas pode formar fluxos de detritos de grande volume e energia, representando ameaça para a ocupação da planície de dispersão de sedimentos, na desembocadura do vale. Devido à grande extensão da bacia de contribuição, na ausência de deslizamentos, esta ameaça pode limitar-se a enxurradas com alguma carga de detritos e alto poder destrutivo. Atrás da casa 188 e da estação da SAMAE-CB4, matacões de grande porte, em declividade alta (65^o para S devido a deslizamentos antigos), apresentam possibilidade de rolamento. Esses e outros blocos de granito, sobre a escarpa do deslizamento MM-80, precisam ser ancorados para impedir que rolem e ameacem a integridade de edificações, moradores e transeuntes. Nos fundos das residências imediatamente a E, na Rua Theófilo Soares Gomes, matacões de 0,60 a 1,20 m de diâmetro, englobados em matriz silte-arenosa, representam perigo de queda e danos materiais.

BB-05

Controle: AA-129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 386, 387, 388, 389, 390, 391.

Perfis: AA-129, 132, 391, ST-037, 038, 039, 040.

Movimentos de massa: MM-24, 25.

Relevo. Vertente do Mirante, retilínea em perfil e côncava em planta, com vale entalhado em V profundo e flancos com alta declividade, de 35^o para S35^oE. Amplitude de 125 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio e solo residual sobre saprólito granítico e granito porfirítico grosso.

Vegetação. Mata atlântica densa com serrapilheira espessa.

Água superficial. Drenagem intermitente na meia encosta, com água corrente de pequena vazão a partir da meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Quatro deslizamentos planares recentes (MM-22, MM-24, MM-25 e MM-82), um dos quais contém material represado por troncos na meia encosta inferior, podendo alimentar fluxos de detritos. Na meia encosta superior, matacões de até 5 m de diâmetro, alguns em equilíbrio instável devido a mais de 50% do diâmetro acima do solo. Quedas de árvores ao longo do caminho calçado, desde o pé da escarpa do Mirante até a base da vertente. Degraus de abatimento e ondulações no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial na base.

Predisposição. Vertente com alta predisposição para deslizamentos planares, rolamentos de matacões, enxurradas e fluxos de detritos. A longa distância dos matacões às áreas habitadas diminui o perigo de danos.

BB-06

Controle: AA-120, 138, 139, 140, 141, 142.

Perfis: AA-139, ST-029, 030, 031.

Movimentos de massa: MM-03.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de até 20^{o} para N10^{o}E. Amplitude de 95 m.

Geologia. Diabásio e granito porfirítico, grosso e isótropo em blocos rolados.

Material inconsolidado. Solo residual raso no topo da vertente, transportado fino e areno-argiloso na meia encosta e colúvio grosso na meia encosta inferior, com blocos arredondados (0,30-0,60 m) de diabásio em matriz areno-argilosa.

Vegetação. Desmatamento quase total limitado à meia encosta inferior.

Água superficial. Drenagem intermitente recebe lançamento de esgoto doméstico na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Na meia encosta superior, o terreno plano não apresenta feições de instabilidade nem intervenção antrópica, exceto o deslizamento planar MM-04 cuja zona de trânsito desenvolve-se para a vertente BB-09. Na meia encosta inferior, acima da casa 209 da Rua Padre Pinto, deslizamento circular incipiente, designado MM-03, pode ter sido induzido por acúmulo de água superficial e esgoto em solo argiloso, que ocorre imediatamente a N da escarpa principal. O deslizamento tem fluxo canalizado em direção à casa 241. Árvores inclinadas e sulcos de erosão.

Intervenção antrópica. Urbanizada ao longo da Rua Padre Pinto e desocupada, mas desmatada na meia encosta até o topo da vertente. Lançamento de esgoto de várias casas situadas na vertente BB-07 contribui para instabilizar o terreno, por saturação permanente em superfície.

Predisposição. Vertente com alta predisposição para reativação do deslizamento rotacional, se não forem executadas obras de limpeza do fundo de vale e eliminação do despejo de esgoto.

BB-07

Controle: AA-144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152.

Perfis: AA-147, 148, 149, ST-026, 027, 028.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 22-25^{o} para N90^{o}E-S50^{o}E. Vale em V assimétrico e profundo, na divisa com a vertente BB-06, com declividade de 37^{o} para S, onde ocorre o deslizamento mencionado na vertente anterior. Amplitude de 65 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo em blocos rolados e campos de matacões de grande porte (2-5 m).

Material inconsolidado. Solo transportado, compacto, silte-arenoso, sobre granito porfirítico grosso, sem zonas de acúmulo de água superficial.

Vegetação. Desmatamento limitado à meia encosta inferior.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Feições de instabilidade. Feições de movimentação antiga, tais como degraus de abatimento e sulcos de erosão. Os cortes nos fundos das casas não mostram sinais de erosão ou desmoronamento. Poucos matacões na meia encosta, enterrados no solo, sem feições de erosão.

Intervenção antrópica. Urbanizada ao longo da Rua Padre Pinto e desocupada, mas desmatada na meia encosta até o topo da vertente.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares e rolamento de matacões.

BB-08

Controle: ST-026, 027, 153, 154.

Perfis: AA-153.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa, com declividade de 40^{o} para N40^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo em blocos rolados e campos de matacões de grande porte (2-5 m).

Material inconsolidado. Solo transportado, arenoso, com espessura muito variável, entre matacões de grande porte, caracterizando depósito de piemonte.

Vegetação. Da meia encosta até a encosta superior, a mata nativa foi parcialmente removida, a montante de 8 casas com lixo, cortes e vazamentos de esgoto, sem desmoronamentos nos taludes expostos.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Feições de instabilidade. Sem evidências de movimentação recente ou antiga. Poucos matacões enterrados no solo, sem perigo de rolamento. Corte de 2,50 m na Rua Padre Pinto apresenta queda de blocos de 0,30 a 0,80 m de diâmetro.

Intervenção antrópica. Urbanizada ao longo da Rua Padre Pinto e desocupada, mas desmatada na meia encosta até o topo da vertente.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos de massa e rolamento de matacões. Alta predisposição para queda de blocos nos cortes da Rua Padre Pinto, enquanto não forem executadas obras de contenção.

BB-09

Controle: AA-155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168.

Perfis: AA-157, 159, 160, 162, 165, ST-024, 025, 029.

Movimentos de massa: MM-04, 55.

Amostras: AM-017A, 017B, 018A, 018B.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 22-35^{o} para S40-75^{o}E. Vale em U aberto. Amplitude de 95 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo em blocos rolados e campos de matacões de grande porte (2-5 m).

Material inconsolidado. Colúvio fino e grosso sobre saprólito granítico e granito porfirítico, localmente foliado em zona de falha de direção N80^{o}E.

AM-017 A (730.000W - 7.186.159N), coleta a 0,60 m da escarpa acima da casa rosa na Rua Padre Pinto. Solo transportado, marrom-avermelhado, prismático, poroso, argiloso, com grânulos de quartzo. Rocha granito milonitizado. Erodível.

AM-017 B, zona de falha em saprólito de granito milonitizado, coletado a mais ou menos 1,2 m. Erodível.

AM-018 A (730.060W - 7.186.160N), solo transportado, marrom-amarelado, poroso, prismático, com grânulos e seixos de quartzo. Amostra coletada a mais ou menos 0,60 m. Não erodível.

AM-018 B, saprólito de granito coletado a mais ou menos 1,70 m. Não erodível.

Vegetação. Área parcialmente desmatada e com alguma ocupação residencial.

Água superficial. Sem água corrente, caracterizando drenagem intermitente.

Feições de instabilidade. Deslizamentos planar MM-04 assoreou a drenagem intermitente, com deslocamento de pequeno volume de material, associado a trincas e degraus de abatimento antigos e recentes. Na meia encosta inferior, deslizamento planar MM-55, de pequeno volume, apresenta degraus de abatimento recentes acima da escarpa principal. Matacões instáveis e árvores inclinadas na mesma área. Cortes nos fundos de casas mostram poucos sinais de desmoronamento e erosão. Na Rua Padre Pinto, cortes mal feitos provocaram quedas de solo e rocha. Queda de solo em frente à casa sem número, imediatamente a sul da casa 447.

Intervenção antrópica. Urbanizada ao longo da Rua Padre Pinto e desocupada, mas desmatada na meia encosta até o topo da vertente.

Predisposição. Alta predisposição para enxurradas, deslizamentos planares e rolamento de matacões.

BB-10

Controle: AA-169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 182, 183, 184, 185, 186.

Perfis: AA-169, 170, 171, 172, 184, 185, ST-023.

Movimentos de massa: MM-83.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 18-27^{o} para N55-70^{o}E. Amplitude de 92 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo em blocos rolados e campos de matacões de grande porte (2-5 m).

Material inconsolidado. Colúvio fino e grosso sobre saprólito granítico e granito porfirítico, localmente foliado em zona de falha de direção N80^{o}E.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala na meia encosta superior, com poucas árvores inclinadas, serrapilheira rala e sem surgências d'água.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Feições de instabilidade. Na meia encosta inferior ocorre um deslizamento planar antigo (MM-98) formando degrau de abatimento. Na meia encosta superior

ocorrem dois deslizamentos planares recentes de pequeno volume, designados MM-83 e MM-96. Poucos matacões enterrados em mais de 50% do diâmetro, sem evidências de instabilidade. Árvores inclinadas e caídas.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial na meia encosta inferior, com taludes verticais de até 3 m atrás das edificações, em torno das quais acumula-se lixo e há vazamento de esgoto doméstico.

Predisposição. Alta predisposição para enxurradas e deslizamentos planares.

BB-11

Controle: AA-176, 177, 178, 179, 180, 181, 187, 188, 189, 190, 191.

Perfis: AA-177, 179, 181, 187, 189, 190, 191, ST-021.

Movimentos de massa: MM-42.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 25-38^{o} para N20-45^{o}E. Contém quebra de relevo na meia encosta inferior. Amplitude de 85 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo em blocos rolados e campos de matacões de grande porte (2-5 m).

Material inconsolidado. Colúvio fino recobre saprólito granítico e granito porfirítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Sem drenagem na vertente, exceto surgência d'água limitada à encosta superior.

Feições de instabilidade. Um deslizamento planar raso e de pequeno volume (MM-97) na meia encosta superior e uma queda de blocos (MM-42) em escarpa da meia encosta inferior. Matacões de grande porte, enterrados ao longo da encosta, não mostram sinais de instabilidade. Vários taludes verticais, nos fundos de residências, representam perigo moderado para quedas de solo.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial na meia encosta inferior, com taludes verticais de até 3 m atrás das edificações, em torno das quais acumula-se lixo e há vazamento de esgoto doméstico.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares e alta para queda de solo em taludes escavados.

BB-12

Controle: AA-194, 195a, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209.

Perfis: AA-194, 195a, 197, 198, 200, 202, 207, 209, ST-019, 020.

Movimentos de massa: MM-09, 21, 22.

Amostras: AM-016A, 016B, 016C.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 22-39^{o} para N10-70^{o}E. Quebra de relevo acentuada e extensa. Amplitude de 125 m.

Geologia. Dique de diabásio na encosta superior, no resto granito porfirítico, grosso e isótropo.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito granítico e granito porfirítico grosso, da encosta superior até a base da vertente.

AM-016 A (729.833W - 7.186.320N), barranco atrás das casas na meia encosta. Solo transportado marrom-amarelado com grânulos e seixos de quartzo em matriz silte-arenosa, porosa, sobre granito. Erodível.

AM-016 B, solo marrom avermelhado, transportado, cheio de seixos de quartzo, poroso. Não erodível.

AM-016 C, saprólito de granito. Erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Feições de instabilidade. Na meia encosta superior, deslizamento planar MM-21 junto a um dos limites da vertente, e outro pequeno MM-99 na meia encosta. Degraus de abatimento e matacões instáveis, com mais de 50% do diâmetro acima do solo, formando campos na encosta superior. Queda de solo em talude escavado, identificado como MM-09.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial na encosta inferior, com taludes verticais que não mostram indícios de erosão ou desmoronamento.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares e rolamento de matacões.

BB-13

Controle: AA-197, 200, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216.

Perfis: AA-213, 215, ST-016, 035.

Amostras: AM-015A, 015B.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 22-30^{o} para N20-30^{o}E. Amplitude de 85 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo.

Material inconsolidado. Solo transportado sobre saprólito granítico e granito porfirítico grosso, da encosta superior até a base da vertente.

AM-015 A (729.670W - 7.186.475N), solo marrom-amarelado, compacto, argiloso, prismático. Material transportado com seixos de quartzo, coletado a mais ou menos 1 m. Erodível.

AM-015 B, saprólito de granito. Erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Feições de instabilidade. Sem indícios de movimentos de massa, exceto parte de um depósito de detritos gerado pelo deslizamento planar MM-21 na vertente BB-12. Matacões na meia-encosta estão mais de 50% do diâmetro enterrados no solo. Taludes verticais nas residências não mostram sinais de erosão ou desmoronamento.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial na encosta inferior, com taludes verticais que não mostram indícios de erosão ou desmoronamento.

Predisposição. Moderada predisposição para enxurradas e baixa predisposição para deslizamentos planares e rolamento de matacões.

BB-14

Controle: AA-217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228.

Perfis: AA-217, 222, 225, 226, 227, 228, ST-012, 013.

Movimentos de massa: MM-11, 84.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 26-31^{o} para N35-50^{o}E e quebra de relevo na encosta superior. Amplitude de 60 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito granítico e granito porfirítico grosso, da encosta superior até a base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Feições de instabilidade. Deslizamento planar de pequeno porte na encosta inferior, sobre a rua, designado MM-84. Uma queda de solo e blocos na base da vertente (MM-11) e matacões em equilíbrio instável, com mais de 50% do diâmetro acima do solo.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial na meia encosta inferior, onde taludes verticais apresentam indícios de erosão e desmoronamentos.

Predisposição. Alta predisposição para enxurradas, deslizamentos planares, quedas de solo em taludes escavados e rolamentos de matacões.

BB-15

Controle: AA-229, 230, 231, 232, 233, 234.

Perfis: AA-230, 231, 233, ST-010.

Amostras: AM-001A, 001B.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, de pequena extensão, com declividade de 23-31^{o} para N10-23^{o}E, vale em V profundo e quebra de relevo na encosta superior. Amplitude de 40 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito granítico e granito porfirítico grosso, da encosta superior até a base da vertente.

AM-001 (729511W - 7186664N), barranco na entrada de casa acima do Portinho.

AM-001A. Colúvio fino silte-arenoso sobre granito porfirítico. Erodível.

AM-001B. Saprólito arenoso sobre granito porfirítico. Erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Drenagem intermitente no vale em V.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade na vertente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial na meia encosta inferior, com taludes verticais sem indícios de erosão ou desmoronamentos.

Predisposição. Baixa predisposição para enxurradas e movimentos gravitacionais de massa.

BB-16A

Controle: AA-235, 236, 237, 238, 239.

Perfis: AA-235, 236, 239.

Amostras: AM-005A, 005B.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 30-35^{o} para N52-60^{o}W. Amplitude de 125 (BB-16A) e 60 m (BB-16B).

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito granítico e granito porfirítico grosso, da encosta superior até a base da vertente.

AM-005 (729385W - 7186541N), corte em colúvio fino de anfibolito foliado com grãos de quartzo.

AM-005A, colúvio fino marrom-amarelado com 5% de grãos de quartzo em matriz argilosa compacta com passagem difusa abaixo a nível marrom-avermelhado. Erodível.

AM-005B, colúvio fino marrom-avermelhado com 5% de seixos de granito fino em matriz argilosa compacta. Erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade na vertente, além de algumas árvores inclinadas no fundo do vale e queda de solo na cabeceira do córrego intermitente, que forma ravinamento no solo espesso. Matacões isolados na encosta superior, sem sinais de instabilidade.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica.

Predisposição. Moderada predisposição para enxurradas e deslizamentos planares. Alta predisposição para erosão acelerada.

BB-16B

Controle: AA-240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 392, 394, 395, 396.

Perfis: AA-240, 241, 242, 244, 248, 392, 395, 396,ST-001, 014.

Movimentos de massa: MM-48, 59, 60.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 30-35^{o} para N52-60^{o}W. Amplitude de 125 (BB-16A) e 60 m (BB-16B).

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito granítico e granito porfirítico grosso, da encosta superior até a base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Feições de instabilidade. Três deslizamentos planares (MM, 23, MM-48 e MM-69), degraus de abatimento, árvores caídas, quebras de relevo e campos de matacões.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica.

Predisposição. Alta predisposição para enxurradas, deslizamentos planares e rolamento de matacões.

BB-17

Controle: AA-249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 393.

Perfis: AA-250, 252, 253, 256, 257, 393, ST-041, 042, 043.

Movimentos de massa: MM-61.

Amostras: AM-006A, 006B, 006C.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 26-31^{o} para N35-50^{o}E e quebra de relevo na encosta superior. Amplitude de 145 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo, localmente milonitizado em zona de contato com anfibolito, que não aflora na vertente.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito granítico e granito porfirítico grosso, da encosta superior até a base da vertente.

AM-006 (729315W - 7186239N), corte de 3,5 m em colúvio de anfibolito foliado com três cores: marrom-escuro, marrom-amarelado e marrom-avermelhado.

AM-006A, colúvio fino argiloso marrom-escuro de anfibolito foliado com matéria orgânica difusa e raízes. Erodível.

AM-006B, colúvio fino argiloso marrom-amarelado com grânulos de quartzo e seixos de granito fino. Erodível.

AM-006C, colúvio fino argiloso marrom-avermelhado com grânulos de quartzo e seixos de granito fino. Erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Feições de instabilidade. Na meia encosta superior, um deslizamento planar (MM-61) com mais de 150 m de extensão, árvores inclinadas e caídas, surgência d'água no topo do relevo e solo raso com topo do substrato rochoso planar. Degraus de abatimento sem sinais de reativação recente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial na base da vertente, limitada a um único morado na estrada do Tucunduva.

Predisposição. Alta predisposição para enxurradas e deslizamentos planares.

BB-18

Controle: AA-259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271.

Perfis: AA-259, 260, 263, 266, 270, 271, ST-044, 045.

Movimentos de massa: MM-62, 63, 64, 85.

Relevo. Vertente convexa em perfil e côncava em planta, com declividade de 27^{o} para N25-65^{o}W e de 34^{o} para N15^{o}E. Amplitude de 105 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo.

Material inconsolidado. Solo residual e colúvio grosso sobre saprólito básico, anfibolito milonitizado e quartzito milonítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Feições de instabilidade. Quatro deslizamentos planares de médio a grande porte (MM-49, MM-62, MM-64 e MM-85), degraus de abatimento, árvores inclinadas e quebra de relevo acentuada a montante de três residências. Sem matacões ou surgências d'água na encosta.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial relativamente densa e uma saibreira para extração de quartzito.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

BB-19

Controle: AA-275, 276, 277, 278, 279, 280, 281.

Perfis: AA-275, 277, 278, 280, 281, ST-046, 047.

Movimentos de massa: MM-65, 86.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 22^{o} para N5^{o}E e quebra de relevo na encosta superior. Amplitude de 35 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito anfibolítico e anfibolito foliado.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Feições de instabilidade. Um deslizamento planar na meia encosta inferior (MM-65), com árvores inclinadas e uma queda de solo em corte da estrada do Tucunduva (MM-86).

Intervenção antrópica. Ocupação residencial na meia encosta inferior, com taludes verticais sem indícios de erosão ou desmoronamentos.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares e quedas de solo em taludes escavados.

BB-20A

Controle: AA-282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290.

Perfis: AA-284, 285, 287, ST-048, 049, 050.

Movimentos de massa: MM-87.

Amostras: AM-007A, 007B.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 12-38^{o} para S60-90^{o}W. Amplitude de 35 m (BB-20A) e 40 m (BB-20B).

Geologia. Anfibolito foliado e quartzito intercalado com foliação vertical para N5^{o}W.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito anfibolítico e anfibolito foliado.

AM-007 (728791W - 7185842N), colúvio fino siltoso amarelado com fragmentos e seixos de quartzo-milonito sobre saprólito argiloso arroxeado de anfibolito foliado.

AM-007A, colúvio fino de anfibolito foliado com blocos de quartzito (quartzo-milonito). Não erodível.

AM-007B, saprólito de anfibolito foliado. Erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Feições de instabilidade. Dois deslizamentos planares recentes (MM-87 e MM-93) em taludes verticais, quebra de relevo, declividade alta, uma valeta aberta com 100 m de extensão e 0,70 m de profundidade logo acima da quebra de relevo.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial alta, com muitos cortes verticais atrás das casas, lixo acumulado e saibreira na base da vertente com talude vertical e desmoronamento.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

BB-20B

Controle: AA-291, 292, 293, 294, 295, 297, 298.

Perfis: AA-294, 295, 297.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 12-38^{o} para S60-90^{o}W. Amplitude de 35 m (BB-20A) e 40 m (BB-20B).

Geologia. Anfibolito foliado e quartzito intercalado com foliação vertical para N5^{o}W.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito anfibolítico e anfibolito foliado.

AM-007 (728791W - 7185842N), colúvio fino siltoso amarelado com fragmentos e seixos de quartzo-milonito sobre saprólito argiloso arroxeado de anfibolito foliado.

AM-007A, colúvio fino de anfibolito foliado com blocos de quartzito (quartzo-milonito). Não erodível.

AM-007B, saprólito de anfibolito foliado. Erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade na vertente

Intervenção antrópica. Ocupação residencial alta, com muitos cortes verticais atrás das casas, lixo acumulado e saibreira na base da vertente com talude vertical e desmoronamento.

Predisposição. Baixa predisposição para enxurradas e movimentos gravitacionais de massa.

BB-21A

Controle: AA-299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306.

Perfis: AA-300, 301, 303, 306.

Movimentos de massa: MM-07, 56, 66, 67, 68, 69.

Amostras: AM-008A, 008B, 008C.

Relevo. Vertente côncava em perfil e em planta, com declividade de 10-30^{o} para S10-60^{o}W. Amplitude de 90 m (BB-21B) e 95 m (BB-21C).

Geologia. Anfibolito foliado e quartzito intercalado com foliação vertical para N5^{o}W.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito anfibolítico e anfibolito foliado.

AM-008 (729155W - 7185669N), escarpa de queda de solo atrás da casa do Paulo da Ecovia em colúvio grosso de matriz argilosa e blocos subangulosos placóides de anfibolito foliado e granito foliado fino sobre saprólito de anfibolito foliado com lentes e filonetes centimétricos de quartzo-feldspato.

AM-008A, colúvio argiloso amarelado com grânulos de quartzo e raízes. Não erodível.

AM-008B, matriz de colúvio grosso com blocos 5-15 cm de anfibolito foliado e granito foliado fino em matriz argilosa marrom-avermelhada. Erodível.

AM-008C, matriz na base do colúvio grosso com blocos 10-15 cm de anfibolito foliado e granito foliado fino em matriz argilosa arroxeada. Erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Na meia encosta inferior ocorrem sulcos de erosão concentrada, loteamentos em terraços abandonados e acúmulo de água com grande quantidade de lixo doméstico. Quedas de solo em taludes escavados.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial densa, com taludes verticais junto a várias casas, cujas alturas que chegam a ultrapassar 10 m. Lixo acumulado no entorno das casas e nos fundos de vale, na base da vertente.

