

RELATÓRIO TÉCNICO
Nº 136.369-205
Casa Militar do Gabinete do
Governador
Piracaia
07 de fevereiro de 2014

**MAPEAMENTO DE ÁREAS DE ALTO E MUITO ALTO RISCO A
DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES DO MUNICÍPIO DE
PIRACAIA, SP**

CLIENTE:
CASA MILITAR DO GABINETE DO GOVERNADOR

UNIDADE RESPONSÁVEL:
CENTRO DE TECNOLOGIAS GEOAMBIENTAIS - **CTGEO**
LABORATÓRIO DE RISCOS AMBIENTAIS - **LARA**

RESUMO

O presente Relatório apresenta os resultados do mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações do Município de Piracaia, estado de São Paulo, em cumprimento ao contrato celebrado entre o IPT e a Casa Militar do Gabinete do Governador do estado de São Paulo. O mapeamento utilizou metodologia simplificada a partir daquela desenvolvida pelo IPT para o Ministério das Cidades e adotada em todo o país. No Município de Piracaia não foram identificadas áreas que apresentassem Risco Alto (R3) e Muito Alto (R4) para escorregamento e inundação. Nesse caso, foi mapeada 1 área de Risco Médio (R2) para escorregamento e 2 áreas de Risco Médio (R2) para inundação. Adicionalmente, foram vistoriados outros trechos sujeitos a inundação, cuja situação de risco foi minimizada em função de obras realizadas na drenagem.

Palavras-chave:

Casa Militar, deslizamento, inundação, área de risco, mapeamento, Piracaia

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 | OBJETIVO..... | 1 |
| 3 | CONSIDERAÇÕES GERAIS..... | 1 |
| 4 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 3 |
| 4.1 | Mapeamento de Risco de Deslizamento | 4 |
| 4.1.1 | Conceitos | 4 |
| 4.1.2 | Tipos de Deslizamentos | 5 |
| 4.1.3 | Condicionantes e Causas dos Deslizamentos | 16 |
| 4.1.4 | Mapeamento | 17 |
| 4.2 | Mapeamento de Risco de Inundação | 22 |
| 4.2.1 | Conceitos | 22 |
| 4.2.2 | Condicionantes e Causas das Enchentes e Inundações | 29 |
| 4.2.3 | Mapeamento | 30 |
| 4.3 | Tratamento dos dados..... | 35 |
| 4.4 | Elaboração de sugestões de intervenções estruturais | 36 |
| 5 | RESULTADOS DOS TRABALHOS | 38 |
| 5.1 | Dados básicos do município de Piracaia | 38 |
| 5.1.1 | Contexto Geológico do município de Piracaia..... | 39 |
| 5.1.2 | Contexto Geomorfológico do município de Piracaia | 41 |
| 5.1.3 | Contexto Pedológico do município de Piracaia | 44 |
| 5.2 | Áreas de Risco mapeadas..... | 46 |
| 5.2.1 | Área PIR-01 (Beira Rio – Rua Luigi Zenga) – Deslizamento (R2 – Risco Médio) 46 | |
| 5.2.2 | Área PIR-02 (Boa Vista / Centro – Rua Afonso Rogério) - Inundação –(R2 – Risco Médio) | 48 |
| 5.2.3 | Área PIR-03 (Centro – Rua Dr. Alipio Ferreira) - Inundação – (R2 – Risco Médio) 49 | |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 50 |
| 7 | EQUIPE TÉCNICA | 52 |
| | APÊNDICE 1 DESENHOS DAS ÁREAS DE RISCO MAPEADAS..... | 55 |
| | APÊNDICE 2 FICHAS DAS ÁREAS DE RISCO MAPEADAS E VISTORIADAS | 60 |
| | APÊNDICE 3 ARQUIVO DIGITAL | 79 |

1 INTRODUÇÃO

O presente Relatório apresenta os resultados do mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações do município de Piracaia (SP) objeto do contrato celebrado entre a Casa Militar do Gabinete do Governador do estado de São Paulo e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, por meio do Laboratório de Riscos Ambientais (Lara), do Centro de Tecnologias Geoambientais (CTgeo).

Os trabalhos foram executados por equipe técnica do IPT e as áreas foram indicadas pelo responsável da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil da Prefeitura Municipal de Piracaia, Sr. André Augusto Pinheiro.