Predisposição. Alta predisposição para enxurradas e erosão acelerada, baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BB-21B

Controle: AA-307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322.

Perfis: AA-307, 308, 310, 311, 314, 315, 316, 317, 319, 321, 322,ST-051, 052, 053, 054, 055.

Movimentos de massa: MM-07, 56, 66, 67, 68, 69.

Relevo. Vertente côncava em perfil e em planta, com declividade de 10-30^{o} para S10-60^{o}W. Amplitude de 90 m (BB-21B) e 95 m (BB-21C).

Geologia. Anfibolito foliado e quartzito intercalado com foliação vertical para N5^{o}W.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito anfibolítico e anfibolito foliado.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Sete deslizamentos planares de médio porte (MM-07, MM-56, MM-66, MM-67, MM-68, MM-69 e MM-88) e trincas recentes na meia encosta superior, onde há material represado por troncos, alta declividade e quebras de relevo, sulcos de erosão concentrada e árvores caídas. Na meia encosta inferior ocorrem sulcos de erosão concentrada, loteamentos em terraços abandonados e acúmulo de água com grande quantidade de lixo doméstico.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial densa, com taludes verticais junto a várias casas, cujas alturas chegam a ultrapassar 10 m. Lixo acumulado no entorno das casas e nos fundos de vale, na base da vertente.

Predisposição. Alta predisposição para enxurradas, deslizamentos planares e erosão acelerada.

BB-22

Controle: AA-323,324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332.

Perfis: AA-323, 324, 328, 329, 330, 332, ST-056.

Movimentos de massa: MM-32, 69.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 10-30^{o} para S25^{o}W a S65^{o}E. Amplitude de 102 m.

Geologia. Anfibolito foliado intercalado com foliação vertical para N5^{o}W.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito anfibolítico e anfibolito foliado.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior, com plantação de palmito e banana.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Dois deslizamentos planares de médio porte (MM-32 e MM-69), árvores caídas, ondulações no terreno, trincas, surgências de água e dois tanques abandonados na base.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base. Uma casa de baixo padrão construtivo destruída por movimento de massa. Lixo acumulado no entorno das casas e nos fundos de vale, na base da vertente.

Predisposição. Alta predisposição para enxurradas e deslizamentos planares.

BB-23

Controle: AA-333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341.

Perfis: AA-333, 334, 335, 337, 339.

Movimentos de massa: MM-33, 53, 71, 72, 73, 74, 75.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 26-32^{o} para S30-40^{o}E. Forma uma sela entre os morros do Bom Brinquedo e da Cruz. Amplitude de 112 m.

Geologia. Anfibolito foliado intercalado com foliação vertical para N5^{o}W.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito anfibolítico e anfibolito foliado.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior, com plantação de palmito e banana.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Sete deslizamentos planares de grande a pequeno porte (MM-33, MM-53, MM-71, MM-72, MM-73, MM-74 e MM-75), degraus de abatimento, terreno ondulado por rastejo de solo, matacões na meia encosta superior com mais de 50% do diâmetro acima do solo, surgências de água e solapamento de drenagem na base.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base, com 9 casas que não foram atingidas pelos detritos em março de 2011. Lixo acumulado no entorno das casas e nos fundos de vale, na base da vertente.

Predisposição. Alta predisposição para enxurradas, deslizamentos planares e rolamento de matacões.

BB-24

Controle: AA-342, 343, 344, 345, 346, 347, 349.

Perfis: AA-346, 347.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 17^{o} para S40^{o}W. Amplitude de 35 m.

Geologia. Anfibolito foliado intercalado com foliação vertical para N5^{o}W.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito granítico e granito foliado (milonitizado).

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior, com plantação de palmito e banana.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade na vertente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base. Lixo acumulado no entorno das casas e nos fundos de vale, na base da vertente.

Predisposição. Baixa predisposição para enxurradas e movimentos gravitacionais de massa.

BB-25

Controle: AA-348, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362.

Perfis: AA-348, 350, 356, 357, ST-064.

Movimentos de massa: MM-52, 89.

Amostras: AM-012A, 012B, 012C.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 23-36^{o} para S50^{o}W. Amplitude de 130 m.

Geologia. Anfibolito foliado intercalado com foliação vertical para N5^{o}W.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito granítico e granito foliado (milonitizado).

AM-012 A (729.536W - 7.185.902N), cabeceira de movimento de massa do Morro do Bom Brinquedo. Solo transportado marrom-amarelado com seixos de quartzo a 1 m de profundidade na escarpa. Erodível.

AM-012 B, solo de granito na cabeceira de movimento de massa do Buraco da Onça a 1,50 m de profundidade na escarpa. Cor marrom-avermelhado, poroso e arenoso. Erodível.

AM-012 C, saprólito de granito de cor creme a mais ou menos 2 m da escarpa, próximo ao topo da vertente. Erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior, com plantação de palmito e banana.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Dois deslizamentos planares recentes (MM-52 e MM-89), um pequeno e outro de grandes dimensões com material represado na

confluência com outro formado na vertente BB-23 (MM-75), surgências, sumidouros, sulcos de erosão e abundantes matacões na encosta superior. Várias quebras de relevo. Acúmulo de água na base. Árvores caídas e inclinadas, quedas de solo em taludes escavados.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base. Lixo acumulado no entorno das casas e nos fundos de vale, na base da vertente.

Predisposição. Alta predisposição para enxurradas, deslizamentos planares e rolamento de matacões.

BB-26

Controle: AA-100, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376.

Perfis: AA-364, 372, ST-065, 066.

Movimentos de massa: MM-43, 44, 90.

Amostras: AM-014A, 014B.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 13-31^{o} para S40^{o}W a S60^{o}E. Amplitude de 90 m.

Geologia. Anfibolito foliado intercalado com foliação vertical para N5^{o}W.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito granítico e granito foliado (milonitizado).

AM-014 A (729.732W - 7.185.655N), solo marrom-amarelado – movimento de massa acima do corpo de bombeiros, argiloso, compacto e com grânulos de quartzo. Solo transportado coletado a mais ou menos 0,70 m. Erodível.

AM-014 B, solo marrom-avermelhado, argiloso, compacto com grânulos e seixos de quartzo. Material transportado, coletado a mais ou menos 2,30 m. Erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior, com plantação de palmito e banana.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Três deslizamentos planares (MM-43, MM-44 e MM-90), degraus de abatimento e quebras de relevo. Matacões formam campos na encosta superior, vários com evidências de equilíbrio instável (mais de 50% do diâmetro acima do terreno).

Intervenção antrópica. Sem intervenção antrópica significativa. Ocupação residencial incipiente na base.

Predisposição. Alta predisposição para enxurradas, deslizamentos planares e rolamento de matacões.

BB-27

Controle: AA-100, 101, 380, 381, 382, 383, 384, 385.

Perfis: AA-381.

Movimentos de massa: MM-81.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20-29^{o} para S30^{o}Wa S20^{o}E. Amplitude de 50 m.

Geologia. Anfibolito foliado intercalado com foliação vertical para N5^{o}W.

Material inconsolidado. Solo residual no topo do relevo e transportado sobre saprólito granítico e granito foliado (milonitizado).

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior, com plantação de palmito e banana.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Um deslizamento planar de pequeno porte (MM-81), degraus de abatimento, matacões na encosta superior e quebras de relevo.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base. Sem intervenção antrópica significativa, exceto estrada aberta na meia encosta inferior.

Predisposição. Alta predisposição para enxurradas, deslizamentos planares e rolamento de matacões.

6.2.2 Morro da Cruz

CR-01

Controle: AA-397, 398, 399, 400, 401, 402.

Perfis: AA-397, 399.

Movimentos de massa: MM-34, 35,91.

Amostras: AM-010.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20-30^{o} para N25^{o}W. Amplitude de 32 m.

Geologia. Anfibolito foliado intercalado com foliação vertical para N5^{o}W.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino e grosso) de anfibolito milonitizado.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior, com plantação de palmito e banana.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Dois deslizamentos planares (MM-34 e MM-91) na meia encosta inferior contribuem para o assoreamento de tanques no fundo do vale. Queda de solo com fluxo de lama de curto trânsito (MM-35) em talude escavado atrás de residências, das quais uma foi invadida. Árvores inclinadas no entorno dos movimentos de massa.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial densa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares e quedas de solo em taludes escavados.

CR-02

Controle: AA-403, 404, 405, 406, 407.

Perfis: AA-404, 406.

Movimentos de massa: MM-92.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 14-20^{o} para S15-50^{o}W. Amplitude de 30 m.

Geologia. Anfibolito foliado intercalado com foliação vertical para N25^{o}E.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino e grosso) de anfibolito milonitizado.

AM-010 (729319W - 7185533N), saprólito de anfibolito foliado coberto por colúvio grosso com blocos placóides 10-50 cm de anfibolito foliado em matriz argilosa homogênea.

AM-010, matriz de colúvio grosso sobre anfibolito foliado. Erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior, com plantação de palmito e banana.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Um deslizamento planar de pequeno porte (MM-92) formado a partir de talude escavado, na meia encosta inferior.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial densa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio fino.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares e quedas de solo em taludes escavados.

CR-03

Controle: AA-408, 409, 410.

Perfis: AA-409.

Movimentos de massa: MM-37.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para N20^{o}E. Amplitude de 30 m.

Geologia. Anfibolito foliado intercalado com foliação vertical para N25^{o}E.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino e grosso) de anfibolito milonitizado.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior, com plantação de palmito e banana.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Um deslizamento planar (MM-37) provocado por talude escavado vertical e sem proteção, junto à estação de tratamento d'água da SAMAE.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial densa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em solo transportado, mas sem feições de instabilidade.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares e quedas de solo em taludes escavados.

CR-04

Controle: AA-411, 412, 413, 414, 415, 416, 417.

Perfis: AA-411, 413, 416.

Amostras: AM-009.

Movimentos de massa: MM-34, 36 (alimentam fluxo de lama).

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 30^{o} para N30^{o}E. Amplitude de 30 m.

Geologia. Anfibolito foliado intercalado com foliação vertical para N25^{o}E.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino e grosso) de anfibolito milonitizado.

AM-009 (729130W - 7185504N), escarpa de deslizamento planar em colúvio fino argiloso fortemente prismático com prismas lenticularizados de 10-15 x 20-25 cm separados por fendas anastomosadas com 0,5 cm de largura.

AM-009, colúvio fino argiloso sobre anfibolito foliado. Não erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior, com plantação de palmito e banana.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente. Tanques na base da vertente foram assoreados e destruídos parcialmente pelos detritos.

Feições de instabilidade. Dois deslizamentos planares de pequeno porte na meia encosta (MM-34 e MM-36) contribuem para assoreamento do fundo de vale, combinados com materiais transportados da vertente oposta. Degraus de abatimento recentes ao lado dos movimentos de massa.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares e fluxos de lama.

6.2.3 Morro do Portinho

PO-01

Controle: AA-418, 419, 420, 421.

Perfis: AA-418.

Amostras: AM-003A, 003B, 003C.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para N70^{o}W a S30^{o}W. Amplitude de 50 m.

Geologia. Anfibolito foliado intercalado com foliação vertical para N25^{o}E.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino e grosso) de anfibolito milonitizado.

AM-003 (729210W - 7186710N), corte em anfibolito foliado com lentes de granito foliado e solo transportado argiloso, marrom-amarelado com seixos de anfibolito e granito foliado fino e grânulos de quartzo.

AM-003A, colúvio fino marrom-amarelado sem grânulos de quartzo sobre anfibolito foliado. Erodível.

AM-003B, saprólito marrom-amarelado de anfibolito foliado com grânulos de quartzo. Erodível.

AM-003C, saprólito arroxeado de anfibolito foliado sem grânulos de quartzo. Não erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior, com plantação de palmito e banana.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Degraus de abatimento, terreno ondulado, quebra de relevo e árvores inclinadas, mas sem movimentos de massa recentes.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial e desmatamento na meia encosta inferior, onde passa a estrada do Portinho. Taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

PO-02

Controle: AA-422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429.

Perfis: AA-427, 428.

Movimentos de massa: MM-57.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20-27^{o} para S10-25^{o}W. Amplitude de 47 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino e grosso) sobre saprólito e granito.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior, com plantação de palmito e banana.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Dois deslizamentos planares, um de pequeno porte (MM-57) e outro de grande porte (MM-58) no limite com a vertente PO-03, degraus de abatimento, terreno ondulado, quebra de relevo e árvores inclinadas.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial e desmatamento na meia encosta inferior, onde passa a estrada do Portinho. Taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio, sem sinais de erosão ou queda de solo.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

PO-03

Controle: AA-430, 431, 432, 433, 434, 435.

Perfis: AA-434.

Movimentos de massa: MM-58.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20-27^{o} para N60-90^{o}E a S15^{o}E. Amplitude de 55 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino e grosso) sobre saprólito e granito.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior, com plantação de palmito e banana.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Deslizamento planar de grande porte (MM-58) no limite com a vertente PO-02. Degrau de abatimento antigo sem sinais de reativação recente.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial incipiente, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio, sem evidências de erosão.

Predisposição. Alta predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PO-04

Controle: AA-436, 437, 438, 439, 440.

Perfis: AA-436, 437, 439, 440.

Amostras: AM-002A, 002B, 004A, 004B.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para N0-10^{o}E. Amplitude de 40 m.

Geologia. Granito porfirítico, grosso e isótropo no setor E da vertente e anfibolito foliado no setor W.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino e grosso) sobre saprólito e granito a E e sobre anfibolito foliado a W da vertente.

AM-002 (729587W - 7186862N), fundações de casa a construir.

AM-002A, matriz de colúvio grosso argiloso marrom-amarelado sobre dique de diabásio. Sem dados geotécnicos.

AM-002B, **m**atriz de colúvio grosso argiloso marrom-avermelhado sobre dique de diabásio. Sem dados geotécnicos.

AM-004 (729508W - 7186931N), corte em granito porfirítico alterado creme grosso a médio coberto por saprólito e colúvio fino.

AM-004A, colúvio fino silte-argiloso compacto prismático com 10% de grãos de quartzo sobre granito porfirítico. Erodível.

AM-004B, saprólito arenoso sobre granito porfirítico alterado. Erodível.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior, com plantação de palmito e banana.

Água superficial. Drenagem intermitente nos fundos de vale, com pequena vazão permanente na meia encosta inferior e base da vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno. Matacões enterrados, sem evidências de equilíbrio instável.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio, com pequenas quedas de solo onde aflora anfibolito e o solo é argiloso.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

6.2.4 Morros do Quilômetro Quatro

QQ-01

Controle: AA-835, 837 e 838.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 8-19^{o} para S70^{o}W. Amplitude de 110 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno. Matacões enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio, com pequenas quedas de solo onde aflora gnaisse anfibolítico.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

QQ-02

Controle: AA-836 e 840.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 12^{o} para S40^{o}E. Amplitude de 110 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio, com pequenas quedas de solo onde aflora gnaisse anfibolítico.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

QQ-03

Controle: AA-833 e 834.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 23-27^{o} para S40^{o}W. Amplitude de 110 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Córrego permanente no flanco S do MM, com tanque para consumo doméstico.

Feições de instabilidade. Deslizamento rotacional, cadastrado como MM-01, com obras de contenção executadas, mostrando erosão superficial nas bermas. Ondulações no terreno, árvores caídas, trincas recentes acima da escarpa principal do deslizamento.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio, com pequenas quedas de solo.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos rotacionais.

QQ-04

Controle: AA-839.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 22^{o} para N70^{o}E. Amplitude de 80 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno. Matacões de anfibolito enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

QQ-05

Controle: AA-841, 842 e 843.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 12-17^{o} para N40-70^{o}E. Amplitude de 80 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno. Matacões esparsos com mais de 50% do diâmetro enterrados no solo.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio, com pequenas quedas de solo onde aflora gnaisse anfibolítico.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

QQ-06

Controle: AA-844.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 15^{o} para S80^{o}E. Amplitude de 80 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Córrego intermitente de baixa vazão a partir da meia encosta.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno. Matacões de gnaisse anfibolítico enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio, com pequenas quedas de solo onde aflora gnaisse anfibolítico.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

QQ-07

Controle: AA-845.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 23^{o} para S20^{o}W. Amplitude de 110 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente. Charco na base.

Feições de instabilidade. Degrau de abatimento na meia encosta indica MM antigo, sem sinais de reativação recente. Ondulações no terreno indicam rastejo de solo.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio, com pequenas quedas de solo onde aflora gnaisse anfibolítico.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

6.2.5 Morros do Barigui

BA-01

Controle: AA-773

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 13^{o} para N70^{o}E. Amplitude de 40 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-02

Controle: AA-774 e 775

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para N70^{o}E. Amplitude de 40 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Degraus de abatimento sem reativação recente indicam movimento de massa antigo de pequeno porte

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

BA-03

Controle: AA-768 e 770

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 5-22^{o} para N10^{o}W. Amplitude de 60 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente. Tanque na base.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno. Matacões enterrados mais de 50% do diâmetro no solo

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-04

Controle: AA-768 e 772

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 25^{o} para N50^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Pequeno deslizamento planar MM-103 na meia encosta com árvores inclinadas na área de trânsito.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

BA-05

Controle: AA-768 e 769

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para S73^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Pequeno deslizamento planar MM-102 atrás de moradias, sem danos materiais. Árvores caídas na zona de trânsito.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

BA-06

Controle: AA-767 e 771

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para N20^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Drenagem intermitente a partir da meia encosta. Tanque na base.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-07

Controle: AA-766a

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para S13^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Deslizamento MM-101, de difícil classificação porque pode ser planar ou rotacional, devido ao desenvolvimento incipiente das feições, de pequeno porte e sem danos materiais às moradias próximas. Matacões enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa. Caixas d'água com vazamentos no solo.

Predisposição. Alta predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-08

Controle: AA-754

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 10^{o} para S75^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico e granito.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno. Matacões de anfibolito enterrados mais de 50% de diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-09

Controle: AA-780

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 26^{o} para N40^{o}W. Amplitude de 50 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Pequeno deslizamento planar na meia encosta com árvores caídas na área de trânsito. Matacões enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa. Cortes e aterros sem evidências de instabilização.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

BA-10

Controle: AA-786

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para N10^{o}E. Amplitude de 40 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Campo aberto, provavelmente desmatamento antigo.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-11

Controle: AA-778

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 12^{o} para S75^{o}E. Amplitude de 40 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno. Matacões de anfibolito enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-12

Controle: AA-777

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 15^{o} para S10^{o}E. Amplitude de 40 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-13

Controle: AA-776

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 14^{o} para S60^{o}W. Amplitude de 40 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-14

Controle: AA-781 e 784

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 5-18^{o} para N10-80^{o}E, crescendo para o topo. Amplitude de 40 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento e campo na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-15

Controle: AA-781 e 785

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 5-14^{o} para N80^{o}E, crescendo para o topo. Amplitude de 40 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento e campo na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-16

Controle: AA-782 e 783

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 2-12^{o} para N40-70^{o}E. Amplitude de 40 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-17

Controle: AA-756, 757

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 12^{o} para N50-60^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Granito porfirítico médio.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio grosso e fino) sobre saprólito de granito.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Drenagem intermitente a partir da meia encosta.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno. Matacões de anfibolito enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-18

Controle: AA-758, 761

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 5-28^{o} para N70^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Granito porfirítico fino

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio grosso e fino) sobre saprólito de granito.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Drenagem intermitente a partir da meia encosta.

Feições de instabilidade. Degraus de abatimento sem reativação recente indicam movimento de massa antigo, de pequeno porte. Matacões de anfibolito enterrados mais de 50% no solo.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

BA-19

Controle: AA-759, 760

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 24^{o} para N40^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico na parte W e granito porfirítico médio a E.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico e granito.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento generalizado na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-20

Controle: AA-763, 764

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 15-25^{o} para N40^{o}E. Amplitude de 30 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio grosso) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento e campo na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno..

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-21

Controle: AA-762, 764

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 25^{o} para N90^{o}E. Amplitude de 30 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-22

Controle: AA-764, 765

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 25^{o} para N70^{o}W. Amplitude de 30 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

BA-23

Controle: AA-753

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 22^{o} para N70^{o}E. Amplitude de 80 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio grosso) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Árvores inclinadas sem outras feições de movimentação do terreno sugerem rastejo de solo.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

6.2.6 Morros do Saivá

SA-01

Controle: AA-787 e 788

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 4-12^{o} para N40^{o}W. Amplitude de 30 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-02

Controle: AA-787 e 789

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 7-10^{o} para N30^{o}E. Amplitude de 30 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-03

Controle: AA-787 e 823

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 5^{o} para N90^{o}E. Amplitude de 30 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas. Próximo á rua de entrada na cidade.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-04

Controle: AA-787 e 822

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 23^{o} para S50^{o}W. Amplitude de 30 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-05

Controle: AA-800 e 801

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 15^{o} para N45^{o}E. Amplitude de 50 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-06

Controle: AA-802 e 803

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 15-18^{o} para S05^{o}E. Amplitude de 50 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Drenagem intermitente na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-07

Controle: AA-797 e 804

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 5-12^{o} para S70^{o}E. Amplitude de 50 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-08

Controle: AA-796

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para S85^{o}W. Amplitude de 50 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-09

Controle: AA-798

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para S45^{o}W. Amplitude de 50 m.

Geologia. Diabásio em blocos rolados.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de diabásio.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno. Matacões de diabásio mais de 50% do diâmetro enterrados no solo.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-10

Controle: AA-799

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 15^{o} para N35^{o}W. Amplitude de 50 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-11

Controle: AA-825, 793

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 30^{o} para N50^{o}E. Amplitude de 80 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente. Tanque na base da vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas. Talude com feições de erosão acelerada: incisões e leques de sedimentos finos.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa. Alta predisposição para erosão acelerada.

SA-12

Controle: AA-825, 794

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 16^{o} para S40^{o}E. Amplitude de 80 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-13

Controle: AA-825, 795

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 18^{o} para S30^{o}W. Amplitude de 80 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-14

Controle: AA-816, 819

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 18^{o} para S40-90^{o}W. Amplitude de 80 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-15

Controle: AA-791, 818

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para S45^{o}W. Amplitude de 80 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-16

Controle: AA-790, 819

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 15^{o} para S85^{o}W. Amplitude de 80 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno. Erosão acentuada com ravinamento e sulcos de erosão.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa. Alta predisposição para erosão.

SA-17

Controle: AA-820, 821, 825

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 13-20^{o} para N45^{o}W. Amplitude de 80 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-18

Controle: AA-811, 813

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para N50^{o}E. Amplitude de 80 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio grosso) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno. Pequenos matacões de gnaisse enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas, cortados em colúvio.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-19

Controle: AA-812, 814

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para N20^{o}E. Amplitude de 80 m.