2 OBJETIVO

O objetivo do mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações é dar conhecimento ao poder público da situação dessas áreas, o que permitirá uma série de medidas, ações, planos e projetos para minimizar os problemas encontrados.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O *Office of the United Nations Disasters Relief Co-Ordinator* - UNDRP (1991), órgão das Nações Unidas que atua na prevenção de acidentes naturais e tecnológicos, bem como presta socorro aos países nos quais são registrados esses tipos de acidentes, pauta sua atuação em um modelo de abordagem composto pelas seguintes etapas:

- a) identificação dos riscos;
- b) análise (ou avaliação) de risco;
- c) medidas de prevenção de acidentes;
- d) planejamento para situações de emergência; e
- e) informações públicas e treinamento.

A sequência dessas etapas reflete o fundamento básico de atuação em gestão

de risco, qual seja a busca de elementos técnico-científicos que fundamentem a previsão de acidentes, objetivando subsidiar a necessária prevenção e/ou preparação para eventos de acidentes. Destaca-se que, no presente trabalho, devem ser realizadas as etapas (a), (b) e (c) restando a etapa (d) “planejamento para situações de emergências”; fundamental para a gestão dos riscos, que deve ser estudada e desenvolvida pelas próprias equipes municipais, envolvendo todas as secretarias do município e as comunidades locais e a etapa (e) que poderá ser realizada também pela equipe municipal, principalmente no que tange às informações públicas.

No que se refere aos riscos de natureza geológica e geotécnica, é comum que as atividades que resultam na identificação e análise ou avaliação dos riscos sejam realizadas por meio de investigações de campo. Tais investigações requerem que seja considerada, tanto a probabilidade (ou possibilidade) de ocorrência do evento adverso, quanto as consequências sociais e/ou econômicas associadas aos processos de instabilidade (deslizamentos em encostas e solapamento de margens).

Quanto às consequências, além de avaliar o preparo da população moradora para reagir ao sinistro e recuperar a condição anterior ao acidente, os processos do meio físico devem ser também avaliados, pois além dos danos ao meio ambiente, os prejuízos materiais devem ser associados ao risco analisado.

Em termos da consideração da probabilidade (ou possibilidade) de ocorrência dos processos adversos, atribuem-se níveis de forma qualitativa ou às vezes semi-quantitativa, necessitando para tanto, que o profissional seja experiente.

Desse modo, trata-se de avaliar a probabilidade (ou possibilidade) de ocorrer um determinado fenômeno físico – que corresponde ao processo adverso – em um local e período de tempo definido, com características determinadas, referentes à sua tipologia, mecanismo, material envolvido, magnitude, velocidade, tempo de duração, trajetória, severidade, poder destrutivo, etc.

As investigações geológico-geotécnicas de campo correspondem aos instrumentos que permitem a observação de aspectos referentes às características citadas. Por meio dessas investigações podem ser identificados os condicionantes naturais e induzidos dos processos, indícios de desenvolvimento destes e, feições e evidências de instabilidade.

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

Mesmo reconhecendo-se as eventuais limitações, imprecisões e incertezas inerentes à análise qualitativa de riscos, os resultados dessa atividade podem ser decisivos para a eficácia de uma política de intervenções voltada à consolidação da ocupação. Para tanto, é imprescindível que se adotem métodos, critérios e procedimentos adequados, bem como que se elaborem modelos detalhados de comportamento dos processos adversos. Tais condicionantes, aliados à experiência da equipe executora nas atividades de identificação e análise de riscos, podem subsidiar a elaboração de programas de gerenciamento de riscos, que acabam por reduzir substancialmente a ocorrência de acidentes geológico-geotécnicos, bem como minimizar a dimensão de suas consequências.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método adotado para o desenvolvimento dos trabalhos consiste no levantamento e análise de dados, essencialmente dos arquivos existentes na Prefeitura, Defesa Civil Municipal e de dados coletados pelo IPT. Esses foram sistematizados de modo a estabelecer critérios e procedimentos para avaliação do zoneamento de risco nas áreas, com a finalidade de subsidiar o gerenciamento de riscos, a fim de promover maior segurança e/ou eliminar riscos.