Geologia. Gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino e grosso) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-20

Controle: AA-824, 825

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para N25^{o}E. Amplitude de 80 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas. Talude vertical com sinais de desmoronamento atrás de uma casa.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-21

Controle: AA-828, 829, 830

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 6-12^{o} para S40^{o}E a S5^{o}W. Amplitude de 60 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-22

Controle: AA-828, 831

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 14^{o} para N35^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-23

Controle: AA-806

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 10^{o} para S40^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-24

Controle: AA-827

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 18^{o} para S80^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-25

Controle: AA-805, 828

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 22^{o} para S45^{o}W. Amplitude de 60 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-26

Controle: AA-807

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 5^{o} para N0^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-27

Controle: AA-827

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 18^{o} para S80^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-28

Controle: AA-809, 826

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 14^{o} para S20^{o}E. Amplitude de 60 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

SA-29

Controle: AA-808, 809, 810

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 10^{o} para S55^{o}W. Amplitude de 60 m.

Geologia. Granito intercalado a gnaisse anfibolítico.

Material inconsolidado. Solo transportado (colúvio fino) sobre saprólito de gnaisse anfibolítico.

Vegetação. Mata atlântica secundária e rala, com serrapilheira rasa. Desmatamento na base e meia encosta inferior.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação do terreno.

Intervenção antrópica. Área com ocupação residencial esparsa, com desmatamento e taludes verticais nos fundos das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

6.2.7 Morro da Caixa d'Água

CA-01

Acesso proibido pelo proprietário.

CA-02

Controle: AA-609, 610.

Perfis: ST-220, 221.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20-22^{o} para S5-10^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente. Pequena escarpa na base da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) e diabásio em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem perene na base, com desvio para contribuição de água e assoreamento por deslizamento planar recente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de grande porte, com serrapilheira espessa.

Feições de instabilidade. Pequeno deslizamento planar recente MM-104 com escarpa de 3 m de altura por 10 m de largura e 15 m de comprimento no sentido do fluxo, à margem do córrego.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica, exceto corte em nível ao longo da vertente, com 2 m de largura e 1,50 m de altura, para escoamento de água até uma caixa d'água antiga.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

CA-03

Controle: AA-606, 607.

Perfis: ST-219.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 15^{o} para S40^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio a grande porte, com serrapilheira rasa e raízes expostas. Desmatamento na base para pastagem.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação no terreno.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica, exceto desmatamento na base para pastagem.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-04

Controle: AA-603, 604, 605.

Perfis: ST-217, 218.

Relevo. Vertente convexa em perfil e côncava em planta, com declividade de 16-21^{o} para S40-75^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem perene na base da vertente, com represamento.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio a grande porte, com serrapilheira rasa e raízes expostas. Desmatado na base da vertente para plantio de gramíneas e criação de gado.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação no terreno.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica, exceto desmatamento na base para pastagem.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-05

Controle: AA-601, 602.

Perfis: ST-

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20^{o} para S45-55^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem perene na base da vertente, com represamento.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio a grande porte, com serrapilheira rasa e raízes expostas. Desmatado na base da vertente para plantio de gramíneas e criação de gado.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação antrópica incipiente, com cultivo de banana, cana e mandioca e desmatamento na base para pastagem.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-06

Controle: AA-595, 596.

Perfis: ST-

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 15-18^{o} para S20-45^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem perene na base da vertente, com represamento.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio a grande porte, com serrapilheira rasa e raízes expostas.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação no terreno.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica, exceto desmatamento na base para pastagem.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-07

Controle: AA-592, 593, 594.

Perfis: ST-

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 14-20^{o} para S12-45^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem perene na base da vertente, com represamento em dois locais e banhado.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio a grande porte, com serrapilheira rasa e raízes expostas. Desmatado na base da vertente para plantio de palmito, pastagem e criação de gado.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação no terreno, exceto sulcos de erosão e árvores inclinadas acima da rua.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica, exceto desmatamento na base para pastagem.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa. Moderada predisposição para erosão acelerada.

CA-08

Controle: AA-589.

Perfis: ST-212.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e suavemente convexa em planta, com declividade de 13^{o} para S16^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem perene na base da vertente, com represamento. Tanque com 7 x 5 m na calha da drenagem, para gado.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa e raízes expostas. Desmatado na base da vertente para plantio de pastagem e criação de gado.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica, exceto desmatamento na base para pastagem.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-09

Controle: AA-586, 587, 588.

Perfis: ST-211, 214.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e suavemente convexa em planta, com declividade de 12-15^{o} para S13-40^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem perene na base da vertente, com represamento. Tanque com 70 x 20 m na calha da drenagem.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio a grande porte, com serrapilheira rasa e raízes expostas. Desmatado na base da vertente para plantio de pastagem e criação de gado.

Feições de instabilidade. Pequeno sulco de erosão e algumas árvores inclinadas na meia encosta, provavelmente devido a rastejo de solo, sem árvores caídas ou movimentos de massa.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica, exceto desmatamento na base para pastagem.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares e erosão acelerada.

CA-10

Controle: AA-580, 581, 582, 583, 584, 585.

Perfis: ST-210, 215, 216.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e suavemente convexa em planta, com declividade de 5-25^{o} para S13-50^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio a grande porte, com serrapilheira rasa e raízes expostas. Desmatado na base da vertente.

Feições de instabilidade. Pequeno sulco de erosão e algumas árvores inclinadas na meia encosta, devido a rastejo de solo, sem árvores caídas ou movimentos de massa.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica, exceto desmatamento na base para pastagem.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares e erosão acelerada.

CA-11

Controle: AA-616, 617.

Perfis: ST-

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 10-25^{o} para S30-42^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente. Quebra de relevo acima da Alameda Guarapirocaba.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas e anfibolíticas de 1-2 mm) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Sem drenagem na vertente, exceto banhado abaixo da rua.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio a grande porte, com serrapilheira rasa e raízes expostas. Desmatado e bananeiras na base da vertente.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com pequeno desmoronamento em corte atrás de uma casa, sem atingi-la. Caixa d'água atrás de uma casa, sem vazamentos.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-12

Controle: AA-578, 579.

Perfis: ST-213.

Relevo. Vertente suavemente convexa em perfil e em planta, com declividade de 0-3^{o} para S45^{o}W até S30^{o}E.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo na encosta e aluvião na planície.

Água superficial. Drenagem perene na base da vertente, com pequena vazão.

Vegetação. Desmatado para plantio de bananeiras e pastagem e criação de gado.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação antrópica incipiente, com pequenos cortes nas poucas casas da planície aluvial e lixo disperso no entorno.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-13

Controle: AA-575, 578.

Relevo. Vertente suavemente convexa em perfil e em planta, com declividade de 0-5^{o} para S45^{o}E.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo na encosta e aluvião na planície.

Água superficial. Drenagem perene na base da vertente, com pequena vazão.

Vegetação. Desmatado para plantio de bananeiras e pastagem e criação de gado.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação antrópica incipiente, com pequenos cortes nas poucas casas da planície aluvial.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-14

Controle: AA-576, 577.

Perfis: ST-

Relevo. Vertente suavemente convexa em perfil e em planta, com declividade de 10-18^{o} para N40-50^{o}W.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo na encosta e aluvião na planície.

Água superficial. Drenagem perene na base da vertente, com pequena vazão. Tanque pequeno na base da vertente, sobre o limite com a vertente CA-15.

Vegetação. Desmatado para plantio de bananeiras e pastagem e criação de gado.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação antrópica incipiente, com cortes de até 7 m de altura nas casas da planície aluvial e lixo disperso no entorno.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-15

Controle: AA-573, 574, 575.

Perfis: ST-

Relevo. Vertente suavemente convexa em perfil e em planta, com declividade de 14-17^{o} para N40-50^{o}W.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo na encosta e aluvião na planície.

Água superficial. Drenagem perene na base da vertente, com pequena vazão. Represamento com banhado na base da vertente, sobre o limite com a vertente CA-14.

Vegetação. Mata atlântica secundária rala, porte médio a grande, raízes superficiais.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação antrópica incipiente, com cortes de até 2 m de altura nas casas da planície aluvial e lixo disperso no entorno.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-16

Controle: AA-570, 571, 572.

Perfis: ST-

Relevo. Vertente suavemente convexa em perfil e em planta, com declividade de 11-24^{o} para S45-90^{o}W.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem perene na base da vertente, com pequena vazão. Vários tanques na base da vertente com 20 x 10 m.

Vegetação. Mata atlântica secundária de grande porte e serrapilheira espessa.

Feições de instabilidade. Sem árvores caídas ou outras feições de instabilidade. Terreno ondulado abaixo da Alameda Guarapirocaba indica 4 possíveis degraus de abatimento com 1,50 x 30 m, sem sinais de reativação recente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial ao longo da rua, com cortes e aterros bem compactados. Lixo disperso na vertente.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

CA-17

Controle: AA-566, 567, 568, 569.

Perfis: ST-

Relevo. Vertente suavemente convexa em perfil e em planta, com declividade de 11-24^{o} para S45-90^{o}W.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem perene na base da vertente, com pequena vazão.

Vegetação. Mata atlântica secundária de grande porte e serrapilheira espessa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial ao longo da rua, com cortes e aterros bem compactados. Lixo disperso na vertente.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-18

Controle: AA-561, 562, 563, 564.

Perfis: ST-

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 12-45^{o} para N2^{o}E até N60^{o}W. Quebra de relevo com 50 m de comprimento e voltado para N30^{o}E.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de grande porte e serrapilheira espessa. Desmatado acima da rua, em local com moradia demolida de baixo padrão construtivo.

Feições de instabilidade. Movimento de massa recente MM-105, aparentemente rotacional, com escarpa de 1,7 m de altura e 40 m de comprimento ao longo da Alameda Guarapirocaba. A montante, trinca aberta com 15 m de comprimento e rejeito de 0,2 m, paralela à escarpa do deslizamento. Árvores inclinadas e caídas no entorno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial ao longo da rua, com cortes e aterros bem compactados. Lixo disperso na vertente.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares e rotacionais.

CA-19

Controle: AA-557, 558, 559, 560.

Perfis: ST-

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 5-27^{o} para N40-50^{o}W.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados e alterado em cortes da Alameda Guarapirocaba.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente na meia encosta superior passando a perene acima da Alameda Guarapirocaba. Tanque de 5 x 5 m no canal de drenagem.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior. Plantação de bananeiras na meia encosta superior.

Feições de instabilidade. Deslizamento planar antigo MM-106 com degraus de abatimento de 0,70 x 25 m. Ravinamento e sulcos de erosão acima da rua, no bloco abatido do movimento de massa. Várias árvores inclinadas. Desmoronamento de corte atrás de uma casa.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial ao longo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas. Cortes verticais atrás das casas, com desmoronamentos localizados e de pequeno volume.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares e erosão acelerada.

CA-20

Controle: AA-555, 556, 618.

Perfis: ST-

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 10-33^{o} para N30-60^{o}W.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) em blocos rolados e alterado em cortes da Alameda Guarapirocaba.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente na meia encosta superior passando a perene acima da Alameda Guarapirocaba.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Deslizamento planar antigo com degraus de abatimento com 1,30 x 12 m logo acima da rua, com sinais de reativação recente. Várias árvores inclinadas.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

CA-21

Controle: AA-552, 553, 554.

Perfis: ST-

Relevo. Vertente côncava em perfil e convexa em planta, com declividade de 15-38^{o} para N55-60^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) e diabásio afloram em blocos rolados de 0,30-1,50 m parcialmente encobertos no solo.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente na meia encosta superior passando a perene acima da Alameda Guarapirocaba. Tanque de 5 x 5 m no leito da drenagem, acima de uma casa.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-22

Controle: AA-551.

Perfis: ST-

Relevo. Vertente côncava em perfil e convexa em planta, com declividade de 18^{o} para N40^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) e diabásio afloram em blocos rolados de 0,30-0,60 m.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Sem drenagem na vertente, que é a do cemitério municipal.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de movimentação no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente abaixo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-23

Controle: AA-441, 442, 443, 444.

Perfis: ST-68, 69, 70.

Relevo. Vertente convexo-côncava em perfil e convexa em planta, com declividade de 20-29^{o} para N55-60^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente. Cabeceira de drenagem em alvéolo logo abaixo do topo.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas quartzo-feldspáticas de 1-2 mm intercaladas) e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (0,15-0,30 m) e arredondados de diabásio (0,25-0,90 m) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente na meia encosta superior passando a perene acima da Alameda Guarapirocaba. Terreno encharcado abaixo da rua, até a base da vertente, ao longo do fundo do vale.

Vegetação. Mata atlântica secundária de médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior. Cultivo de banana e palmito na meia encosta até perto da Alameda Guarapirocaba.

Feições de instabilidade. Árvores de pequeno porte inclinadas na meia encosta superior. Dois sumidouros e um sulco de erosão para N10^{o}W na meia encosta superior. Quatro degraus de abatimento com 0,60 m x 30 m na meia encosta, com sinais de reativação recente, acima de um tanque, e outros abaixo da rua.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares e erosão acelerada

CA-24

Controle: AA-446, 447, 448.

Perfis: ST-71, 72.

Movimentos de massa: MM-13.

Relevo. Vertente convexo-côncava em perfil e convexa em planta, com declividade de 20-25^{o} para N15-90^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente. Vale simétrico com profundidade de 4-5 m abaixo da Alameda Guarapirocaba e até 10 m na meia encosta.

Geologia. Anfibolito foliado, quartzito e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado e quartzito (0,15-0,30 m) e arredondados de diabásio (0,25-0,90 m) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente na meia encosta superior passando a perene acima da Alameda Guarapirocaba. Terreno encharcado abaixo da rua, até a base da vertente, ao longo do fundo do vale.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior. Cultivo de banana e palmito na meia encosta até perto da Alameda Guarapirocaba.

Feições de instabilidade. Árvores de pequeno porte inclinadas e caídas na meia encosta superior. Fluxo de lama MM-13 aprofundou e alargou a drenagem acima da rua e gerou depósito de detritos abaixo dela, após material argiloso ter sido lavado pelas chuvas.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente acima e densa abaixo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares e corridas de lama.

CA-25

Controle: AA-450, 451, 452.

Perfis: ST-81, 84.

Relevo. Vertente convexo-côncava em perfil e retilínea em planta, com declividade de 10-30^{o} para N5-90^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente, com alterações devido a cortes e aterros próximos, principalmente acima da Alameda Guarapirocaba. Vale simétrico e encaixado, com até 10 m de profundidade.

Geologia. Anfibolito foliado e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) e raros arredondados de diabásio (30-60 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente na meia encosta superior passando a perene acima da Alameda Guarapirocaba. Manilhas de 60 cm abaixo da rua não dão conta da vazão em períodos de chuva intensa.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior. Cultivo de banana na meia encosta até perto da Alameda Guarapirocaba.

Feições de instabilidade. Árvores de médio porte inclinadas na meia encosta superior. Degraus de abatimento na meia encosta superior, com sinais de reativação recente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente abaixo e densa acima da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas. Corte e aterro em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra e aterros com até 60-80 cm de espessura, bem compactados.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

CA-26

Controle: AA-449, 453a, 454a, 455a,456a.

Perfis: ST-73, 75, 80.

Relevo. Vertente convexo-côncava em perfil e retilínea em planta, com declividade de 28-42^{o} para N0-30^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente, com alterações devido a cortes e aterros próximos, principalmente acima da Alameda Guarapirocaba. Vale aberto e simétrico, caracterizando mais vertente côncava no limite com a CA-05.

Geologia. Anfibolito foliado e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) e raros arredondados de diabásio (30-60 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente abaixo da Alameda Guarapirocaba.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior. Plantação de bananeiras abaixo do topo do relevo e acima de pequeno deslizamento planar.

Feições de instabilidade. Degraus de abatimento na meia encosta superior e abaixo do topo, com evidências de reativação recente. Árvores de médio a grande porte inclinadas na meia encosta superior. Distante da ocupação antrópica. Sulcos de erosão logo abaixo paralelos à declividade.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas. Corte e aterro em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra e aterros com até 60-80 cm de espessura, bem compactados.

Predisposição. Alta predisposição para movimentos gravitacionais de massa e moderada para erosão acelerada.

CA-27

Controle: AA-457a, 458a,459a.

Perfis: ST-78, 82, 83.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 20-30^{o} para N0-30^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente, com alterações devido a cortes e aterros próximos, principalmente acima da Alameda Guarapirocaba. Cabeceira de drenagem abaixo da rua, sem água corrente.

Geologia. Anfibolito foliado e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio fino acima da rua e grosso em direção à meia encosta superior, com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) e raros arredondados de diabásio (30-80 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente abaixo da Alameda Guarapirocaba.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior. Plantação de bananeiras abaixo do topo do relevo e acima de pequeno deslizamento planar.

Feições de instabilidade. Pequenos degraus de abatimento logo abaixo do topo, com sinais de reativação recente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas. Corte e aterro em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra e aterros com até 60-80 cm de espessura, bem compactados.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

CA-28

Controle: AA-460a, 461a, 462a, 463a,464a.

Perfis: ST-74, 79, 85, 86.

Relevo. Vertente convexo-côncava em perfil e retilínea em planta, com declividade de 22-35^{o} para N40-85^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente, com alterações devido a cortes e aterros próximos, principalmente acima da Alameda Guarapirocaba. Vale aberto e simétrico, caracterizando mais vertente côncava no limite com a CA-05, colmatado acima da Rua Soldado Vilmar Conrado de Oliveira.

Geologia. Anfibolito foliado e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio. Laje de anfibolito expõe foliação vertical para N20^{o}E.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) e raros arredondados de diabásio (30-60 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente abaixo da Alameda Guarapirocaba, com represamento por lixo acumulado e vários lançamentos de esgoto doméstico.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior. Plantação de bananeiras abaixo do topo do relevo e acima de pequeno deslizamento planar.

Feições de instabilidade. Degraus de abatimento na meia encosta superior e abaixo do topo, com evidências de reativação recente. Árvores de médio a grande porte inclinadas na meia encosta superior. Distante da ocupação antrópica. Sulcos de erosão logo abaixo paralelos à declividade.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas. Cortes em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra. Caixa d'água da SAMAE com capacidade de 25.000 L não apresenta sinais de vazamento.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares e erosão acelerada.

CA-29

Controle: AA-481, 482, 483.

Perfis: ST-94, 95, 96.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 12^{o} para N15^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) aflora em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino e argiloso, com até 4 m de espessura, sobre colúvio grosso com blocos de anfibolito foliado (15-30 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Sem drenagem na vertente, exceto banhado na base, abaixo da Alameda Guarapirocaba.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial densa ao longo da rua, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Cortes em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-30

Controle: AA-484, 485, 486.

Perfis: ST-91, 92.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 10-30^{o} para N60^{o}E, com uma escarpa vertical na meia encosta, aparentemente talude escavado antigo com até 8 m de altura.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) aflora em blocos rolados e em corte da rua.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Sem drenagem na vertente, exceto banhado na base, abaixo da Alameda Guarapirocaba.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa. Bastante desmatado acima da Alameda Guarapirocaba e nas ruas adjacentes.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial densa ao longo da rua, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Cortes em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra. Aterros de até 1 m de espessura mostram boa compactação. Talude escavado vertical com 60 m de comprimento e 2-5 m de altura sem sinais de erosão ou queda de solo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-31

Controle: AA-486, 487.

Perfis: ST-89, 90, 93.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 15-30^{o} para N30-45^{o}E, com uma escarpa vertical na meia encosta, aparentemente talude escavado antigo com até 8 m de altura, extensão da descrita na vertente CA-09.

Geologia. Diabásio aflora em blocos rolados e em corte da rua.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos arredondados de diabásio em matriz argilosa e homogênea. Matacões com até 12 m de diâmetro na base da encosta indicam depósito de piemonte sob o colúvio.

Água superficial. Sem drenagem na vertente, exceto banhado na base, abaixo da Alameda Guarapirocaba.

Vegetação. Desmatado acima da Alameda Guarapirocaba e nas ruas adjacentes.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade.

Intervenção antrópica. Zona urbanizada, com ocupação residencial densa, casas de médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Cortes em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra. Aterros de até 1 m de espessura mostram boa compactação.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-32

Controle: AA-490, 491, 492, 493.

Perfis: ST-111, 112, 113.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 15-30^{o} para N30-45^{o}E, com uma escarpa vertical na meia encosta, aparentemente talude escavado antigo com até 8 m de altura, extensão da descrita na vertente CA-09.

Geologia. Diabásio aflora em blocos rolados e em corte da rua.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos arredondados de diabásio em matriz argilosa e homogênea. Matacões com até 12 m de diâmetro na base da encosta indicam depósito de piemonte sob o colúvio.

Água superficial. Sem drenagem na vertente, exceto banhado na base, abaixo da Alameda Guarapirocaba.

Vegetação. Desmatado acima da Alameda Guarapirocaba e nas ruas adjacentes.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade.

Intervenção antrópica. Zona urbanizada, com ocupação residencial densa, casas de médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Cortes em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra. Aterros de até 1 m de espessura mostram boa compactação.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

CA-33

Controle: AA-494, 495, 496, 497, 498, 499.

Perfis: ST-76, 77, 87, 88, 111, 115.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexo-côncava em planta, com declividade de 12-32^{o} para N30-90^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) e raros arredondados de diabásio (30-60 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, exceto tanque com mais ou menos 30 m de diâmetro na base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Cortes em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

6.2.8 Morro da Antena

AN-01

Controle: AA-471a, 472a.

Perfis: ST-101, 102.

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 10-30^{o} para N0-15^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Alteração profunda de rocha básica, sem estruturas preservadas.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Deslizamento planar ou queda de solo em talude atrás da casa, descrito como MM-12.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas. Cortes rasos (< 2 m) em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

AN-02

Controle: AA-473a, 474a, 475a.

Perfis: ST-103, 104, 105.

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 5-28^{o} para N70-90^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Alteração profunda de rocha básica, sem estruturas preservadas.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente no limite E da vertente e de terreno encharcado, que forma banhado em períodos de chuva, em terraço provavelmente resultante de movimento de massa antigo.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Degraus de abatimento na meia encosta, sem sinais de reativação recente, e terraço acima da base da vertente indicam provável área de deposição de movimento de massa antigo.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas. Cortes rasos (< 2 m) em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

AN-03

Controle: AA-467, 476a, 477a, 478a.

Perfis: ST-106, 107, 108.

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 5-30^{o} para S0-80^{o}E, com quebra de relevo na meia encosta inferior.

Geologia. Anfibolito gnáissico, com bandas milimétricas de quartzo-feldspato alternadas às anfibolíticas, aflora em cortes nas casas, com foliação vertical para N20-25^{o}W.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito gnáissico em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Sem drenagem na vertente, exceto brejo abaixo da Alameda Guarapirocaba, sem água corrente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Queda de solo em talude escavado, subvertical, com até 6 m de altura, atrás de 5 casas sobre a Alameda Guarapirocaba. Árvores caídas e inclinadas.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas. Cortes rasos (< 2 m) em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

AN-04

Controle: AA-479a, 480a.

Amostras: ST-109, 110.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 25-30^{o} para S0-45^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Anfibolito gnáissico, com bandas milimétricas de quartzo-feldspato alternadas às anfibolíticas, aflora em cortes nas casas, com foliação vertical para N20-25^{o}W.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito gnáissico em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Sem drenagem na vertente, exceto brejo abaixo da Alameda Guarapirocaba, sem água corrente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Deslizamento planar antigo, de pequeno porte, com reativação recente, atrás de moradias.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas. Cortes de 3-5 m em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra, exceto no talude mencionado acima.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

AN-05

Controle: AA-465a, 466a.

Perfis: ST-97, 98.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 28-30^{o} para N35-40^{o}W, sem quebras de relevo.

Geologia. Anfibolito gnáissico, com bandas milimétricas de quartzo-feldspato alternadas às anfibolíticas, aflora em cortes nas casas, com foliação vertical para N20-25^{o}W.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Árvores de pequeno porte inclinadas na meia encosta superior, devido a rastejo de solo. Distante da ocupação antrópica. Sem feições de movimentação no terreno, que é liso e firme.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de médio padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

AN-06

Controle: AA-468, 470.

Perfis: ST-99, 100.

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 18-30^{o} para N05-25^{o}W, sem quebras de relevo.

Geologia. Alteração profunda de rocha básica, sem estruturas preservadas.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de médio padrão construtivo, com lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Fossas a céu aberto e despejos de esgoto atrás das casas. Depósito de lixo antigo atrás das casas, com umidade acumulada no solo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

6.2.9 Morro da Maria Luísa

ML-01

Controle: AA-506, 507, 508.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexo-côncava em planta, com declividade de 12-32^{o} para N30-90^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) e raros arredondados de diabásio (30-60 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, exceto tanque com mais ou menos 30 m de diâmetro na base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Cortes em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

ML-02

Controle: AA-509, 510, 511.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 7-17^{o} para N30-45^{o}E, em forma de V aberto e simétrico. Quebra de relevo com até 5 m de altura na meia encosta.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) e raros arredondados de diabásio (30-60 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, exceto banhado na base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial densa na base da vertente, com casas de médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

ML-03

Controle: AA-512, 513, 514.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 15-20^{o} para N30-60^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) em alguns cortes.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade, exceto sulcos incipientes de erosão concentrada.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial densa na base da vertente, com casas de médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa. Moderada predisposição para erosão acelerada.

ML-04

Controle: AA-515, 516.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexo-côncava em planta, com declividade de 10-19^{o} para N35-40^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) e raros arredondados de diabásio (30-60 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano e com blocos de diabásio no canal, que tem variações de gradiente ao longo da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial densa na base da vertente, com casas de médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

ML-05

Controle: AA-517, 518, 519.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 10-15^{o} para N25-40^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) e raros arredondados de diabásio (30-60 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, exceto banhado na base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial densa na base da vertente, com casas de médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

ML-06

Controle: AA-520, 521.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 16-27^{o} para N60-70^{o}E, com quebra de relevo no topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) e diabásio em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Degrau de abatimento antigo com 15 m de largura e 30 m de cicatriz, no sentido do fluxo, sem sinais de reativação recente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial densa na base da vertente, com casas de médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

ML-07

Controle: AA-522, 523.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 15-21^{o} para N50-80^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas).

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Terreno ondulado e degraus de abatimento antigos que se estendem por 15 m, no sentido da declividade, abaixo do topo da vertente, sem sinais de reativação recente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial densa na base da vertente, com casas de médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

ML-08

Controle: AA-524, 525.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 10-15^{o} para N30-45^{o}E.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) e raros arredondados de diabásio (30-60 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, exceto tanque de 20 x 20 m na base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Movimento de massa recente MM-109 acima do tanque, fora da base planialtimétrica.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial ao longo da rua, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Cortes em várias casas, com taludes verticais de 1-2 m de altura, sem sinais de queda recente de terra.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

ML-09

Controle: AA-526, 527, 528.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 11-15^{o} para N10-40^{o}W.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) e raros arredondados de diabásio (30-60 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, onde há desvio do canal, seco nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Deslizamento planar de pequeno porte MM-110 na meia encosta superior, com árvores inclinadas no entorno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial ao longo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Cortes em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra. Caixa d'água da SAMAE com corte e aterro na meia encosta.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

ML-10

Controle: AA-500, 501.

Perfis: ST-116, 117, 118.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexo-côncava em planta, com declividade de 12-32^{o} para N30-90^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) e raros arredondados de diabásio (30-60 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale. Cortes em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

ML-11

Controle: AA-503, 504, 505.

Perfis: ST-119, 120, 121.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexo-côncava em planta, com declividade de 12-32^{o} para N30-90^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) e raros arredondados de diabásio (30-60 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente ao longo da rua, com casas de baixo padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e

acumulado no fundo do vale. Cortes em várias casas, com taludes verticais sem sinais de queda recente de terra.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

ML-12

Controle: AA-529, 530, 531.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 10-23^{o} para N0-30^{o}E, com quebras suaves de relevo (<65^{o}).

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade, exceto algumas árvores de pequeno porte inclinadas, provavelmente devido a rastejo de solo.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial densa na base da vertente, com casas de médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

ML-13

Controle: AA-532, 533, 534.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexo-côncava em planta, com declividade de 23-28^{o} para N10-40^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente e com quebras suaves de relevo na meia encosta superior (< 65^{o}).

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) e diabásio afloram em blocos rolados e dentro do colúvio.

Material inconsolidado. Colúvio grosso com blocos placóides de anfibolito foliado (15-30 cm) e raros arredondados de diabásio (30-60 cm) em matriz argilosa e homogênea.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, exceto tanque com mais ou menos 30 m de diâmetro na base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial densa na base da vertente, com casas de médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

ML-14

Controle: AA-535, 536, 537.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 14-27^{o} para N0-5^{o}W, com uma quebra de relevo de 1,5 m de altura na meia encosta superior.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo, exceto blocos rolados de anfibolito gnáissico indicando colúvio grosso.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, exceto pequeno banhado na base.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Movimento de massa antigo com degrau de abatimento de até 1,5 m de altura e 10 m de comprimento, sem sinais de reativação recente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial na base da vertente, com casas de médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

ML-15

Controle: AA-538, 539, 540, 541.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexo-côncava em planta, com declividade de 15-22^{o} para N0-10^{o}E.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Queda de solo em talude escavado, identificado como MM-10, acima do qual ocorrem degraus de abatimento e trincas recentes, com

deslizamento planar de pequeno porte MM-111 imediatamente a S e outro sobre a rua MM-112, na base da vertente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial densa na base da vertente, com casas de médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

ML-16

Controle: AA-542, 543, 544.

Perfis: ST-164, 165.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexo-côncava em planta, com declividade de 15^{o} para N25-35^{o}E.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) em cortes profundamente alterados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Terreno liso, sem feições de instabilidade.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial esparsa na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno e acumulado no fundo do vale.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

ML-17

Controle: AA-545, 546, 547.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 12-23^{o} para N5^{o}E.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) e diabásio afloram em blocos rolados, o último na base da vertente.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, mas com caixa de coleta da SAMAE no canal, à meia encosta.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Deslizamento planar de pequeno porte MM-113 na meia encosta e degraus de abatimento na meia encosta inferior, longe da ocupação residencial.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

6.2.10 Morro da Penha

PE-01

Controle: AA-548, 549.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 25-35^{o} para N70^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Anfibolito gnáissico (bandas milimétricas de material quartzo-feldspático alternadas às anfibolíticas) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Deslizamento planar MM-114 com escarpa de 1,50 de altura, 15 m de largura e 100 m de comprimento no sentido do fluxo, com árvores caídas no entorno e na zona de trânsito do material.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno.

Predisposição. Alta predisposição para deslizamentos planares.

PE-02

Controle: AA-622 e 623.
Perfis: ST-237 e 238.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 8-15^{o} para N15^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito porfirítico grosso em blocos rolados. Mudança na cor do solo indica possível contato com anfibolito ou diabásio no topo da vertente.

Material inconsolidado. Colúvio grosso, argiloso e homogêneo, com blocos arredondados de granito com diâmetro de 0,5 a 1,5 m.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PE-03

Controle: AA-624 e 625.
Perfis: ST-239.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 5^{o} para N50^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito porfirítico grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio grosso, argiloso e homogêneo, com blocos arredondados de granito com diâmetro de 0,5 a 1,5 m.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano. Valeta para desvio do córrego na base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade na vertente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PE-04

Controle: AA-626.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 11-22^{o} para N5-25^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito porfirítico grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio grosso, argiloso e homogêneo, com blocos arredondados de granito com diâmetro de 0,5 a 1,5 m.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PE-05

Controle: AA-638, 639 e 640.
Perfis: ST-242, 243 e 246.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 11-22^{o} para N5-25^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito porfirítico grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio grosso, argiloso e homogêneo, com blocos arredondados de granito com diâmetro de 0,5 a 1,5 m.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno, exceto voçoroca.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa. Alta predisposição para erosão acelerada.

PE-06
Controle: AA-641 e 642.
Perfis: ST-240 e 241.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 21^{o} para N45^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito porfirítico grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio grosso, argiloso e homogêneo, com blocos arredondados de granito com diâmetro de 0,5 a 1,5 m.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária remanescente entre áreas de roçado com taquarais e samambaias.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade, exceto voçoroca ao longo da vertente voltada para S30^{o}E com 60 m de comprimento.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa. Alta predisposição para erosão acelerada.

PE-07
Controle: AA-640, 644 e 643.
Perfis: S-T243, 244 e 245.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 14-23^{o} para N25-75^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito porfirítico grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio grosso, argiloso e homogêneo, com blocos arredondados de granito com diâmetro de 0,5 a 1,5 m.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano. Banhado com plantação de bananeira na base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PE-08
Controle: AA-646 e 647.
Perfis: ST-248 e 254.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 15-21^{o} para N55-80^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito porfirítico grosso em blocos rolados. Localmente, afloram blocos de anfibolito gnáissico profundamente alterado.

Material inconsolidado. Colúvio grosso, argiloso e homogêneo, com blocos arredondados de granito com diâmetro de 0,5 a 1,5 m e subangulosos de anfibolito com 0,20 a 0,40 m.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno, exceto árvores inclinadas devido a rastejo de solo. Matacões de granito enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

PE-09
Controle: AA-649, 650 e 651.
Perfis: ST-247, 249 e 253.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 19-23^{o} para N55-80^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito porfirítico grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio grosso, argiloso e homogêneo, com blocos arredondados de granito com diâmetro de 0,5 a 1,5 m.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Gramíneas e arbustos em área de pastagem, sem árvores preservadas.

Feições de instabilidade. Sulcos de erosão com 70 m de comprimento e 0,5 m de profundidade ao longo da vertente, em área de loteamento. Matacões enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno. Loteamento na encosta inferior.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa. Alta predisposição para erosão acelerada.

PE-10
Controle: AA-653 e 654.
Perfis: ST-252 e 257.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 14-18^{o} para N70-85^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito porfirítico grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio grosso, argiloso e homogêneo, com blocos arredondados de granito com diâmetro de 0,5 a 1,5 m.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano. Banhado com plantação de bananeira na base da vertente.

Vegetação. Sem vegetação de grande porte, somente campo de pastagem.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade, exceto ravinamento incipiente. Matacões enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com pouco lixo disperso no entorno.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa. Alta predisposição para erosão acelerada.

PE-11
Controle: AA-655 e 656.
Perfis: ST-250 e 258.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 12^{o} para N72^{o}E.

Geologia. Granito porfirítico grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, arenoso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade, exceto ravinamento incipiente. Matacões enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa. Alta predisposição para erosão acelerada.

PE-12
Controle: AA-664, 665 e 682.
Perfis: ST-251 e 259.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 13^{o} para N35^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito porfirítico grosso alterado.

Material inconsolidado. Colúvio fino, arenoso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PE-13
Controle: AA-666 e 667.
Perfis: ST-255 e 256.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 18-23^{o} para N30-40^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito porfirítico grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio grosso, arenoso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, assoreada por entulhos na base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade, exceto árvores inclinadas devido a rastejo de solo. Matacões enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

PE-14
Controle: AA-678, 679, 680 e 681.
Perfis: ST-255 e 256.

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para S20-55^{o}E, sem quebras de relevo. Vale em V aberto simétrico.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente com vale entulhado por matacões de granito.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade. Matacões enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo. Pequeno corte na encosta para construção de moradia, sem feições de erosão.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PE-15
Controle: AA-676 e 677.
Perfis: ST-255 e 256.

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 10-20^{o} para S5-10^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso e diabásio em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, assoreada por entulhos na base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade. Matacões enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica na vertente, somente corte e aterro para construção residencial na meia encosta.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

6.2.11 Morro do Matarazzo

MA-01
Controle: AA-657 e 658.
Perfis: ST-263 e 264.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 10-23^{o} para N02^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito porfirítico grosso e diabásio em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argiloso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo, com cortes rasos e aterros bem compactados.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

MA-02
Controle: AA-659 e 660.
Perfis: ST-262 e 265.

Relevo. Vertente convexa em perfil e côncava em planta, com declividade de 20^{o} para N65^{o}E.

Geologia. Granito porfirítico grosso e diabásio (na meia encosta) em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, arenoso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade na vertente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

MA-03
Controle: AA-661 e 662.
Perfis: ST-261.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 4^{o} para N65^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito porfirítico grosso e anfibolito alterados em cortes.

Material inconsolidado. Colúvio fino, argilo-arenoso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

MA-04
Controle: AA-663.
Perfis: ST-260.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 13^{o} para N50^{o}W, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito porfirítico grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, arenoso e homogêneo.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa na meia encosta superior e espessa na meia encosta inferior.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade na vertente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

MA-05
Controle: AA-701 e 702.
Perfis: ST-255 e 256.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 10-15^{o} para N10-20^{o}W.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

MA-06
Controle: AA-703 e 704.
Perfis: ST-255 e 256.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 15-20^{o} para S30-40^{o}E.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade, exceto ravinamento incipiente na meia encosta inferior.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica na vertente.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa e moderada para erosão acelerada.

MA-07
Controle: AA-699 e 700.
Perfis: ST-255 e 256.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 15-20^{o} para S10-20^{o}W.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica na vertente.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

MA-08
Controle: AA-697 e 698.
Perfis: ST-255 e 256.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e convexa em planta, com declividade de 18-20^{o} para S30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica na vertente.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

MA-09
Controle: AA-691 e 692.
Perfis: ST-255 e 256.

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 18-25^{o} para S40-45^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Sem drenagem na vertente

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade na vertente.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica na vertente.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

MA-10
Controle: AA-689 e 690.
Perfis: ST-255 e 256.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 14-22^{o} para S36-40^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, assoreada por entulhos na base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica na vertente.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

MA-11
Controle: AA-687 e 688.
Perfis: ST-255 e 256.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 18-23^{o} para S30-40^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, assoreada por entulhos na base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Sem ocupação antrópica na vertente.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

MA-12
Controle: AA-685 e 686.
Perfis: ST-255 e 256.

Relevo. Vertente retilínea em perfil e côncava em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

MA-13
Controle: AA-693 e 694.
Perfis: ST-255 e 256.

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-20^{o} para N20-30^{o}W, aumentando da base para o topo da vertente.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Sem drenagem na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

MA-14
Controle: AA-695 e 696.
Perfis: ST-255 e 256.

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

6.2.12 Morros de Itapema

IT-01
Controle: AA-705, 709, 710

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

IT-02
Controle: AA-706, 707

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Degraus de abatimento com menos de 0,50 m de altura e 8-10 m de extensão, sem sinais de reativação recente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo. Árvores inclinadas.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

IT-03
Controle: AA-711, 712, 713

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade, exceto queda de solo em barranco de 1,50 m de altura, na estrada.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

IT-04
Controle: AA-717, 718, 719

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Queda de solo em talude escavado atrás de casa, terreno ondulado na meia encosta inferior.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

IT-05
Controle: AA-720, 721, 722

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

IT-06
Controle: AA-714

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

IT-07
Controle: AA-725, 726

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

IT-08
Controle: AA-723, 724, 725

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

IT-09
Controle: AA-715, 716

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

IT-10
Controle: AA-727, 728, 729

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

IT-11
Controle: AA-730, 731, 732

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

IT-12
Controle: AA-733, 734, 735

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

IT-13
Controle: AA-736, 737

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

IT-14
Controle: AA-738, 739

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

IT-15
Controle: AA-740, 741

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N30-40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

6.2.13 Morros da Ponta da Pita

PP-01
Controle: AA-750 e 751.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 21-28^{o} para N40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, assoreada por blocos de granito.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Deslizamento planar recente MM-15, de poucos metros de largura e extensão, com árvores inclinadas e caídas no percurso. Matacões enterrados mais de 50% no solo.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Alta predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PP-02
Controle: AA-743, 744 e 745.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 10-15^{o} para N0^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo. Pequeno tanque na base da vertente.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PP-03
Controle: AA-746 e 747.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-22^{o} para N55^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PP-04
Controle: AA-748 e 749.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-20^{o} para N40-50^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PP-05
Controle: AA-752, 753 e 754.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e côncava em planta (vale em V aberto), com declividade de 11-28^{o} para S75^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano. Banhado na base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Árvores inclinadas, aparentemente devido a rastejo de solo, queda de solo em talude escavado e matacões enterrados mais de 50% do diâmetro no solo.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

PP-06
Controle: AA-755 e 756.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e côncava em planta (vale em V fechado), com declividade de 12-16^{o} para S60^{o}W, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, assoreada por blocos de granito.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PP-07
Controle: AA-757 e 758.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e côncava em planta, com declividade de 13-28^{o} para N0-40^{o}E, com pequena quebra de relevo na meia encosta inferior.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Degraus de abatimento na meia encosta inferior indicam movimento de massa antigo, sem sinais de reativação recente, exceto árvores inclinadas no entorno, aparentemente da mesma época.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

PP-08
Controle: AA-759 e 760.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e côncava em planta, com declividade de 25^{o} para N40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Sem água corrente na vertente

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Árvores inclinadas sem outras feições de instabilidade do terreno associadas.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

PP-09
Controle: AA-761 e 762.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 5-25^{o} para N90^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Sem água corrente na vertente

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PP-10
Controle: AA-763 e 764.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 15-25^{o} para N40^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados, com anfibolito aflorando na maior parte da vertente, sem condições de confirmar contatos por falta de afloramentos.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PP-11
Controle: AA-765.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 25^{o} para S45^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Sem afloramentos na vertente.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PP-12
Controle: AA-766 e 767.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 10-18^{o} para S10^{o}W, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, assoreada por blocos de granito.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PP-13
Controle: AA-768 e 769.

Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 10-20^{o} para S20^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados, recortado por dique de diabásio sem espessura confirmada por falta de afloramentos.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano, assoreada por blocos de granito e diabásio. Banhado na base.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PP-14
Controle: AA-770.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 5^{o} para N0^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano. Banhado na base da vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com poucas casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PP-15
Controle: AA-771, 772 e 773.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e côncava em planta, com declividade de 10-15^{o} para N0^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

PP-16
Controle: AA-774 e 775.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 20-25^{o} para S15^{o}E, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Drenagem intermitente da meia encosta superior até a base da vertente, sem água corrente nesta época do ano.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Pequeno degrau de abatimento, indício de movimento de massa antigo, sem sinais de reativação recente.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Moderada predisposição para deslizamentos planares.

PP-17
Controle: AA-776 e 777.
Perfis: ST-

Relevo. Vertente convexa em perfil e em planta, com declividade de 18-24^{o} para S60^{o}W, sem quebras de relevo.

Geologia. Granito equigranular médio a grosso em blocos rolados.

Material inconsolidado. Colúvio fino, areno-argiloso e homogêneo, com blocos na superfície.

Água superficial. Sem água corrente na vertente.

Vegetação. Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com serrapilheira rasa.

Feições de instabilidade. Sem feições de instabilidade no terreno.

Intervenção antrópica. Ocupação residencial incipiente na base da vertente, com casas de baixo a médio padrão construtivo.

Predisposição. Baixa predisposição para movimentos gravitacionais de massa.

7. Descrição das áreas de risco

7.1 Critérios utilizados

Conforme explicado anteriormente, não foram caracterizadas na zona urbana de Antonina áreas de risco em função do valor esperado das perdas por acidentes naturais. Esta definição, que depende de análises sócio-econômicas, foge às atribuições da MINEROPAR. Para melhor atendimento aos objetivos e necessidades da Defesa Civil, foi optado por caracterizar áreas de risco com base em critérios qualitativos. Esta alternativa atende, da mesma forma, ao objetivo de priorizar a distribuição de medidas de proteção da população e da infraestrutura contra impactos de futuros movimentos de massa.

As enxurradas foram incluídas na avaliação, porque se associam muitas vezes à geração dos fluxos de lama e detritos. Além disto, a sua previsão depende mais da extensão e morfologia das bacias hidrográficas do que dos modelos matemáticos utilizados na previsão de outros acidentes hidrológicos, tais como alagamentos e enchentes, que devem ser analisados pelas instituições competentes do Governo do Estado.

O Quadro 8, a seguir, apresenta os critérios utilizados na definição dos níveis de risco. Ele mostra que o risco foi definido pela combinação dos vários níveis de predisposição do terreno para enxurradas e movimentos de massa com o padrão de uso e ocupação do solo. Este padrão é definido pela densidade e pela localização das edificações em relação ao trajeto esperado dos materiais deslocados: dentro do trajeto, a curta distância (até 50 m) e a longa distância do mesmo (mais de 50 m). Esta distância é estimada a partir e das margens da zona de trânsito e do final da zona de deposição de detritos, limites que em alguns locais são conhecidos e em outros foram estimados.

Desta maneira, é considerado de alto risco um local com alta predisposição para enxurradas e MGM de qualquer tipo e com alta densidade de ocupação a menos de 50 m dos limites da zonas de trânsito e deposição dos materiais deslocados. Dentro dos limites da zona de trânsito e deposição dos materiais provenientes de um MGM, com qualquer densidade de ocupação, a zona é

considerada de risco muito alto. Uma moradia construída no fundo de um vale sujeito a enxurradas e fluxos de lama ou detritos justifica classificar o local como de risco muito alto. Da mesma forma, uma moradia instalada junto à base de um talude escavado com 8 m de altura, sem obras de contenção e com evidências de desmoronamento ou ruptura, caracteriza o local como de risco muito alto.

A avaliação de predisposição das vertentes foi feita para tipos específicos de movimentos de massa, mas este critério não foi usado na caracterização dos níveis de risco. De qualquer maneira, a Defesa Civil e a Prefeitura Municipal devem priorizar a aplicação de medidas e obras de prevenção nas áreas com predisposição para fluxos de lama ou detritos. Esses processos são os mais perigosos, porque atingem maiores velocidades de deslocamento, consequentemente maior energia de impacto sobre os obstáculos e alcançam maiores distâncias a partir da sua origem.

Nível de risco	Predisposição do terreno	Uso e ocupação do solo
Muito alto	Alta predisposição para enxurradas e movimentos de massa de qualquer tipo.	Qualquer densidade de ocupação. Edificações construídas no trajeto de movimentos de massa recentes.
Alto		Alta densidade de ocupação. Distância menor do que 50 m do limite inferior do trajeto inferido de movimentos de massa.
Moderado	Moderada predisposição para enxurradas e movimentos de massa de qualquer tipo.	Baixa densidade de ocupação. Distância acima de 50 m do limite inferior do trajeto inferido de futuros movimentos de massa.
Baixo	Baixa predisposição para enxurradas e movimentos de massa de qualquer tipo.	