As áreas mais críticas aos processos de deslizamentos e inundação correspondem, na maioria dos casos, às de ocupação não consolidada cuja infraestrutura às vezes é precária, sem equacionamento de processos do meio físico perante as intervenções feitas pela ocupação.

Foram selecionadas áreas para mapeamento de acordo com a experiência e conhecimento por parte dos agentes públicos, considerando as moradias sujeitas aos deslizamentos e inundação. Participaram dessa seleção das áreas representantes da equipe técnica da Prefeitura de Piracaia e do IPT.

Nas áreas mapeadas foram analisadas as situações potenciais de deslizamentos e solapamento de margens de córregos e inundação, sendo adotados os seguintes procedimentos:

- a) Vistorias em cada área, por meio de investigações de superfície, visando identificar condicionantes dos processos de instabilização, evidências de instabilidade, evidências de alcance do processo e indícios do desenvolvimento de processos destrutivos;
- b) Registro em fichas de campo das características de cada setor mapeado e dos resultados das investigações;
- c) Delimitação dos setores de risco, representando-os em imagens disponíveis no Google Earth. Para registrar indicadores de riscos observados no campo e que não estão visíveis nas imagens aéreas, estes foram fotografados durante os trabalhos de campo;
- d) Para cada setor, foi avaliado e definido o grau de risco de ocorrência de processo de instabilização (deslizamento de encostas, quedas de blocos e solapamento de margens de córregos), ou de inundação, válido por um período de 1 (um) ano, segundo critérios pela metodologia para mapeamento de áreas de risco (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007);
- e) Estimativa das consequências potenciais do processo esperado, por meio da avaliação das possíveis formas de desenvolvimento do processo destrutivo atuante (por exemplo, volumes mobilizados, trajetórias dos detritos, áreas de alcance, nível máximo da inundação etc.), e do número de moradias ameaçadas, em cada setor de risco;
- f) Indicação da(s) alternativa(s) de intervenção adequada(s) para cada uma das áreas de risco mapeadas;

4.1 Mapeamento de Risco de Deslizamento

4.1.1 Conceitos

O termo genérico deslizamentos ou deslizamentos engloba uma variedade de tipos de movimentos de massa de solos, rochas ou detritos, gerados pela ação da gravidade, em terrenos inclinados, tendo como fator deflagrador principal a infiltração de água, principalmente das chuvas.

Podem ser induzidos, gerados pelas atividades do homem que modificam as condições naturais do relevo, por meio de cortes para construção de moradias, aterros, lançamento concentrado de águas sobre as vertentes, estradas e outras obras. Por isso, a ocorrência de deslizamentos resulta da ocupação inadequada, sendo, portanto, mais comum em zonas com ocupações precárias de baixa renda.

Os deslizamentos têm possibilidade de previsão, ou seja, pode-se conhecer previamente onde, em que condições vão ocorrer e qual será a sua magnitude, desde que se conheçam em detalhe os meios físico e antrópico e os condicionantes do processo. Para cada tipo de deslizamento existem medidas não estruturais e estruturais específicas.

4.1.2 Tipos de Deslizamentos

Existem diversas classificações nacionais e internacionais relacionadas a deslizamentos. Aqui será adotada a classificação proposta por Augusto Filho (1992), onde os movimentos de massa relacionados a encostas são agrupados em quatro grandes classes de processos: Rastejos, Deslizamentos, Quedas e Corridas.

Rastejo

Os rastejos são movimentos lentos, que envolvem grandes massas de materiais, cujo deslocamento resultante ao longo do tempo é mínimo (mm a cm/ano).

Este processo atua sobre os horizontes superficiais do solo, bem como, horizontes de transição solo/rocha e até mesmo rocha, em profundidades maiores (**Figura 1**). Também é incluído neste grupo o rastejo em solos de alteração (originados no próprio local) ou em corpos de tálus (tipo de solo proveniente de outros locais, transportado para a situação atual por grandes movimentos gravitacionais de massa, apresentando uma disposição caótica de solos e blocos de rocha, geralmente, em condições de baixa declividade).

Este processo não apresenta uma superfície de ruptura definida (plano de movimentação), e as evidências da ocorrência de movimento são trincas verificadas no terreno natural, que evoluem vagarosamente, bem como as árvores, que apresentam inclinações variadas (**Figura 2**). Sua principal causa antrópica é a execução de cortes em sua extremidade média inferior, o que interfere na sua precária instabilidade.