Quadro 8. Critérios para definição dos níveis de risco na área urbana de Antonina.

7.2 Morro do Bom Brinquedo

AR-01

Localização

Buraco da Onça, na encosta S do morro do Bom Brinquedo, sobre as ruas Thiago Peixoto, Isidoro Costa Pinto, 5 de Junho e Nestor de Castro.

Vertentes

A área de risco ocupa mais extensamente as vertentes BB-25 e BB-26, com contribuições parciais das vertentes BB-23, CR-01 e CR-04.

Relevo

Bacia hidrográfica com aproximadamente 8 ha, formada pelas vertentes BB-23, BB-25 e BB-26, com contribuição secundária das vertentes CR-01 e CR-04. Planície de dispersão de água e sedimentos com aproximadamente 2 ha.

As vertentes BB-25 e BB-26 são lineares em perfil e côncavas em planta, com declividade de 13-36^{o} para S40-50^{o}W a S60^{o}E e várias quebras de relevo. Alta instabilidade definida pela presença de deslizamentos planares, sulcos de erosão, abundantes matacões na encosta superior, com surgências de água e sumidouros na encosta inferior.

A vertente BB-23 é linear em perfil e côncava em planta, de alta instabilidade, com um deslizamento planar, matacões, surgências de água e solapamento de drenagem na base. Forma uma sela entre os morros do Bom Brinquedo e da Cruz. Declividade de 26-32^{o} para S30-40^{o}E. Vários taludes verticais nos fundos de casas, cacimbas e na estrada que percorre a base da vertente.

As vertentes CR-01 e CR-04 são convexas em perfil e em planta, de alta instabilidade, com um total de 5 deslizamentos planares sobre solo transportado (colúvio fino e grosso) de anfibolito foliado. Declividade de 30^{o} para N25^{o}W a N30^{o}E.

Drenagem

Fundos de vale secos do topo até a meia encosta inferior, onde ocorrem surgências e água corrente. Pequeno volume de água sob condições normais de pluviosidade, com alto potencial para aumento rápido de volume e vazão durante eventos de chuva intensa.

No fundo do vale entre as vertentes BB-23 e CR-04, dois tanques com criação de peixes e banhado permanente são locais de concentração de água superficial. Os tanques foram completamente assoreados pelos deslizamentos de março de 2011. Na base da vertente BB-23, as margens de um pequeno córrego estão solapadas por erosão. Na planície de dispersão de sedimentos, o canal de drenagem comporta fluxos de água torrenciais, mas as manilhas instaladas atrás do hospital estão concretadas, impedindo o escoamento.

Cobertura vegetal

Mata secundária de médio a grande porte na meia encosta superior e topo do relevo. Mata secundária de pequeno a médio porte, pouco densa, na meia encosta inferior. Desmatado com árvores isoladas na base da encosta e na planície de dispersão.

Geologia

Granito porfirítico, grosso e isótropo predomina nas vertentes BB-25 e 26 e anfibolito foliado predomina nas vertentes BB-23, CR-01 e CR-04. O contato é feito por falha de direção N25^{o}E, aproximadamente no limite das vertentes BB-23 e 25. O granito aflora em campos de matacões, localmente de grande porte (> 3 m de diâmetro), lajedos e escarpas verticais, principalmente nas encostas superiores e topos de relevo.

Formações superficiais

Sobre o anfibolito, solo transportado argiloso e profundo (2-3 m) predomina na bacia hidrográfica, exceto no topo do relevo, onde é residual e raso (até 2 m).

Sobre o granito, o solo é areno-siltoso, também transportado nas encostas e residual no topo do relevo. O perfil de solo residual apresenta duas camadas, a superior amarelada e a inferior avermelhada, com passagem gradacional entre elas e difusa para o saprólito subjacente.

Rampas de colúvio grosso (tálus) distribuem-se descontinuamente ao longo das meias encostas inferiores. Depósitos arenosos, argilosos e pedregosos distribuem-se na planície de dispersão de água e sedimentos, constituindo um leque aluvial na desembocadura do vale do Buraco da Onça.

Feições de instabilidade

Dois deslizamentos planares de grande extensão (> 100 m) e pequeno volume (< 5.000 m^3) ocorrem nas encostas superiores das vertentes BB-23 e BB-25, onde se fundem e formam um único depósito com represamento na encosta inferior. Oito deslizamentos planares de pequena extensão (< 50 m) e pequeno volume (< 1.000 m^3) distribuem-se em todas as vertentes da bacia hidrográfica. Aos movimentos de massa recentes associam-se feições de deslizamentos antigos e recentes, principalmente trincas e degraus de abatimento. No fundo do vale entre as vertentes CR-04 e BB-23, formou-se depósito de detritos areno-argilosos em consequência de cinco pequenos deslizamentos planares ocorridos em março de 2011.

Uso e ocupação

Área com ocupação residencial mais densa na base da vertente CR-04 e na planície de dispersão, no polígono delimitado pelas ruas Thiago Peixoto e Nestor de Castro. A área de atenção contém 54 residências, das quais 44 são de alvenaria e 10 são de madeira. A edificação mais importante da zona é o Hospital Dr. Sílvio B. Linhares. Quase todas as edificações situam-se na planície de dispersão de água e sedimentos da bacia hidrográfica, com apenas duas construídas sobre encosta inferior da vertente BB-25.

Histórico dos últimos eventos

Chuvas de março de 2011 não atingiram as 9 casas situadas no final da rua Isidoro Costa Pinto. Três moradores informaram que a água de enxurrada, bem como lama ou detritos, não atingiu as casas e que a água não extravasou o canal de drenagem atrás do muro do hospital. As manilhas atrás do muro foram trocadas após as chuvas, mas moradores da Rua 5 de Junho informaram que a galeria pluvial foi concretada pela administração do hospital e ainda se encontra fechada.

Nível de risco

Muito alto para enxurradas e alagamentos, moderado para deslizamentos planares e corridas de detritos. O nível de risco é considerado muito alto devido à grande extensão da bacia de contribuição, capaz de concentrar grandes volumes de água em períodos de chuva intensa, e pela proximidade da ocupação urbana da planície de dispersão. O nível de risco para movimentos de massa é considerado moderado devido à localização das moradias na base da encosta, em terreno elevado e fora do alcance de detritos.

Limites da zona de alerta

Rua Thiago Peixoto: da esquina da Rua Nestor de Castro até a casa 308 (UTM 729470E, 7185380N), incluídas.

Rua Nestor de Castro: no lado oeste, da esquina da Rua Thiago Peixoto até a esquina da Rua 5 de Junho (UTM 729600E, 7185453N).

Rua 5 de Junho: em ambos os lados, da esquina da Rua Nestor de Castro até o Hospital Dr. Sílvio B. Linhares, incluídas.

Rua Isidoro Costa Pinto: a partir do final da rua, engloba todas as casas situadas na base da encosta do Buraco da Onça até os fundos do hospital.

Casas cadastradas para desocupação preventiva

Outras 19 casas foram cadastradas para desocupação preventiva, durante períodos de chuva intensa, na área de alagamento entre as ruas 5 de Junho e Thiago Peixoto (Quadro 9).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
R. 5 de Junho, 99	729497E	7185479N	100-821	A	MA	Baixo risco para P e F
R. 5 de Junho, 98	729502E	7185478N	100-822	A	MA	Idem acima
R. 5 de Junho, 97	729502E	7185478N	100-823	A	MA	Idem acima
R. 5 de Junho, 85	729515E	7185478N	100-824	A	MA	Idem acima
R. 5 de Junho, 80	729515E	7185478N	100-825	A	MA	Idem acima
R. 5 de Junho, 78	729529E	7185474N	100-826	A	MA	Idem acima
R. 5 de Junho, 77	729529E	7185474N	100-827	A	MA	Idem acima
R. 5 de Junho, 59	729541E	7185468N	100-828	A	MA	Idem acima
R. 5 de Junho, 39	729551E	7185462N	100-829	A	MA	Idem acima
R. 5 de Junho, 37	729566E	7185458N	100-830	A	MA	Idem acima
R. 5 de Junho, 36	729575E	7185462N	100-831	A	MA	Idem acima
R. 5 de Junho, 35	729575E	7185462N	100-832	A	MA	Idem acima
R. 5 de Junho, 97 esq N. Castro	729596E	7185455N	100-833	A	MA	Idem acima
R. Thiago Peixoto, 160	729579E	7185425N	100-834	A	MA	Idem acima
R. Thiago Peixoto, 176	729573E	7185421N	100-835	A	MA	Idem acima
R. Thiago Peixoto, 214	729563E	7185418N	100-836	A	MA	Idem acima
R. Thiago Peixoto, 226	729554E	7185415N	100-837	A	MA	Idem acima
R. Thiago Peixoto, 242	729542E	7185410N	100-838	A	MA	Idem acima
R. Thiago Peixoto, 308	729462E	7185383N	100-839	A	MA	Idem acima

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 9 - Casas cadastradas na AR-01.

Recomendações

No curto prazo, drenar a área atrás do hospital para minimizar a possibilidade de formação de corridas de lama ou detritos.

No médio prazo, desobstruir as manilhas atrás do hospital e construir muro de espera nas divisas W e N do terreno, para evitar a possível invasão por material oriundo de deslizamentos que venham a ocorrer nas vertentes CR-04 e BB-23.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-02

Localização

Encosta sobre a Rua Isidoro Costa Pinto até a Rua Thiago Peixoto.

Vertentes

A área de risco ocupa parte da vertente BB-26 e estende-se pela planície de dispersão de água e sedimentos, onde se encontra com a área de atenção AR-01, na esquina das ruas Thiago Peixoto e Nestor de Castro.

Relevo

Vertente linear em perfil e convexa em planta, com declividade de 13-31^{o} para S40^{o}W-S60^{o}E.

Drenagem

Sem cursos d'água ou surgências observadas.

Cobertura vegetal

Mata secundária densa e de médio porte na encosta superior e desmatado nos terrenos das casas, ao longo da Rua Isidoro Costa Pinto.

Geologia

Granito porfirítico grosso, isótropo, sem afloramentos na área de atenção, mas identificado no saprólito e em afloramentos nas vertentes vizinhas.

Formações superficiais

Cobertura de solo residual e transportado sobre saprólito granítico e granito.

Feições de instabilidade

Vertente de alta instabilidade, com cinco deslizamentos planares, degraus de abatimento e quebras de relevo.

Uso e ocupação

A área de risco contém 11 residências na Rua Isidoro Costa Pinto, Delegacia de Polícia, quartel do Corpo de Bombeiros, Escola Estadual Rocha Pombo e Centro Médico Antonina, entre as ruas Isidoro Costa Pinto e Thiago Peixoto.

Histórico dos últimos eventos

As casas cadastradas para desocupação preventiva foram invadidas por enxurradas durante as chuvas de março de 2011. As casas a W da 472 situam-se sobre elevação que as isola de enxurradas e possível fluxos de detritos, o que foi confirmado pelos moradores.

Nível de risco

Muito alto para deslizamento planar, devido à presença de dois movimentos de massa a montante, um dos quais rompeu a encosta e o material rompido ainda permanece no local. Risco moderado para corrida de lama ou detritos, em consequência da possível reativação do deslizamento planar referido acima. A pequena extensão da bacia de contribuição justifica atribuir nível de risco mais baixo para corrida de lama ou detritos, devido à falta de condições para acúmulo de grandes volumes de água na vertente.

Limites da zona de alerta

Rua Isidoro Costa Pinto: da casa 400 (UTM 729743E, 7185511N) até a casa 462 (UTM 729680E, 7185530N), ambas incluídas.

Rua Thiago Peixoto: Escola Estadual Rocha Pombo, Centro Médico Antonina, Delegacia de Polícia e quartel do Corpo de Bombeiros.

Casas cadastradas para desocupação preventiva

As 4 casas relacionadas abaixo foram cadastradas para desocupação preventiva pela Defesa Civil, durante períodos de chuvas intensas (Quadro 10).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
R. Isidoro Costa Pinto, 446	729691E	7185532N	100-840	P	A	Moderado para X
R. Isidoro Costa Pinto, 454	729683E	7185533N	100-841	P	A	Idem acima
R. Isidoro Costa Pinto, 462	729675E	7185537N	100-842	P	A	Idem acima
R. Isidoro Costa Pinto, 472	729666E	7185539N	100-843	P	A	Idem acima

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 10 - Casas cadastradas na AR-02.

Recomendações

No curto prazo, instalar sistema de monitoramento na vertente para prevenir reativação do deslizamento planar dormente ou inativo.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-03

Localização

Encosta sobre a Rua Leovegildo de Freitas.

Vertentes

A área de risco ocupa quase completamente a vertente BB-01.

Relevo

Vertente linear em perfil e convexa em planta, com declividade de 15-25^{o} para N70^{o}E-S40^{o}E.

Drenagem

Sem cursos d'água ou surgências observadas.

Cobertura vegetal

Encosta inferior quase completamente desmatada e mata secundária de médio porte, rala, da meia encosta ao topo da vertente.

Geologia

Granito porfirítico, grosso e isótropo.

Formações superficiais

Solo argiloso, maduro e raso, colúvio grosso (blocos de granito em matriz areno-siltosa) e saprólito granítico, poroso e friável a pouca profundidade.

Feições de instabilidade

Deslizamento planar ocupa cerca de 90% da vertente, com abundantes cicatrizes e degraus de abatimento, sem alimentar fluxo de lama ou detritos. Base da vertente foi alterada por corte contínuo, edificações na encosta inferior e ao longo da rua.

Uso e ocupação

Ocupação densa no lado de baixo da Rua Leovegildo de Freitas e esparsa na base da encosta, totalizando 47 edificações residenciais, de comércio e serviços. Quatro casas foram derrubadas e duas avariadas pelo movimento de massa. As residências apresentam vazamentos de esgoto, taludes instáveis e lixo doméstico nos fundos e no entorno.

Histórico dos últimos eventos

As casas cadastradas para desocupação preventiva não foram atingidas por movimentos de massa, em março de 2011, mas estão situadas ao lado N do deslizamento rotacional que afetou a vertente BB-01 e junto ao limite S da área destruída pelo fluxo de detritos da AR-04. As casas das quadras abaixo da Rua Leovegildo de Freitas foram alagadas, no mesmo evento, mas não foram cadastradas para desocupação preventiva, porque os moradores têm condições para se protegerem sem a intervenção da Defesa Civil.

Nível de risco

Muito alto para reativação do deslizamento planar que ocupa a vertente, devido ao volume de material desmontado que permanece retido sobre a superfície de ruptura.

Limites da zona de alerta

Rua Leovegildo de Freitas: no lado de cima, voltado para a vertente BB-01, da casa 89 (UTM 729850E, 7185520N) até a casa vizinha à casa 319 (UTM 729990E, 7185720N), ambas incluídas.

Rua Comendador Araújo: quadras formadas desde a esquina da Rua Dr. Rebouças até a Rua Coronel Líbero, fechando no lado de baixo da Rua Leovegildo de Freitas. Excluem-se as casas situadas nas quadras confrontantes.

Casas cadastradas para desocupação preventiva

As 8 casas relacionadas abaixo foram cadastradas para desocupação preventiva pela Defesa Civil, durante períodos de chuvas intensas (Quadro 11).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
Rua Leovegildo de Freitas, 231	729899E	7185598N	100-844	R	MA	Moderado para X
Rua Leovegildo de Freitas, 251	729905E	7185598N	100-845	R	MA	Idem acima
Rua Leovegildo de Freitas, 277	729923E	7185617N	100-846	R	MA	Idem acima
Rua Leovegildo de Freitas, 319	729999E	7185737N	100-850	R	MA	Idem acima
Rua Leovegildo de Freitas, 325	730004E	7185742N	100-851	R	A	Idem acima
Rua Leovegildo de Freitas, 329	730008E	7185750N	100-852	R	A	Idem acima
Rua Leovegildo de Freitas, 335	730017E	7185761N	100-853	R	A	Idem acima
Rua Leovegildo de Freitas, 345	730022E	7185767N	100-854	R	A	Idem acima

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 11 - Casas cadastradas na AR-03.

Recomendações

No curto prazo, executar obras de recuperação do terreno mobilizado, drenagem e contenção para evitar novos deslizamentos.

No curto prazo, instalar sistema de monitoramento na vertente para prevenir reativação do deslizamento planar interrompido.

No curto prazo, avaliar em conjunto com a COMDEC cada edificação atingida pelo deslizamento, dentro da área de risco, para decidir medidas cabíveis de interdição permanente, demolição ou recuperação.

No curto prazo, eleger local para instalação dos moradores, nos alertas.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-04

Localização

Final da Rua D. Pedro II, no bairro Laranjeiras.

Vertentes

A área de risco envolve parcialmente as vertentes BB-03, BB-04, BB-05 e BB-27.

Relevo

Bacia hidrográfica com aproximadamente 12 ha de extensão, formada por vertentes lineares em perfil e convexas ou côncavas em planta, com declividade de 25-40^{o} para N35-85^{o}E a S10-30^{o}W, formando vales entalhados e profundos. As vertentes são dominantemente longas, exceto na desembocadura do vale, com quebras de relevo rochosas na encosta superior, das quais se destaca o Mirante, com aproximadamente 30 m de parede rochosa vertical. Planície de dispersão com declividade de 12^{o} para S45^{o}E.

Drenagem

Drenagem intermitente nas meias encostas e encostas superiores dos vales e perene nas encostas inferiores e na planície de dispersão de água e sedimentos. Pequeno volume de água sob condições normais de pluviosidade, com alto potencial para aumento rápido de volume e vazão durante eventos de chuva intensa.

Cobertura vegetal

Mata atlântica densa, de porte médio a grande e com serapilheira espessa predomina em todas as vertentes, exceto na base e na planície de dispersão, que é urbanizada. No topo e na base das vertentes, a mata é rala e de pequeno porte. Quedas de árvores são frequentes nas meias encostas, como se observa ao longo do caminho que leva do pé da escarpa do Mirante até a base da vertente BB-05.

Geologia

Granito porfirítico, grosso e isótropo aflora em campos de matacões, localmente de grande porte (> 3 m de diâmetro), lajedos e escarpas verticais, principalmente nas encostas superiores e topos de relevo.

Formações superficiais

Solo areno-siltoso raso recobre saprólito granítico, poroso e friável, passando a colúvio grosso (tálus) nas meias encostas e bases das vertentes. O solo é dominantemente transportado, exceto nos topos de relevo, onde ocorre delgada cobertura (< 1 m) de solo residual. O perfil de solo residual apresenta duas camadas, a superior amarelada e a inferior avermelhada, com passagem gradacional entre elas e difusa para o saprólito subjacente.

Feições de instabilidade

Alta instabilidade das vertentes confirmada por 8 deslizamentos planares que alimentaram um fluxo de detritos, que danificou e destruiu casas, em março de 2011. Nas encostas superiores e meias encostas ocorrem degraus de abatimento, terreno ondulado por deslizamentos antigos e rastejo de solo. Campos de matacões são abundantes nas encostas superiores e nos topos de relevo, principalmente sobre as vertentes BB-04, BB-05 e BB-27. Material represado por troncos na meia encosta inferior e base da vertente BB-05 pode alimentar fluxo de detritos.

Na Rua Theófilo Soares Gomes, da estação da SAMAE-CB4 até a esquina da Rua Padre Pinto, não há evidências de instabilidade: baixa declividade, sem vegetação inclinada, sem trincas ou desmoronamentos nos taludes atrás das residências, sem surgências ou locais para concentração de água superficial. Atrás da casa 188 e da estação da SAMAE-CB4, matacões de grande porte, em declividade alta (65^{o} para S devido a deslizamentos antigos), apresentam possibilidade de rolamento. Além disto, a casa 188 está ao lado de deslizamento planar e sob outros matacões de granito, estes sobre a crista da escarpa de um deslizamento planar.

Uso e ocupação

A ocupação na planície de dispersão incluía 33 residências, das quais 14 foram total ou parcialmente destruídas pelo fluxo de detritos, e escritório da COPEL instalado frente à escarpa de deslizamentos da vertente BB-04. A área de atenção contém outras 38 edificações de médio a alto padrão construtivo, no polígono delimitado pelas ruas Leovegildo de Freitas, Dr. Bruno e Dr. Rebouças.

Histórico dos últimos eventos

A bacia hidrográfica extensa, com encostas de grande amplitude e alta declividade, favoreceu a deflagração de 8 deslizamentos planares, cujos detritos juntaram-se a grande volume de água de enxurrada, formando um fluxo de detritos de alta energia, destruindo boa parte das edificações e danificando outras, com um óbito registrado no local.

Nível de risco

Muito alto para deslizamentos planares, fluxos de detrito e enxurradas, em períodos de chuva intensa, independente de chuvas antecedentes.

Limites da zona de alerta

Rua Theófilo Soares Gomes: esquina com a Rua Leovegildo de Freitas (UTM 730086E, 7185839N).

Rua Dr. Bruno: em frente à casa 33 (UTM 730155E, 7185786N).

Casas cadastradas para desocupação preventiva

O cadastro será feito quando a Prefeitura Municipal definir o destino da área, que se caracteriza como imprópria para ocupação permanente.

Recomendações

No curto prazo, limpar os fundos de vales onde há represamento de material por árvores caídas.

No curto prazo, estabelecer zoneamento de detalhe na área de risco, para definir zonas para uso temporário e, eventualmente, uso permanente.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-05

Localização

Encosta leste do morro do Bom Brinquedo, nos bairros Graciosa de Cima e Portinho.

Vertentes

A área de risco ocupa quase completamente a vertente BB-06.

Relevo

Vertente convexo-côncava em perfil e côncava em planta, com declividade de 20^{o}-35^{o} para N45^{o}E. A concavidade da vertente funde-se na encosta inferior ao fundo de vale formado no limite com a vertente BB-07.

Drenagem

O limite com a vertente BB-07 contém drenagem intermitente da encosta superior até a meia encosta, passando a perene de pequena vazão na encosta inferior, nos fundos das casas situadas sobre a Rua Padre Pinto.

Cobertura vegetal

Mata secundária rala de médio porte na encosta superior e desmatamento quase total na meia encosta inferior.

Geologia

Granito porfirítico, grosso e isótropo em matacões na encosta superior e topo do relevo. Blocos de diabásio no fundo de vale da encosta inferior, junto ao deslizamento rotacional incipiente, atrás da casa 209 da Rua Padre Pinto.

Formações superficiais

Solo residual raso (< 1,5 m) no topo do relevo e transportado na meia encosta, passando a colúvio grosso (tálus) na encosta inferior. O depósito de tálus contém matacões arredondados de diabásio em matriz argilosa.

Feições de instabilidade

Deslizamento rotacional incipiente formou-se no fundo do vale, atrás da casa 209 da Rua Padre Pinto, em local onde o terreno é encharcado. O deslizamento pode ter sido induzido por acúmulo de água superficial e esgoto em solo argiloso, que ocorre à altura da escarpa principal, imediatamente a N.

Uso e ocupação

A área de risco contém 46 edificações residenciais, comerciais e de serviços, das quais 37 são de alvenaria e 9 de madeira. Ocupação residencial de padrão construtivo médio a alto sobre a Rua Padre Pinto e padrão construtivo médio a baixo entre as ruas Padre Pinto e Arthur de Sá.

Histórico dos últimos eventos

Deslizamento rotacional nos fundos da casa 209 não se desenvolveu aparentemente devido à baixa declividade e consequente falta de espaço para o bloco abatido girar ou evoluir para deslizamento planar. Casas 261 e 330 foram atingidas por enxurrada, mas nenhuma foi alcançada por terra ou detritos. Sobre a casa 330, manilhas não suportaram a vazão da enxurrada de março de 2011 e foram jogadas sobre o muro. Segundo informação da COMDEC, alagamento na

Rua Arthur de Sá é frequente com a maré alta, sem necessidade de evacuação de moradores.

Nível de risco

Moderado para enxurradas e para reativação do deslizamento rotacional, devido à pequena extensão da bacia de contribuição e localização do movimento de massa em área de baixa declividade.

Limites da zona de alerta

Rua Padre Pinto: limites do terreno na casa 261 e casa 330, no lado de baixo da rua (UTM 730221E, 7186076N).

Rua Arthur de Sá: da casa 355 (UTM 730277E, 7186140N) até a casa 401 (UTM 730260E, 7186168N).

Casas cadastradas para desocupação preventiva

Foram cadastradas 4 casas para desocupação preventiva pela Defesa Civil, sob condições de chuvas intensas (Quadro 12).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
R. Padre Manoel Pinto 261	730221E	7186076N	100-771	X	A	Baixo risco para R e F
R. Padre Manoel Pinto 330	730221E	7186076N	100-772	X	A	Idem acima
R. Arthur de Sá 355	730277E	7186140N		A	A	Baixo risco para X, alaga com maré alta.
R. Arthur de Sá 401	730260E	7186168N		A	A	Idem acima

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 12 - Casas cadastradas na AR-05.

Recomendações

No curto prazo, limpar a drenagem atrás da casa 209, onde há represamento de material por matacões e lixo doméstico.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-06

Localização

Encosta leste do morro do Bom Brinquedo, nos bairros Graciosa de Cima e Portinho.

Vertentes

A área de risco situa-se sobre a vertente BB-09.

Relevo

Vertente linear em perfil e côncava em planta, formando vale em U aberto, sem água corrente, caracterizando drenagem intermitente. Declividade de 22-35^{o} para S40-75^{o}E.

Drenagem

Drenagem intermitente no fundo de vale, acima da Rua Padre Pinto.

Cobertura vegetal

Mata secundária rala e de médio porte na encosta superior, com desmatamento na meia encosta e encosta inferior.

Geologia

Granito porfirítico, fino e localmente foliado aflora em lajes no fundo do vale, com feições de zona de falha de direção N80^{o}E.

Formações superficiais

Colúvio fino e grosso forma cobertura de pequena espessura (< 1,5 m) sobre saprólito granítico e granito.

Feições de instabilidade

Alta instabilidade caracterizada por dois deslizamentos planares que se juntam no fundo de vale, na meia encosta, ambos rasos e com deslocamento de pequeno volume de material. Junto aos deslizamentos ocorrem trincas e degraus de abatimento antigos e recentes. Sobre a rua Padre Pinto, cortes sem estruturas de contenção provocaram quedas de solo e rocha, mas cortes nos fundos de casas mostram poucos sinais de desmoronamento e erosão.

Uso e ocupação

A área de atenção contém 35 edificações residenciais, comerciais e de serviços, das quais 27 são de alvenaria e 8 são de madeira. Ocupação residencial instalada na rua Padre Pinto e incipiente nas encostas a montante, de padrão construtivo médio a baixo. Ocupação residencial e comercial densa entre as ruas Padre Pinto, Carmen dos Santos Matsumoto e Milton Oribe, com padrão construtivo médio a baixo.

Histórico dos últimos eventos

Problemas relacionados com chuvas de março de 2011 limitaram-se a enxurradas, invasão de casas por água e queda de muro em frente à casa 20. Muro atrás da casa está represando água da chuva depois de março de 2011. No Portinho, na Rua Arthur de Sá, água subiu até 60 cm dentro das casas e paredes e muros caíram.

Nível de risco

Alto para enxurradas, devido à extensão da bacia de contribuição, e moderado para deslizamentos planares e corridas de detritos, devido ao pequeno volume de materiais inconsolidados.

Limites da zona de alerta

Rua Padre Pinto: casa 447 (UTM 730146E, 7186213N).

Rua Carmen dos Santos Matsumoto: casa 45 (UTM 730120E, 7186249).

Rua Milton Oribe: da casa 97 (UTM 730203E, 7186274N) até a casa 165 (UTM 730135E, 7186347N).

Casas cadastradas para desocupação preventiva

Foram cadastradas 7 casas para desocupação preventiva pela Defesa Civil, sob condições de chuvas intensas (Quadro 13).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
R. Padre Manoel Pinto 441	730146E	7186213N	100-774	X	A	Risco moderado para P e F
R. Padre Manoel Pinto 447	730146E	7186213N	100-773	X	A	Idem acima. Casa 441 é fundos da 447.
R. Carmen dos S. Matsumoto 45	730120E	7186249N	100-775	X	M	Risco moderado para P e F
R. Carmen dos S Matsumoto 45 fds	730120E	7186249N	100-776	X	M	Risco moderado para P e F
R. Carmen dos S. Matsumoto 20	730135E	7186233N	100-777	X	A	Risco baixo para P e F
R. Carmen dos S. Matsumoto s/n	730135E	7186233N	100-778	X	A	Idem acima. Mesmo terreno da casa 20.
R. Carmen dos S. Matsumoto 50	730126E	7186252N	100-779	X	A	Risco baixo para P e F

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 13 - Casas cadastradas na AR-06.

Recomendações

No curto prazo, instalar sistema de monitoramento de feições de instabilidade na vertente BB-09.

No curto prazo, trocar manilhas por outras de maior diâmetro e limpar bocas de lobo.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-07

Localização

Encosta leste do morro do Bom Brinquedo, nos bairros Graciosa de Cima e Portinho.

Vertentes

A área de risco ocupa a vertente BB-12.

Relevo

Vertente linear em perfil e côncava em planta, com declividade de 22-40^{o} para N10-70^{o}E, contendo uma quebra de relevo acentuada e extensa na encosta superior.

Drenagem

Fundo de vale extenso com água corrente de pequena vazão na maior parte do ano, principalmente a partir da meia encosta.

Cobertura vegetal

Mata secundária rala e de pequeno a médio porte da meia encosta até o topo do relevo, sendo desmatada acima da Rua Carmen dos Santos Matsumoto.

Geologia

Granito porfirítico, grosso e isótropo em matacões de grande porte, chegando a 8 m de diâmetro, e um dique de diabásio na encosta superior.

Formações superficiais

Solo residual no topo do relevo e transportado a partir da meia encosta, com rampas isoladas de colúvio grosso (tálus) sobre saprólito granítico e granito.

Feições de instabilidade

Vertente parcialmente instável, com deslizamento planar junto a um dos limites, degraus de abatimento e matacões instáveis (mais de 50% acima do solo e centro de gravidade a jusante), principalmente na encosta superior. A maior parte da vertente é avaliada como tendo instabilidade moderada, porque os matacões de maior porte constituem um depósito de piemonte. A estrutura deste tipo de depósito, sustentada pelos blocos de rocha, apresenta alta estabilidade e resistência a deslocamentos, ao contrário do colúvio grosso, cujos blocos são sustentados pela matriz de sedimentos finos. Outra evidência de resistência mecânica do solo está nos taludes verticais cortados em torno das casas, que não mostram indícios de erosão ou desmoronamento após as chuvas de março de 2011.

Uso e ocupação

Área densamente ocupada, com 65 edificações residenciais, comerciais e de serviços, das quais 44 são de alvenaria e 21 de madeira, além de um ginásio de esportes.

Histórico dos últimos eventos

Problemas relacionados com chuvas de março de 2011 limitaram-se a enxurradas e invasão de casas por água.

Nível de risco

Moderado para enxurradas e baixo para deslizamentos planares e rolamento de matacões, devido à pequena extensão da bacia de contribuição e às características da cobertura de solo, que é delgada e descontínua entre os grandes blocos de rocha granítica.

Limites da zona de alerta

Rua Carmen dos Santos Matsumoto: da casa 417 (UTM 729845E, 7186399N) até a casa 497 (UTM 729807E, 7186439N), ambas incluídas.

Rua Milton Oribe: da casa 365 (UTM 729958E, 7186465N) até a esquina com a rua Padre Afonso O’Sullivan (UTM 729845E, 7186515N).

Casas cadastradas para desocupação preventiva

Foram cadastradas 9 casas para desocupação preventiva pela Defesa Civil, sob condições de chuvas intensas (Quadro 14).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
R. Carmen dos S. Matsumoto 417 A	729843E	7186393N	100-781	X	M	Risco moderado para P e F
R. Carmen dos S Matsumoto 417 B fds	729843E	7186393N	100-783	X	M	Risco moderado para P e F
R. Carmen dos S. Matsumoto 417 C fds	729843E	7186393N	100-784	X	A	Risco baixo para P e F
R. Carmen dos S. Matsumoto 435A	729835E	7186404N	100-782	X	A	Idem acima. Mesmo terreno da casa 20.
R. Carmen dos S. Matsumoto 435 B fds	729835E	7186404N	100-785	X	A	Risco baixo para P e F
R. Carmen dos S. Matsumoto 435 C fds	729835E	7186404N	100-785	X	A	Risco baixo para P e F
R. Carmen dos S. Matsumoto 438	729794E	7186367N	100-787	X	A	Risco baixo para P e F
R. Carmen dos S. Matsumoto 439	729843E	7186328N	100-788	X	A	Risco baixo para P e F
R. Carmen dos S. Matsumoto s/n	729843E	7186328N	100-789	X	A	Risco baixo para P e F

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 14 - Casas cadastradas na AR-07.

Recomendações

No curto prazo, limpar o fundo de vale acima da Rua Carmen dos Santos Matsumoto, para evitar represamento de água e permitir a vazão livre das águas de precipitação. Também eleger local para instalação dos moradores, nos alertas.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-08

Localização

Final da Rua Carmen dos Santos Matsumoto, no bairro Graciosa de Cima.

Vertentes

A área de risco ocupa quase completamente a vertente BB-13.

Relevo

Vertente linear em perfil e côncava em planta, com declividade de 22-30^{o} para N20-30^{o}E.

Drenagem

Fundo de vale com drenagem intermitente e pequena vazão nas chuvas.

Cobertura vegetal

Mata secundária densa e de médio a grande porte da meia encosta até o topo do relevo, pouco desmatada acima da Rua Carmen dos Santos Matsumoto.

Geologia

Granito porfirítico, grosso e isótropo em matacões de grande porte.

Formações superficiais

Solo transportado sobre saprólito granítico e granito.

Feições de instabilidade

Vertente sem indícios de movimentos de massa, exceto parte de um depósito de detritos gerado por deslizamento planar na vertente vizinha. Baixo potencial para rolamento de blocos, pois os matacões na meia-encosta estão mais de 50% enterrados no solo. Taludes verticais nas residências não mostram sinais de erosão ou desmoronamento.

Uso e ocupação

A área de atenção contém 56 edificações residenciais e de pequeno comércio, das quais 34 são de alvenaria e 22 de madeira.

Histórico dos últimos eventos

Problemas em março de 2011 foram enxurradas e invasão de casas por água.

Nível de risco

Moderado para enxurradas em períodos de chuva intensa, devido à geometria profundamente entalhada do vale, que pode concentrar água corrente em grande volume. Baixo risco para deslizamentos planares e rolamentos de bloco, devido às características favoráveis do depósito de piemonte, sustentado por grandes blocos de granito e fina cobertura de solo areno-silte-argiloso.

Limites da zona de alerta

Rua Carmen dos Santos Matsumoto: da casa 545 (UTM 729720E, 7186474N) até a casa 649 (UTM 729674E, 7186531N), ambas incluídas.

Rua Milton Oribe: da casa 513 (UTM 729816E, 7186534N) até a casa 763 (UTM 729651E, 7186636N), ambas incluídas.

Casas cadastradas para desocupação preventiva

Foram cadastradas 9 casas para desocupação preventiva pela Defesa Civil, sob condições de chuvas intensas (Quadro 15).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
R. Carmen dos S. Matsumoto 545	729706E	7186480N	100-793	X	M	Risco moderado para P e F
R. Carmen dos S Matsumoto 605	729699E	7186493N	100-794	X	M	Risco moderado para P e F
R. Carmen dos S. Matsumoto 623	729695E	7186502N	100-795	X	M	Risco baixo para P e F
R. Carmen dos S. Matsumoto 623 fds	729666E	7186483N	100-796	X	M	Idem acima. Mesmo terreno da casa 20.
R. Carmen dos S. Matsumoto 591	729690E	7186519N	100-797	X	M	Risco baixo para P e F
R. Carmen dos S. Matsumoto 591 fds	729690E	7186519N	100-798	X	M	Risco baixo para P e F
R. Carmen dos S. Matsumoto 649	729673E	7186531N	100-800	X	M	
R. Carmen dos S. Matsumoto 649 fds	729673E	7186531N	100-800	X	M	
R. Carmen dos S. Matsumoto s/n	729662E	7186543N	100-808	X	M	

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 15 - Casas cadastradas na AR-08.

Recomendações

No curto prazo, limpar o fundo de vale acima da Rua Carmen dos Santos Matsumoto, para evitar represamento de água e permitir a vazão livre das águas de precipitação.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-09

Localização

Rua Jorge Florêncio, no bairro Campo do Plínio.

Vertentes

A área de risco ocupa quase completamente a vertente PO-04.

Relevo

Vertente linear em perfil e côncava em planta, com declividade de 20^{o} para N.

Drenagem

Fundo de vale em U aberto, pouco profundo, com drenagem intermitente da meia encosta ao topo do relevo e área encharcada de pequena extensão (< 1 ha) acima da rua Jorge Florêncio.

Cobertura vegetal

Mata secundária rala e de pequeno porte, com desmatamento em torno das casas, acima da rua.

Geologia

Granito porfirítico, grosso e isótropo e diabásio em blocos arredondados, de pequeno porte (< 1 m) pouco abundantes na encosta superior.

Formações superficiais

Solo transportado e arenoso (colúvio fino), localmente rampa de colúvio grosso sobre saprólito de granito.

Feições de instabilidade

A vertente não apresenta feições de movimentação do terreno. Taludes verticais nos fundos das casas mostram alguns sinais de erosão e queda em colúvio sobre anfibolito foliado.

Uso e ocupação

Ocupação residencial incipiente, com 5 casas na área de atenção, 3 das quais são de madeira e 2 de alvenaria.

Histórico dos últimos eventos

Não foram registrados na área problemas relacionados com as chuvas de 2011.

Nível de risco

Moderado para enxurradas, devido à pequena extensão da bacia de contribuição, mas a proximidade das casas ao fundo do vale com acúmulo de água recomenda monitoramento. Risco moderado para deslizamentos rotacionais no entorno do charco, se a cobertura de solo for espessa, e baixo risco para deslizamentos planares, devido à baixa declividade e pequena amplitude da vertente.

Limites da zona de alerta

Rua Jorge Florêncio: da casa sem número (UTM 729421E, 7186934N) até a casa 119 (UTM 729391E, 7186934N), exclusive.

Casas cadastradas para desocupação preventiva

Foram cadastradas 2 casas para desocupação preventiva pela Defesa Civil, sob condições de chuvas intensas (Quadro 16).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
Rua Jorge Florêncio s/n	729408E	7186928N	100-803	X	M	Baixo risco para deslizamento planar
Rua Jorge Florêncio s/n	729433E	7186940N	100-804	X	M	Idem acima

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 16 - Casas cadastradas na AR-09.

Recomendações

No curto prazo, implantar drenagem manilhada por baixo da rua Jorge Florêncio, para evitar represamento de água e permitir a vazão livre das águas de surgência e precipitação.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-10

Localização

Encosta sul do morro do Portinho, em zona rural, junto à estrada do bairro Tucunduva. O nome do morro foi atribuído por falta de uma designação oficial ou consagrada pelos moradores.

Vertentes

A área de risco ocupa parcialmente as vertentes PO-02 e PO-03.

Relevo

Vertentes convexas em perfil e em planta, com declividade de 20-27^{o} para S10-25^{o}W.

Drenagem

Vertentes sem água corrente ou acumulada, bem como surgências, exceto na base do morro, onde se situa as cabeceiras de pequeno córrego intermitente.

Cobertura vegetal

Mata secundária rala e de pequeno porte na encosta superior e topo do relevo, sendo as vertentes quase completamente desmatadas.

Geologia

Granito porfirítico, grosso e isótropo em matacões isolados, passando a anfibolito foliado a oeste. O contato é interpretado como sendo tectônico, devido ao contexto geológico e à foliação presente nas zonas de contato.

Formações superficiais

Solo residual raso (< 1,5 m) no topo do relevo e na encosta superior, e colúvio grosso (tálus) da meia encosta para a base das vertentes.

Feições de instabilidade

Vertentes de instabilidade alta, devido à presença de dois deslizamentos planares, degraus de abatimento, terreno ondulado, quebra de relevo e árvores inclinadas. A ocorrência de rampas de colúvio grosso favorece as características de alta instabilidade.

Uso e ocupação

Área pouco ocupada, com apenas duas residências na base da vertente PO-03 e do deslizamento planar de maior extensão e volume.

Histórico dos últimos eventos

Problemas relacionados com chuvas de março de 2011 limitaram-se à ocorrência de dois deslizamentos planares, que não atingiram moradias a jusante.

Nível de risco

Apesar da baixa densidade da ocupação residencial, atribui-se à área alto risco para deslizamentos planares, principalmente devido à ocorrência de rampa de colúvio e ao desmatamento quase completo das vertentes.

Limites da zona de alerta

Casas sem número na base da encosta sul do morro do Portinho.

Casas cadastradas para desocupação preventiva

Foi cadastrada uma casa para desocupação preventiva pela Defesa Civil, sob condições de chuvas intensas (Quadro 17).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
Estrada do Tucunduva s/n	729440E	7186708N	100-807	P	A	

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 17 - Casas cadastradas na AR-10.

Recomendações

No curto prazo, monitorar as vertentes PO-02 e PO-03, principalmente acima e no entorno dos deslizamentos recentes, para controle de evidências de movimentação do terreno, principalmente nos períodos de chuva continuada e/ou intensa.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-11

Localização

Estrada do Tucunduva

Vertentes

A área de risco ocupa quase completamente a vertente BB-16B.

Relevo

Vertente linear em perfil e convexa em planta, com declividade de 30-35^{o} para N52-60^{o}W.

Drenagem

Drenagem intermitente na meia encosta e encosta superior, passando a permanente na base da vertente, com baixa vazão nos períodos de estio.

Cobertura vegetal

Mata atlântica secundária de médio porte no topo do relevo e na encosta superior, passando a pequeno porte e desmatado na encosta inferior e na base, sobre a estrada do Tucunduva.

Geologia

Granito porfirítico grosso e isótropo, localmente milonitizado, aflora em blocos rolados e grandes matacões no topo do relevo.

Formações superficiais

Cobertura de solo residual delgado (< 1,5 m) no topo do relevo e transportado sobre saprólito granítico.

Feições de instabilidade

Vertente de alta instabilidade, com três deslizamentos planares, degraus de abatimento, árvores caídas, quebras de relevo, matacões.

Uso e ocupação

Limitada a 4 casas, uma acima e 3 abaixo da estrada do Tucunduva.

Histórico dos últimos eventos

Dois deslizamentos planares gerados em março de 2011 não atingiram moradias nem infraestrutura.

Nível de risco

Alto para deslizamento planar acima da estrada e moderado abaixo, porque a estrada oferece obstáculo ao trânsito de detritos. Devido a pequena área alagada acima da estrada, existe risco moderado para fluxo de lama ou detritos abaixo dela.

Limites da zona de alerta

Ao longo da estrada do Tucunduva, da casa 120 (729333E, 7186296N) até a casa sem número, no lado oposto da via (729338E, 7186354N).

Casas cadastradas para desocupação preventiva

Foram cadastradas 4 casas para desocupação preventiva pela Defesa Civil, sob condições de chuvas intensas (Quadro 18).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
Estrada do Tucunduva, 120	729333E	7186296N	100-809	P	A	
Estrada do Tucunduva, s/n	729333E	7186296N	100-813	P, F	M	
Estrada do Tucunduva, 649	729331E	7186312N	100-815	P, F	M	
Estrada do Tucunduva, s/n	729338E	7186354N	100-814	P, F	M	

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 18 - Casas cadastradas na AR-11.

Recomendações

No curto prazo, instalar sistema de monitoramento na vertente para prevenir reativação do deslizamento planar interrompido.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-12

Localização

Estrada do Tucunduva

Vertentes

A área de risco ocupa quase completamente a vertente BB-18.

Relevo

Vertente convexa em perfil e côncava em planta, com declividade de 27^{o} para N25-65^{o}W e de 34^{o} para N15^{o}E.

Drenagem

Drenagem intermitente na meia encosta superior e permanente, com pequena vazão, na meia encosta inferior e base da vertente.

Cobertura vegetal

Mata atlântica secundária de porte médio no topo do relevo, passando a mata rala na encosta e desmatado com árvores isoladas acima da estrada, onde há ocupação antrópica.

Geologia

Granito porfirítico, grosso e isótropo na meia encosta superior e topo do relevo, com zona de contato milonitizado e anfibolito foliado na meia encosta inferior e base da vertente.

Formações superficiais

Solo residual raso no topo do relevo e colúvio grosso, com espessura de até 3 m, sobre saprólito de granito e anfibolito foliado.

Feições de instabilidade

Vertente de alta instabilidade, devido à presença de dois deslizamentos planares, trincas, árvores inclinadas e quebra de relevo acentuada a montante das residências. Sem matacões ou surgências d'água na encosta.

Uso e ocupação

Quatro moradias acima da estrada.

Histórico dos últimos eventos

Quatro deslizamentos planares gerados em março de 2011 não atingiram moradias nem infraestrutura.

Nível de risco

Alto risco para deslizamentos planares, devido à declividade acima de 27^{o} e à espessura da cobertura de colúvio na meia encosta.

Limites da zona de alerta

Ao longo da estrada do Tucunduva, entre a casa sem número (729268E, 7186159N) até a casa 121 (729245E, 7186130N).

Casas cadastradas para desocupação preventiva

Foram cadastradas 4 casas para desocupação preventiva pela Defesa Civil, sob condições de chuvas intensas (Quadro 19).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
Estrada do Tucunduva, s/n	729268E	7186159N	100-816	P	A	
Estrada do Tucunduva, s/n fundos	729268E	7186159N	100-817	P	A	
Estrada do Tucunduva, s/n	729245E	7186135N	100-818	P	A	
Estrada do Tucunduva, 121	729245E	7186130N	100-819	P	A	

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 19 - Casas cadastradas na AR-12.

Recomendações

No curto prazo, instalar sistema de monitoramento na vertente para prevenir reativação do deslizamento planar interrompido.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-13

Localização

Rua Honório Machado, no bairro Tucunduva.

Vertentes

A área de risco ocupa a base da vertente BB-20A.

Relevo

Vertente linear em perfil e convexa em planta, com declividade de 25-28^{o} para N85^{o}W.

Drenagem

Sem drenagem na vertente.

Cobertura vegetal

Mata atlântica secundária rala e de médio porte na encosta superior, com desmatamento na base, acima das casas.

Geologia

Quartzito em faixa estreita, com aproximadamente 50 m de largura, na meia encosta inferior, encaixado em anfibolito foliado.

Formações superficiais

Solo homogêneo, argiloso e transportado, sem matacões, com espessura de até 1,80 m.

Feições de instabilidade

Trincas no terreno e um pequeno deslizamento planar na meia encosta.

Uso e ocupação

Área urbana, com edificações residenciais e comerciais ao longo da Rua Honório Machado.

Histórico dos últimos eventos

Deslizamento planar em talude artificial, atrás de duas moradias, foi gerado por efeito das chuvas de março de 2011.

Nível de atenção

Moderado para deslizamento planar, devido à declividade no limite inferior da faixa estatisticamente instável (27-45^{o}), à pouca espessura do solo coluvial fino e à ocorrência de feições de instabilidade na encosta.

Limites da zona de alerta

A área de atenção não foi cadastrada para uso da Defesa Civil, mas para monitoramento de uma encosta com poucas feições de instabilidade. Casas cadastradas nesta zona estão no Quadro 20.

Casas cadastradas para monitoramento

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
Rua Honório Machado, s/n	728755E	7185933N		P	M	
Rua Honório Machado, 700	728748E	7185845N		M		

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 20 - Casas cadastradas na AR-13.

Recomendações

No curto prazo, instalar sistema de monitoramento na vertente para prevenir reativação do deslizamento planar interrompido.

AR-14

Localização

Beco da Viúva

Vertentes

A área de risco ocupa a base das vertentes BB-21B, BB-21C e BB-22.

Relevo

Vertentes lineares em perfil e convexo-côncavas em planta, com declividade de 10-30^{o} para S10-60^{o}W.

Drenagem

Drenagem intermitente na encosta superior e perene, com pequena vazão, na encosta inferior e base das vertentes. Tanque entre as ruas José Milani e Deputado Alencar Furtado constitui fonte de atenção para fluxo de lama.

Cobertura vegetal

Mata atlântica secundária, densa, de médio a grande porte, na encosta até o topo do relevo, com desmatamento na base.

Geologia

Anfibolito foliado com foliação vertical orientada segundo N20-25^{o}E. A natureza milonítica da foliação indica a ocorrência de zona de falha.

Formações superficiais

Solo transportado, principalmente colúvio grosso, recobre anfibolito milonitizado em contato irregular.

Feições de instabilidade

Vertentes de alta instabilidade, principalmente na meia encosta superior, onde há 7 deslizamentos planares e trincas recentes, com algum material represado por troncos. Os taludes verticais junto às casas, com alturas que chegam a ultrapassar 10 m, representam locais propícios a quedas de terra. Alta declividade na meia encosta superior, sulcos de erosão concentrada e árvores inclinadas. Na meia encosta inferior ocorrem sulcos de erosão concentrada, loteamentos em terraços abandonados e acúmulo de água com grande quantidade de lixo doméstico.

Uso e ocupação

Ocupação residencial concentrada no fundo do vale, abaixo de tanque de água que pode alimentar fluxo de lama, se houver reativação de algum deslizamento planar.

Histórico dos últimos eventos

Sete deslizamentos planares foram gerados nas chuvas de março de 2011, com destruição de uma moradia de baixo padrão construtivo e danificação de outras duas de médio padrão construtivo.

Nível de risco

Alto para fluxo de lama no fundo do vale, entre as ruas Deputado Alencar Furtado e José Milani, e moderado para deslizamentos planares no lado de cima da primeira rua.

Limites da zona de alerta

Rua José Milani: esquina com Rua Olavo Seidel (729100E; 7185498N) até o fim da rua (729117E; 7185603N).

Rua Olavo Seidel: da esquina com a Rua José Milani (729100E; 7185498N) até a esquina com a Rua Deputado Alencar Furtado (729100E; 7185498N).

Rua Deputado Alencar Furtado: da esquina com a Rua Olavo Seidel (729100E; 7185498N) até o fim da rua (729101E; 7185485N).

Recomendações

No curto prazo, instalar sistema de monitoramento na vertente para prevenir reativação do deslizamento planar interrompido.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

Casas cadastradas para desocupação preventiva

Foram cadastradas 22 moradias para desocupação preventiva pela Defesa Civil, em condições de chuvas intensas (Quadro 21).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
Rua José Milani, s/n	729117E	7185603N	100-855	F	A	
Rua José Milani, 61	729104E	7185597N	100-856	F	A	
Rua José Milani, s/n	729057E	7185561N	100-857	F	A	
Rua José Milani, s/n	729065E	7185540N	100-858	F	A	
Rua Olavo Seidel, s/n	729084E	7185522N	100-859	F	A	
Rua Olavo Seidel, 300	729100E	7185498N	100-860	F	A	
Rua Dep Alencar Furtado, 231	729114E	7185522N	100-861	F	A	
Rua Dep Alencar Furtado, 241	729114E	7185522N	100-862	F	A	
Rua Dep Alencar Furtado, 303	729114E	7185522N	100-863	F	A	
Rua Dep Alencar Furtado, 259	729134E	7185535N	100-864	F	A	
Rua Dep Alencar Furtado, 279	729146E	7185544N	100-865	F	A	
Rua Dep Alencar Furtado, 400	729211E	7185600N	100-867	P	A	
Rua Dep Alencar Furtado, 338	729172E	7185576N	100-868	P	A	
Rua Dep Alencar Furtado, 326	729172E	7185576N	100-869	P	A	
Rua Dep Alencar Furtado, 290	729152E	7185551N	100-870	P	M	
Rua Dep Alencar Furtado, 278	729144E	7185539N	100-871	P	M	
Rua Dep Alencar Furtado, s/n	729132E	7185530N	100-872	P	M	
Rua Dep Alencar Furtado, s/n	729115E	7185517N	100-874	P	M	
Rua Dep Alencar Furtado, s/n fds	729115E	7185517N	100-875	P	A	
Rua Dep Alencar Furtado, s/n	729114E	7185514N	100-876	P	A	
Rua Dep Alencar Furtado, s/n	729107E	7185493N	100-878	P	M	
Rua Dep Alencar Furtado, 210	729101E	7185485N	100-879	P	A	

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 21 - Casas cadastradas na AR-14.

7.3 Morro da Caixa d'Água

AR-15

Localização

Do topo do morro da Caixa d'Água, sobre a Alameda Guarapirocaba, até a Rua Soldado Vilmar Conrado de Oliveira.

Vertentes

A área de risco envolve as vertentes CA-23 e CA-24.

Relevo

Encosta linear em perfil e côncavo-convexa em planta, declividade de 25-40^{o} para N15-25^{o}W. Quebra de relevo logo abaixo do topo, formando escarpas de 1-3 m escalonadas.

Drenagem

Drenagem intermitente na encosta superior, passando a permanente de baixa vazão a partir da meia encosta.

Cobertura vegetal

Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com desmatamento na meia encosta inferior, principalmente acima da Alameda Guarapirocaba.

Geologia

Anfibolito foliado e diabásio afloram em blocos rolados.

Formações superficiais

Solo residual raso no topo do relevo (< 1,8 m) e colúvio grosso na encosta em geral, com blocos de anfibolito e diabásio em matriz argilosa. Os blocos de diabásio aumentam em quantidade e tamanho logo acima da Alameda Guarapirocaba.

Feições de instabilidade

Corrida de lama identificada pelo número MM-13, que se estende ao longo de toda área de atenção.

Uso e ocupação

Área densamente ocupada por 37 edificações, entre residências, igrejas, pequeno comércio e pequenos estabelecimentos de serviços, das quais 25 são de alvenaria e 12 são de madeira. Entre essas incluem-se 3 residências que foram destruídas pela corrida de lama, abaixo da Alameda Guarapirocaba.

Nível de risco

Muito alto para enxurradas e alto para corridas de lama.

Limites da zona de alerta

Alameda Guarapirocaba: casa 1033 (UTM 729051E, 7184835N) e casa sem número imediatamente a oeste (UTM 729023E, 7184823N), além de duas casas confrontantes, abaixo da rua e junto ao eixo da corrida de lama de março de 2011.

Rua Maria Furusho: casas situadas no lado oeste da rua, desde a esquina com a Rua Soldado Vilmar Conrado de Oliveira (UTM 728985E, 7185106N) até a esquina com a Rua São Manoel (UTM 729048E, 7184943N).

Rua Soldado Vilmar Conrado de Oliveira: casas situadas no lado de cima da rua, desde a esquina com a Rua Maria Furusho (UTM 728985E, 7185106N) até a casa 500, inclusive (UTM 728904E, 7185073N).

Casas cadastradas para desocupação preventiva

Foram cadastradas 13 casas para desocupação preventiva pela Defesa Civil, sob condições de chuvas intensas (Quadro 22).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
Al. Guarapirocaba 1033 fundos	729056E	7184817N	100-730	D	M	
Al. Guarapirocaba 1213	729024E	7184807N	100-731	X	M	Casa afundou nos fundos.
Al. Guarapirocaba 820A	729040E	7184854N	100-732	X	A	
Al. Guarapirocaba 820B	729035E	7184863N	100-733	X	A	
Al. Guarapirocaba 820C	729043E	7184861N	100-734	X	A	
Rua Nelson Vassari 119	729073E	7184891N	100-735	X	A	Abaixo do nível da rua.
Rua Gotino Ramos s/n última casa	728990E	7184911N	100-736	F	MA	Recomendar demolição.
Rua Gotino Ramos s/n penúltima casa	729003E	7184909N	100-737	F	MA	Recomendar demolição.
Rua Gotino Ramos 160	728995E	7184927N	100-738	F	MA	Recomendar demolição.
Soldado Vilmar Conrado de Oliveira	728974E	7185045N		A	A	
Rua Maria Furusho 167	728992E	7185064N		A	A	
Rua Soldado Vilmar Conrado de Oliveira 516	728956E	7185092N		A	A	
Rua Soldado Vilmar Conrado de Oliveira 250	728942E	7185087N		A	M	

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 22 - Casas cadastradas na AR-15.

Recomendações

No curto prazo, limpar o fundo do vale acima e abaixo da Alameda Guarapirocaba, desobstruir as manilhas sob a ferrovia e demolir as casas indicadas no quadro acima, porque estão instaladas em terreno impróprio para ocupação permanente, no fundo do vale e no eixo de enxurradas e fluxos de lama.

No curto prazo, instalar sistema de monitoramento na vertente para prevenir reativação do deslizamento planar interrompido.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-16

Localização

Bairro Caixa d'Água, imediatamente a oeste do morro da Antena, da Alameda Guarapirocaba até a Rua Soldado Vilmar Conrado de Oliveira.

Vertentes

A área de risco envolve as vertentes CA-25, CA-27, CA-28 e AN-05.

Relevo

Encosta linear em perfil e côncava em planta, declividade de 25-30^{o} para N15-20^{o}W, sem quebras de relevo.

Drenagem

Drenagem intermitente na encosta superior, passando a permanente de baixa vazão a partir da meia encosta.

Cobertura vegetal

Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com desmatamento generalizado, principalmente acima da Alameda Guarapirocaba.

Geologia

Anfibolito foliado e diabásio afloram em blocos rolados.

Formações superficiais

Solo residual raso no topo do relevo (< 1,8 m) e colúvio grosso na encosta em geral, com blocos de anfibolito e diabásio em matriz argilosa. Os blocos de diabásio aumentam em quantidade e tamanho logo acima da Alameda Guarapirocaba.

Feições de instabilidade

Sem feições de instabilidade observadas.

Uso e ocupação

Ocupação residencial em adensamento e de baixo padrão construtivo, com algumas exceções, limitada ao entorno das ruas que delimitam a área de atenção. Total de 22 edificações, 13 de alvenaria e 9 de madeira.

Nível de risco

Muito alto para enxurradas e moderado para deslizamentos planares e corridas de lama.

Limites da zona de alerta

Alameda Guarapirocaba: da casa 853A (UTM 729223E, 7184830N) até a casa 873 (UTM 729023E, 7184828N), inclusive as casas do lado oposto da rua.

Rua Soldado Vilmar Conrado de Oliveira: da casa 608 (UTM 729044E, 7185119N) até a casa 648 (UTM 729112E, 7185150N), no lado de cima da ferrovia.

Rua Capitão Cordeiro: 2 casas sem número, situadas depois do final da rua (UTM 729104E, 7185062N).

Rua Laudezir Martinski: casas 99 e sem número, situadas no final da rua (UTM 729121E, 7185002N).

Casas cadastradas para desocupação preventiva

Foram cadastradas 17 casas para desocupação preventiva pela Defesa Civil, sob condições de chuvas intensas (Quadro 23).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
Al. Guarapirocaba 853A	729223E	7184834N	100-724	D	A	Risco na casa dos fundos c/ fundações expostas.
Al. Guarapirocaba 873	729225E	7184819N	100-726	X	M	
Al. Guarapirocaba 684	729203E	7184844N	100-727	X	A	Recomendar limpeza no fundo do vale.
Al. Guarapirocaba 6466	729242E	7184810N	100-728	X	A	Proprietário vai desmontar e construir nova.
Al. Guarapirocaba 200	729109E	7184824N	100-729	Q	M	Talude junto à casa em colúvio com blocos.
Tv. Laudezir Martinski 7	729144E	7184963N	100-738	X	M	Fundações altas.
Tv. Laudezir Martinski s/n	729137E	7184989N	100-739	X	M	Monitorar para ver se é invadida por água.
Tv. Laudezir Martinski s/n	729137E	7184989N	100-740	X	M	Monitorar para ver se é invadida por água.
Tv. Laudezir Martinski 99	729133E	7185014N	100-741	X	M	Monitorar para ver se é invadida por água.
Tv. Laudezir Martinski 99 fundos	729120E	7185041N	100-742	X	M	Monitorar para ver se é invadida por água.
Tv. Capitão Francisco Cordeiro 518	729105E	7185065N	100-743	A	A	
Tv. Capitão Francisco Cordeiro 180	729102E	7185080N	100-744	A	A	
Tv. Capitão Francisco Cordeiro 84	729097E	7185057N		A	A	
Tv. Capitão Francisco Cordeiro 89	729098E	7185065N		A	A	
Soldado Vilmar Conrado de Oliveira 380	729055E	7185120N		A	M	
Soldado Vilmar Conrado de Oliveira 608	729050E	7185120N		A	A	
Soldado Vilmar Conrado de Oliveira 596	729038E	7185112N		A	A	

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 23 - Casas cadastradas na AR-16.

Recomendações

No curto prazo, limpar o fundo do vale acima e abaixo da Alameda Guarapirocaba e desobstruir as manilhas sob a ferrovia.

No curto prazo, instalar sistema de monitoramento na vertente para prevenir reativação do deslizamento planar interrompido.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-17

Localização

Encosta SW do morro da Antena, estendendo-se sobre a Alameda Guarapirocaba.

Vertentes

A área de risco envolve completamente a vertente AN-04.

Relevo

Encosta linear em perfil e côncava em planta, declividade de 25-30^{o} para N20^{o}W, sem quebras de relevo. O local é uma sela entre os morros da Caixa d'Água e da Antena, sobre o qual percorre o traçado da Alameda Guarapirocaba.

Drenagem

Drenagem permanente de baixa vazão a partir da meia encosta inferior.

Cobertura vegetal

Mata atlântica secundária de pequeno a médio porte, com desmatamento ao longo da Alameda Guarapirocaba.

Geologia

Anfibolito foliado e diabásio afloram em blocos rolados.

Formações superficiais

Solo residual raso no topo do relevo (< 1,8 m) e colúvio grosso na encosta em geral, com blocos de anfibolito e diabásio em matriz argilosa.

Feições de instabilidade

Deslizamento planar antigo na encosta SW, morro da Antena, atrás da casa 522.

Uso e ocupação

Ocupação residencial incipiente, com 19 edificações, das quais 14 situam-se na zona de convergência com a área de atenção AR-16. Poucas se situam em locais suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa.

Nível de risco

Alto para enxurradas e moderado para deslizamentos planares e corridas de lama.

Limites da zona de alerta

Alameda Guarapirocaba: da casa 522 (UTM 729255E, 7184979N) até a casa 542 (UTM 729278E, 7184991N), ambas incluídas.

Rua Soldado Vilmar Conrado de Oliveira: da casa 608 (UTM 729044E, 7185119N) até a casa 648 (UTM 729112E, 7185150N), no lado da ferrovia.

Casas cadastradas para desocupação preventiva

Foram cadastradas 3 casas para desocupação preventiva pela Defesa Civil, sob condições de chuvas intensas (Quadro 24).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
Al. Guarapirocaba 522 fundos	729263E	7185015N	100-722	P	A	Talude junto à casa e DP antigo a montante.
Al. Guarapirocaba 532	729259E	7184985N	100-723	X	M	Fundo de vale e abaixo da rua.
Al. Guarapirocaba 532 fundos	729259E	7184985N	100-723	X	M	

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 24 - Casas cadastradas na AR-17.

Recomendações

No curto prazo, limpar o fundo do vale acima e abaixo da Alameda Guarapirocaba e desobstruir as manilhas sob a ferrovia.

No curto prazo, instalar sistema de monitoramento na vertente para prevenir reativação do deslizamento planar interrompido.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

AR-18

Localização

Alameda Guarapirocaba, no bairro Caixa d'Água.

Vertentes

A área de risco envolve a vertente AN-04.

Relevo

Vertente convexa em perfil e em planta, com altura de 80 m sobre a rua.

Drenagem

Sem drenagem no local.

Cobertura vegetal

Mata atlântica secundária rala, de pequeno a médio porte, com desmatamento ao longo da Alameda Guarapirocaba.

Geologia

Anfibolito foliado aflora no talude escavado, exposto por queda de terra.

Formações superficiais

Colúvio grosso com blocos de anfibolito foliado em matriz argilosa.

Feições de instabilidade

Talude escavado, subvertical, com altura máxima de 6 m, suscetível a quedas de terra em períodos de chuva.

Uso e ocupação

Ocupação residencial densa ao longo da rua e terrenos baldios nas encostas do morro da Antena. Dentro da área de atenção situam-se somente 4 casas, 2 de alvenaria e 2 de madeira, todas de baixo padrão construtivo.

Nível de risco

Moderado para queda de terra em talude escavado, onde aflora anfibolito foliado indicando pequena espessura do manto de alteração superficial.

Limites da zona de alerta

Da casa 416 (UTM 729358E, 7185019N) até a casa 446 (UTM 729332E, 7185012N), ambas incluídas, junto ao talude escavado.

Casas cadastradas para desocupação preventiva

Foram cadastradas 5 casas para desocupação preventiva pela Defesa Civil, sob condições de chuvas intensas (Quadro 25).

Endereço	UTM E	UTM N	Foto	Risco	Nível	Observações
Al. Guarapirocaba 406	729345E	7185042N	100-717	Q	A	Casa invadida por lama em dias de chuva intensa.
Al. Guarapirocaba 416	729359E	7185037N	100-721	Q	A	
Al. Guarapirocaba 436	729341E	7185023N	100-718	Q	A	Casa invadida por lama em dias de chuva intensa.
Al. Guarapirocaba 446	729328E	7185011N	100-719	Q	A	Casa invadida por lama em dias de chuva intensa.
Al. Guarapirocaba 452	729322E	7185012N	100-720	Q	A	

Risco - P: deslizamento planar, R: deslizamento rotacional, F: fluxo de lama ou detritos, Q: queda de blocos ou terra, B: rolamento de blocos, E: erosão, X: enxurrada, A: alagamento. **Nível -** MA: muito alto, A: alto, M: moderado, B: baixo.

Quadro 25 - Casas cadastradas na AR-18.

Recomendações

No curto prazo, instalar sistema de monitoramento na vertente para prevenir reativação da queda de terra no talude escavado atrás das casas.

No curto prazo, estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

Em caráter permanente, esclarecer a população residente na área de risco sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa

Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

8. Conclusões e recomendações

A geração de MGM requer que determinados fatores (classe de declividade, forma de encostas, amplitude de relevo, tipo de solo, cobertura vegetal, entre outros) se combinem de tal forma que a infiltração da água de superfície eleve a umidade do solo a valores suficientes para que a coesão e a resistência ao cisalhamento sejam reduzidas até o ponto de ruptura. Isto significa que, sob condições normais de pluviosidade, ainda que prolongada ou intensa, esses acidentes geológicos ocorrem localizadamente, isto é, somente onde são superados os limites paramétricos desses fatores. Daí o seu caráter excepcional, tanto no tempo quanto no espaço. Em determinadas circunstâncias, entretanto, condições climáticas severas podem levar à ruptura dos materiais inconsolidados de forma generalizada na região atingida, caracterizando cenários de desastre natural. Entenda-se como condição climática severa, neste caso, a combinação de um longo período de chuva continuada, de quatro ou mais semanas, e um episódio de chuva fortemente concentrada.

Os MGM ocorridos no perímetro urbano de Antonina, em março de 2011, foram gerados por um evento climático catastrófico, isto é, por chuvas intensas e concentradas em poucas horas, da ordem de 400 mm/24 h, após um período de chuvas continuadas superior a 30 dias. Nestas condições, todos os limites associados aos fatores de estabilidade foram amplamente superados, levando à geração de MGM sobre todos os tipos de terreno, de solo, de rocha, de cobertura vegetal e de ocupação antrópica. Por isto, a avaliação das condições necessárias para o desenvolvimento de MGM, em condições normais de clima, não pode basear-se na distribuição dos eventos de março de 2011, sob pena de superestimar as possibilidades de sua ocorrência, tanto no espaço quanto no tempo. Os movimentos de massa que se sucedem anualmente, nas encostas do litoral brasileiro, têm controles locais mais estritos e dependem do conhecimento dos atributos geomorfológicos e geotécnicos do terreno para serem previstos.

Foi demonstrado, neste relatório, que índices pluviométricos isolados e estáticos não conseguem prever eventos provocados por interações não-lineares

entre chuva, umidade do solo e deslizamentos, o que implica em largas margens de erro nas previsões. Além disto, como os índices críticos flutuam ao longo do tempo, em função dos padrões de clima, é mais conveniente usar índices combinados de chuvas prolongadas e eventos de alta intensidade ou, alternativamente, índices sazonalizados. Por isto, enfatizamos a necessidade de se reavaliar os índices pluviométricos utilizados atualmente pelas instituições paranaenses envolvidas com a gestão do risco associado a MGMs, tendo em vista a adoção de critérios mais confiáveis.

A avaliação das vertentes da área urbana de Antonina acusou uma notável concentração de feições de instabilidade antigas e recentes sobre as encostas do morro do Bom Brinquedo. Por isto, somente no entorno deste morro são recomendadas à Defesa Civil 14 áreas de atenção, para monitoramento e alerta, em caso de previsão de chuvas acima de limites que venham a ser definidos em comum acordo com o SIMEPAR. Como está recomendado acima, o limite de 100 mm/72 h, adotado para início de estágio de alerta, precisa ser rediscutido e reavaliado, em função de séries históricas de pluviosidade, para decisão sobre a sua confirmação ou substituição por algum critério mais confiável.

A maior concentração de deslizamentos planares, alguns seguidos de fluxos de lama, no morro do Bom Brinquedo não invalida o que é dito nos parágrafos iniciais deste capítulo. A generalização de MGM em condições geomorfológicas e ocupacionais muito variadas vale para o litoral paranaense como um todo. Na área urbana de Antonina, a maior incidência de eventos no morro do Bom Brinquedo pode ser explicada pela maior transmissividade hidráulica e menor espessura do solo arenoso, de origem granítica. Merece maior atenção a baixa frequência de deslizamentos nos morros vizinhos, à exceção da Caixa d'Água, aparentemente devido às características opostas da cobertura de material inconsolidado. Desenvolvido sobre anfibolito, o solo daqueles morros é argiloso, com espessa camada de solo laterítico e espessura total da ordem de 3 metros, retardando a infiltração da água da chuva. Por outro lado, a forte declividade dos morros de anfibolito pode favorecer o escoamento da água precipitada.

No que diz respeito aos MGM, é patente a maior periculosidade dos fluxos de lama e detritos, dotados de maior velocidade, volume e energia, isto é, de

maior potencial destrutivo. A condição básica favorável à sua formação consiste na presença bacias de contribuição com áreas da ordem de 10 hectares e vales entalhados, profundos e ramificados no exutório, que se comportam como áreas de concentração dos fluxos de água e sedimentos, imediatamente a montante das planícies de dispersão. Não é coincidência que os maiores danos ambientais, na infraestrutura e na ocupação antrópica ocorreram na desembocadura dos vales de Laranjeiras, Buraco da Onça e Caixa d'Água. Fora do município de Antonina, as mesmas condições geomorfológicas favoreceram os volumosos fluxos de detritos da Floresta, em Paranaguá e Morretes.

Outra constatação resultante dos trabalhos realizados em Antonina relaciona-se com o foco a ser dado em projetos futuros, voltados à prevenção de movimentos de massa. No início da etapa ora concluída, a prioridade da equipe da MINEROPAR era buscar o entendimento das relações entre os atributos do terreno, os agentes modificadores desses atributos e os agentes deflagradores de movimentos de massa. Em função destas relações e dos seus impactos sobre a infraestrutura e a comunidade, seriam definidos níveis de vulnerabilidade e risco. Os resultados acumulados e a orientação recebida do Dr. Lázaro V. Zuquette demonstraram, entretanto, que é mais produtivo concentrar o foco nos atributos do terreno, estabelecendo a predisposição de cada vertente para movimentos de massa específicos. Esta predisposição precisa ser definida com o maior grau possível de consistência e confiabilidade, antes que se possa avançar às interpretações de suscetibilidade, vulnerabilidade e risco. Com base no modelo conceitual de deslizamento planar adotado neste relatório, optamos por indicar também a suscetibilidade das vertentes para MGM, ficando registrado que vertentes classificadas como sendo de baixa suscetibilidade não estão isentas de abrigar a ocorrência de deslizamentos futuros.

Além disto, a avaliação do risco - valor econômico das perdas previsíveis, ponderado pela probabilidade de elas ocorrerem - deve ser feita por equipes multidisciplinares, envolvendo geólogos, engenheiros civis e economistas, entre outros. Trata-se de uma atividade de perícia técnica complexa e de alta responsabilidade, que pode levar a consequências sociais e econômicas danosas, quando reduzida a versões incompletas, qualitativas e subjetivas.

Os resultados obtidos nesta etapa do projeto permitem afirmar que falta adquirir maior conhecimento sobre os tipos de solo da área, seus respectivos comportamentos geotécnicos e relações com movimentos de massa. Esta carência não prejudica a qualidade dos trabalhos executados até esta data, na área urbana de Antonina, mas reflete antes de tudo limitações inerentes ao conhecimento geotécnico dos solos brasileiros e das metodologias utilizadas no seu estudo. Por isto, em continuidade às ações empreendidas até esta data, recomenda-se à MINEROPAR e às demais entidades paranaenses dedicadas à prevenção de desastres naturais, institucionalizar a decisão de tornar Antonina um laboratório permanente de pesquisa nesta área.

Considerando a síntese feita anteriormente sobre os critérios e ensaios utilizados na classificação geotécnica de solos e que a ruptura dos materiais inconsolidados, na geração de movimentos de massa, é explicada por *perda de coesão e resistência ao cisalhamento por efeito do aumento da umidade no solo*, recomendamos o que segue:

- Estabelecer uma classificação de campo para os solos da área urbana de Antonina que atenda ao objetivo de prever os seus respectivos comportamentos geotécnicos, no que diz respeito à instabilização de encostas. A classificação feita pelo mapeamento ora relatado deve ser considerada preliminar, sujeita a retificações em função de novos dados de campo e laboratório. Espera-se, com isto, contribuir para a redução das generalizações simplistas e inconsistentes que predominam na gestão do risco relacionado à instabilidade de encostas, no nosso país.

- Coletar dados de campo referentes às propriedades hidráulicas dos vários tipos de solo, tais como permeabilidade, difusividade e condutividade hidráulica. Elas controlam as condições de saturação do terreno e, consequentemente, o tempo necessário para a frente de umedecimento atingir profundidades críticas, necessárias para a deflagração de movimentos de massa. Estes parâmetros são obtidos de forma consistente e confiável em ensaios de campo, enquanto altas margens de erro associam-se às extrapolações feitas a partir dos ensaios de laboratório. Tensiômetros instalados em vertentes selecionadas e medidas de permeabilidade, feitas com permeâmetro de Guelph segundo uma malha suficientemente densa para cobrir adequadamente as encostas de interesse,

devem fornecer os dados necessários a este objetivo. Incluem-se nestes estudos determinações da influência dos macroporos sobre a transmissividade hidráulica, pouco conhecida no ambiente da Geologia de Engenharia brasileira.

- Desenvolver estudos que estabeleçam as relações estatísticas entre índices pluviométricos, umidade nos diferentes tipos de solo e respectivas propriedades geotécnicas. Desta forma, é possível que a médio e longo prazo os índices pluviométricos venham a ser usados como critérios confiáveis para ações de defesa civil, com margens de erro aceitáveis. Entretanto, esta linha de pesquisa pode levar a resultados inconsistentes, se for desenvolvida sem o conhecimento adequado sobre o comportamento geotécnico dos materiais inconsolidados, na região.

- Implantar sistemas de monitoramento de umidade e movimentação do terreno nas vertentes com alta predisposição a movimentos de massa. O conhecimento das propriedades geotécnicas dos materiais inconsolidados não resolve o problema de antecipar ações de proteção à comunidade, em períodos de chuva intensa ou prolongada. O monitoramento das vertentes mais instáveis deverá permitir maior segurança nas respectivas áreas de atenção, devendo ser incorporado às ações da MINEROPAR, na continuidade deste projeto.

- Atualizar o inventário de movimentos de massa na região, com base em imagens de sensoriamento remoto posteriores a março de 2011. Inventários isolados no tempo não informam sobre a evolução geomorfológica do relevo e as suas relações com o clima, sendo de utilidade apenas imediata.

Além disto, considerando que movimentos gravitacionais de massa são processos geomorfológicos responsáveis pela evolução do relevo, em regiões montanhosas de um modo geral e no litoral paranaense em particular, recomendamos desenvolver estudos voltados ao estabelecimento das relações entre deslizamentos de encostas e atributos geomorfológicos das vertentes. As generalizações encontradas na literatura são insuficientes e muitas vezes contraditórias e não permitem utilizar critérios geomorfológicos na prevenção desses acidentes naturais. Enquanto não for superado o estágio de especulações teóricas, nesta área do conhecimento, não será possível avançar além do nível

atingido por este relatório até a definição de suscetibilidade, vulnerabilidade e risco.

Nem todas essas atividades podem ser executadas pela MINEROPAR, sem a cooperação com outras entidades de pesquisa, de modo que parcerias deverão ser formalizadas a partir do próximo ano, para viabilização destas linhas de trabalho.

O município de Antonina não dispõe de um Plano Preventivo de Defesa Civil. A Coordenadoria Estadual da Defesa Civil - CEDEC estabeleceu um plano de ação com vistas ao monitoramento, controle e intervenção, no caso de se repetirem acidentes naturais. Assim como os órgãos do poder público estadual e municipal pautaram as suas intervenções pelos pareceres técnicos formais e recomendações informais da MINEROPAR, o mesmo poderá ser feito tendo em vista à aprovação de um Plano Preventivo de Defesa Civil. Isto é, a MINEROPAR poderá assessorar os órgãos estaduais e municipais envolvidos na elaboração de um Plano Preventivo de Defesa Civil para o município de Antonina, com possibilidade de ser estendido para outros municípios do litoral paranaense.

Esta iniciativa trará como benefício à MINEROPAR e às demais instituições envolvidas a aquisição de um conhecimento e uma experiência prática, desde a prevenção até a correção dos acidentes geológicos deste tipo, indispensáveis ao Estado e que se torna urgente para a comunidade do litoral paranaense.

Merecem ser reiteradas aqui as recomendações feitas à Defesa Civil, para a gestão das áreas de atenção, no curto prazo:

- Estabelecer local para instalação dos moradores, nos períodos de alerta.

- Executar obras de recuperação do terreno mobilizado, drenagem e contenção para evitar novos deslizamentos.

- Instalar sistema de monitoramento nas vertentes mais críticas, para prevenir reativação dos deslizamentos dormentes e inativos.

- Avaliar em conjunto com a COMDEC cada edificação atingida pelos deslizamentos, dentro das áreas de atenção, para decidir medidas cabíveis de interdição permanente, demolição ou recuperação.

- Em caráter permanente, esclarecer a população residente nas áreas de atenção sobre as medidas de cautela que deverão ser tomadas pelos moradores e pela Defesa Civil, em períodos de chuvas intensas, principalmente quando combinadas com chuvas antecedentes prolongadas.

9. Referências

AB'SABER, A. N. O domínio dos mares de morros no Brasil. **Geomorfologia,** n. 2, 9 p., 1966.

AGS - American Geological Society, 2000. **Landslides definitions**. s.d.e.

AHRENDT, **A. Movimentos de massa gravitacionais - proposta de um sistema de previsão: aplicação na área urbana de Campos do Jordão*, SP.*** 390 f. Tese (Doutorado em...) -Escola de Engenharia de São Carlos,.Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

ATTERBERG, A. Studien auf dem Gebite der Bodenkunde. ***Landwirtschaffliche Versuchs-Stationen,*** v. 69, p. 63-143, 1908.

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/PMRJ/SMO/GEORIO, 1992. v. 2. p. 721-733.

AUGUSTO FILHO, O. ; SHINOHARA, E. J. Mapeamento de áreas de risco de escorregamento e solapamento de margens do Município de São Paulo –SP: o exemplo da favela Serra Pelada, Subprefeitura Butantã. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1.,2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis : GEDN/UFSC, 2004. p. 59-72. 1 CD-ROM.

BASTOS, C. A. B. **Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não-saturados**. 303 f. Tese (Doutorado em...) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
.

BASTOS, C. A. B.; MILITITSKY, J. ; GEHLING, W. A avaliação da erodibilidade dos solos sob o enfoque geotécnico-pesquisas e tendências. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, v. 1, p. 17-25, 2001.

BHANDARI, R. K. ; WEERASINGHE, K. M. Pitfalls in Subrogating Slope Maps for Landslide Hazard Maps. In: PROCEEDINGS OF THE ASIAN CONFERENCE ON REMOTE SENSING. **Proceeding.** Colombo, 1996.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis : Editora da UFSC, 2003. v. 3, p. 884-1436.

BIGARELLA, J. J.; MARQUES, F. P. L. ; AB'SABER, A. N. Ocorrência de pedimentos remanescentes nas fraldas da Serra do Iquererim (Garuva, SC). **Boletim . Paranaense de. Geografia**, Curitiba, n 4/5, 1961.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS, E.; HERMANN, M. L. P.; MENDONÇA, M.; SANTOS, G. F.; CARVALHO, S. M. C.; COITINHO, J. B. L. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis : Editora da UFSC, 1996. v. 2.

BRAND, E. W. Analysis and design in residual soils. **ASCE,** Honolulu, p. 89-143, 1982.

BUSSLINGER, M. **Landslide time-forecast methods**. HSR University of Applied Sciences, Institut für Bau und Umwelt, Rapperswil, Switzerland. 31 p., 2009.

CARNEIRO, M. V. ; CHARRET, I. C. A. Criticalidade auto-organizada na pilha de areia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, 2005.

CARRARA A., CARDINALI, M., GUZZETTI, F. ;. REICHENBACH, P. GIS technology in mapping landslide hazard. GIS, **Proceedings, Susceptibility-Hazard**,1995.
CARVALHO, L. M. V. **Probabilidade**. São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. S.d.e., 2005.

CASADEI, M.; DIETRICH, W. E.; MILLER, N. L. Testing a model for predicting the timing and location of shallow landslide initiation in soil-mantled landscapes. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 28, p. 925-950, 2003.

CASAGRANDE, A. Classification and identification of soils. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. **Proceedings**. p.783-810, 1947.

CERRI, L. E. S. Carta Geotécnica: contribuições para uma concepção voltada as necessidades brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6., 1990, Salvador. **Anais ...** Salvador, ABGE, 1990. v.1, p. 309-317.

CRUDEN, D. M.; VARNES, D. J. Landslide types and processes. In **SPECIAL Report 247: Landslides: Investigation and Mitigation**, Transportation Research Board, Washington D.C. 1998.

DEERE, D. V. ; PATTON, F .D. Slope stability in residual soils. **Intern. Soc. Soil Mechanics and Geotechnical Engineering**, San Juan, p. 87-170, 1971.

DELMONACO G.; IPPOLITO, F.; MARGOTTINIC. The CEC Project. Meteorological Factors influencing slope stability and slope movement type: evaluation of hazard prone areas. *In*: HYDROLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL RISKS: PROCEEDINGS OF THE FIRST REVIEW MEETING, 1., 1995. ***Anais***…1995. p. 259-283.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS - DRM-RJ. **Correlação de chuvas x escorregamentos no Estado do Rio de Janeiro no mês de fevereiro de 2012**. Relatório. 2012.

DERRUAU, M. **Geomorfologia**. Barcelona : Ediciones Ariel, 1966.

ERCANOGLU, M ; GOKCEOGLU, C. Assessment of landslide susceptibility for a landslide-prone area (north of Yenice, NW Turkye) by fuzzy approach. **Environmental Geology**, v. 41, 2002, p.720-730.

FABBRI, G. T. P. **Caracterização da fração fina de solos tropicais através da adsorção de azul de metileno***.* 101 f*.* Tese (Doutorado em ...) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.

FIORI, A. P. ; CARMIGNANI, L. **Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas**: aplicação na estabilidade de taludes. Curitiba, Ed. UFPR, 2ª edição, 2009.

GEOPLANEJAMENTO. **Mapeamento geológico-geotécnico da porção leste da Serra do Mar, Paraná**. Curitiba : MINEROPAR, 2011.

GOVI, M.; SORZANA, P. F. Landslide susceptibility as a function of critical rainfall amount in Piedmont Basin (North-Western Italy). **Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica**, n. 14, 1980. p. 43-61.

GRECO, A. M. F.; MUNARETO, J. D. ; POZZEBON, B. C. ; MUNARETO, G. S. ; GALON, L. ; BEUTLER, A. N. Influência do manejo nas propriedades físicas do solo. **Salão Internac. Ensino, Pesq. e Extensão**, v. 4, n. 2, 2012.

GUARIGUATA, M. R., Landslide disturbance and forest regeneration in the upper Luquillo mountains of Puerto Rico. **Journal of Ecology**, v. 78, n. 3, 1990. p.814-832.

GUIDICINI, G. ; IWASA, O. Y. Tentative correlation between rainfall and landslides in a humid tropical environment. **Bull. Eng. Geol. Env**., v. 16, 1977. p. 13-20.

GUZZETTI, F. **Landslide hazard and risk assessment.** Tese (Doutorado em...) -Univ. Friedrich-Wilhelm , Bonn. 2005.

GUZZETTI, F. ; PERUCACCI, S. ; ROSSI, M. **RISK AWARE Definition of critical threshold for different scenarios (WP 1.16). IRPI CNR.** Perugia, 2005. 38 p.

HUTCHINSON J. N. Mass Movement. In: (Fairbridge, R. W., ed.), **The Encyclopedia of Geomorphology Reinhold Book Corp**. New York, 1968. p. 688–696.

HUTCHINSON, J. N. Landslide risk - to know, to foresee, to prevent. **Geologia Technica & Ambientale,** v. 9, p. 3-24, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **XII Censo demográfico**. Brasília : IBGE, 2010.

INTERNATIONAL SOCIETY OF SOIL MECHANICS AND FOUDATIONS ENGINEERING. Progress Report (1982-1985) of the committee on tropical soils: Peculiarities of geotechnical behaviour of tropical lateritic and saprolitic soils. **International Conference on Soil Mechanics.** Brasília : ABMS, 1985, p. 1-45.

ISTITUTO DI RICERCA PER LA PROTEZIONE IDROGEOLOGICA. Disponível em:<http www.irpi.cnr.it>. 2012.

IVERSON, R. M. Landslide triggering by rain infiltration. **USGS, Water Resources Research**, v. 36, n. 7, p. 1897-1910, 2000.

KANUNGO, D. P.; ARORA, M. K. ; SARKAR, S. ; GUPTA, R. P. A. Fuzzy set based approach for integration of thematic maps for landslide susceptibility zonation. **Georisk,** v. 3, n. 1, p. 30-43, 2009.

KING, L. C. Canons of landscape evolution. **Bull. Geol. Soc. Amer**., v.64, n.7, p. 721-752, 1953.

LACERDA, W. A. ; SANDRONI, S. S. **Movimentos de massa coluviais. Mesa redonda sobre aspectos geotécnicos de encostas**. Rio de Janeiro : Clube de Engenharia, 1985.

MACEDO, E. S. ; OGURA, A. T. ; ARAUJO, R. E. Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) para deslizamentos, estado de São Paulo, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS,1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis : GEDN/UFSC, 2004.

MEDINA, J. ; PREUSSLER, E. S. Características resilientes de solos em estudos de pavimentos. **Solos e Rochas**, Rio de Janeiro, v.3, n.1, p. 3-26,1980.

MELLO, P. G. **Influência da compactação na erodibilidade de um solo parcialmente saturado**. {S.l. : s.n.}, 2011.

MENDES, R. M. **Estudo das propriedades geotécnicas de solos residuais não saturados em Ubatuba (SP)**. Tese (Doutorado em...) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

Minerais do Paraná. **Cadastramento e avaliação de risco em movimentos gravitacionais de massa na área urbana de Antonina.** Curitiba : MINEROPAR, 2011. relatório técnico.

NOGAMI, J. S. ; VILLIBOR, D. F. Soil characterization of mapping units for highway purposes in a tropical area**. Bull. Internat. Assoc. Engineering Geology, Krefeld,** n. 19, p. 196-199, 1979.

NOGAMI, J. S. ; VILLIBOR, D. F. Caracterização e classificação gerais de solos para pavimentação: limitação do método tradicional, apresentação de uma nova sistemática. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 15., 1980, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte : ABPV,1980.

NOGAMI, J. S. ; VILLIBOR, D.F. Uma nova classificação de solos para finalidades rodoviárias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA. **Anais...** Rio de Janeiro : COPPE/UFRJ/CNPq/ABMS, 1981.

NOGAMI, J. S. ; VILLIBOR, D. F. Peculiarities of fine grained stabilized lateritics soils. **TropicalLS'85,** *ABMS,* p. 327-337. 1985.

NOGAMI, J. S. ; VILLIBOR, D. F. **Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos**. São Paulo : Ed. Villibor, 1995.

PEIXOTO, A. S. P. ; FABBRI, G. T. P. ; NOGUEIRA, J. B. Uma avaliação da repetibilidade dos parâmetros que compõem a classificação. In CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, **Anais...** Rio de Janeiro MCT. ABGE,1996. p. 251-259.

POPESCU, M. **Landslide causal factors and landslide remediatial options**. Acesso na internet, sem dados editoriais, preparado em 2002.

REID, M. E. ; BAUM, R. L. ; LAHUSEN, R. G. ; ELLIS, W. L. **Capturing landslide dynamics and hydrologic triggers using near-real-time monitoring**. Landslides and Engineered Slopes, Taylor & Francis Group, London, 2008.

SOARES, J. E. S. ; POLITANO, C. F. Deslizamento de massa de solo de grandes dimensões, encostas de Piraquara. **Conf. Bras. Estab. Enc**., Rio de Janeiro : ABMS/ABGE,1997. p. 475-484.

SÓRIA, M. H. A. **Reflexões lógicas sobre classificação de solos**. 209 f. Tese (Doutorado em ...) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1985.

SANTOS, W. ; VIEIRA, B. C. . Análise da Influência dos Fatores Topográficos e Geológicos na Distribuição de Escorregamentos Rasos na Serra do Mar (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 12., 2007, Natal. , 2007. **Anais...** Natal, 2007.

SHUJUN, S.; BAOLEI, Z. ; WENLAN, F. ; WANCUN, Z. Using fuzzy relations and GIS method to evaluate debris flow hazard Wuhan. **Univ. Jour. Nat. Sc**., v. 11, n. 4, p. 875-881, 2006.

SIDLE, R. C. ; PEARCE, A. J. ; O'LOUGHLIN, C. L. Hillslope stability and land use. Water Resources **Monograph,** n.11, 1985. 140 p.

TATIZANA, C. ; OGURA, A. T. ; CERRI, L. E. ; ROCHA, M. C. M. Modelamento numérico da análise de correlação entre chuvas e escorregamentos aplicado às encostas da Serra do Mar, município de Cubatão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5., 1987, São Paulo. **Anais...** São Paulo : ABGE, 1987. p. 237-248.

TOMINAGA, L. K. ; SANTORO, J. ; AMARAL, R. **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. São Paulo : Instituto Geológico, 2007, 196 p.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. UN-ISDR **Terminology on Disaster Risk Reduction**, 2009.

VANHONI, F. ; MENDONÇA, F. A. O Clima do litoral do estado do Paraná. **Revista de Climatologia**, n. 3/4, p. 49-64, 2008.

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, Rep. n. 176, p. 11–33, 1988.

VARNES, D. J. **Landslides hazard zonation: a review of principles and practice. Natural Hazards.** Commission of Landslides of the Int. Assoc. of Eng.,n. 3, 1984.

VERTAMATTI, E. Novas considerações geotécnicas sobre solos tropicais amazônicos de textura fina. In: **REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO**, 23., 1988, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1988. p.533-564.

ZUQUETTE, L. V. **Análise e proposta metodológica sobre cartografia geotécnica para condições brasileiras.** 3 v. Tese (Doutorado em...) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos,1987.

ZUQUETTE, L. V. **Movimentos de massa gravitacionais: condicionantes geologico-geotecnicos.** Sao Paulo : Escola de Engenharia de Sao Carlos, 2009. 72 p.

ZUQUETTE, L. V. ; PEJON, O. J. . Eventos perigosos geológico-geotécnicos no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS,1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis : GEDN/UFSC, 2004. p. 312-336.