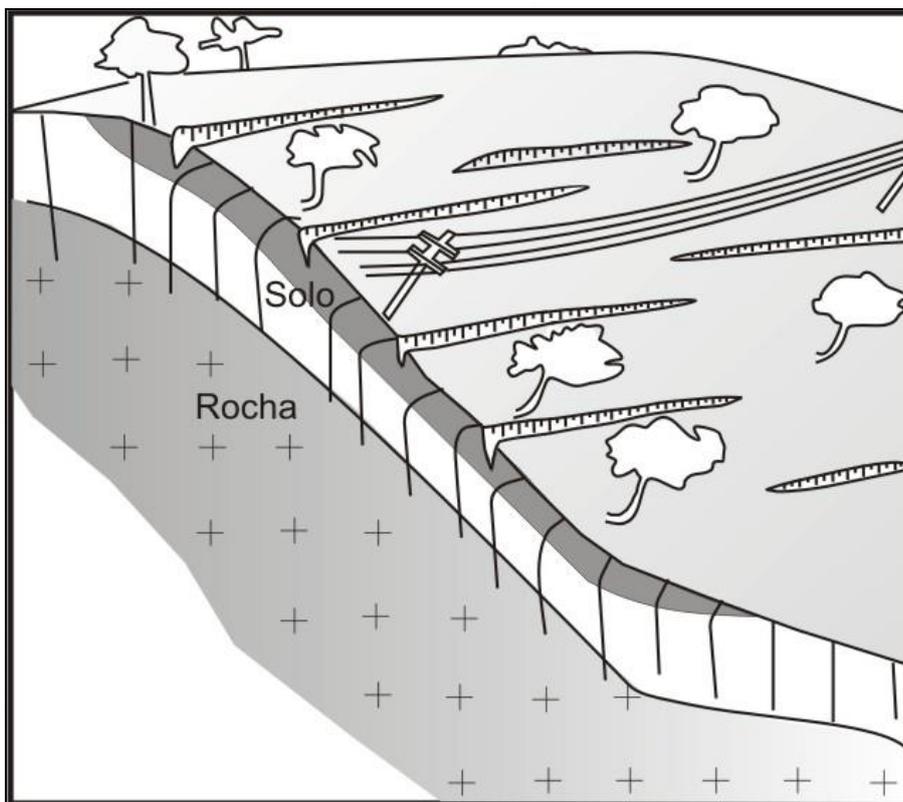


Figura 1 – Perfil esquemático do processo de rastejo (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).



Figura 2– Árvores inclinadas e degraus de abatimento indicando processos de rastejo (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

Deslizamentos Propriamente Ditos

Os deslizamentos são processos marcantes na evolução das encostas, caracterizando-se por movimentos rápidos (m/h a m/s), com limites laterais e profundidade bem definidos (superfície de ruptura). Os volumes instabilizados podem ser facilmente identificados, ou pelo menos inferidos. Podem envolver solo, saprolito, rocha e depósitos. São subdivididos em função do mecanismo de ruptura, geometria e material que mobilizam.

O principal agente deflagrador destes processos é a água das chuvas. Os índices pluviométricos críticos variam de acordo com a região, sendo menores para os deslizamentos induzidos e maiores para os generalizados.

Existem vários tipos de deslizamentos propriamente ditos: planares ou translacionais, os circulares ou rotacionais, os em cunha e os induzidos. A geometria destes movimentos varia em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza nos materiais movimentados, que condicionem a formação das superfícies de ruptura.

Os deslizamentos planares ou translacionais em solo são processos muito frequentes na dinâmica das encostas serranas brasileiras, ocorrendo predominantemente em solos pouco desenvolvidos das vertentes com altas declividades (**Figuras 3 e 4**). Sua geometria caracteriza-se por uma pequena espessura e forma retangular estreita (comprimentos bem superiores às larguras). Este tipo de deslizamento também pode ocorrer associado a solos saprolíticos, saprolitos e rocha, condicionados por um plano de fraqueza desfavorável à estabilidade, relacionado a estruturas geológicas diversas (foliação, xistosidade, fraturas, falhas, etc.).

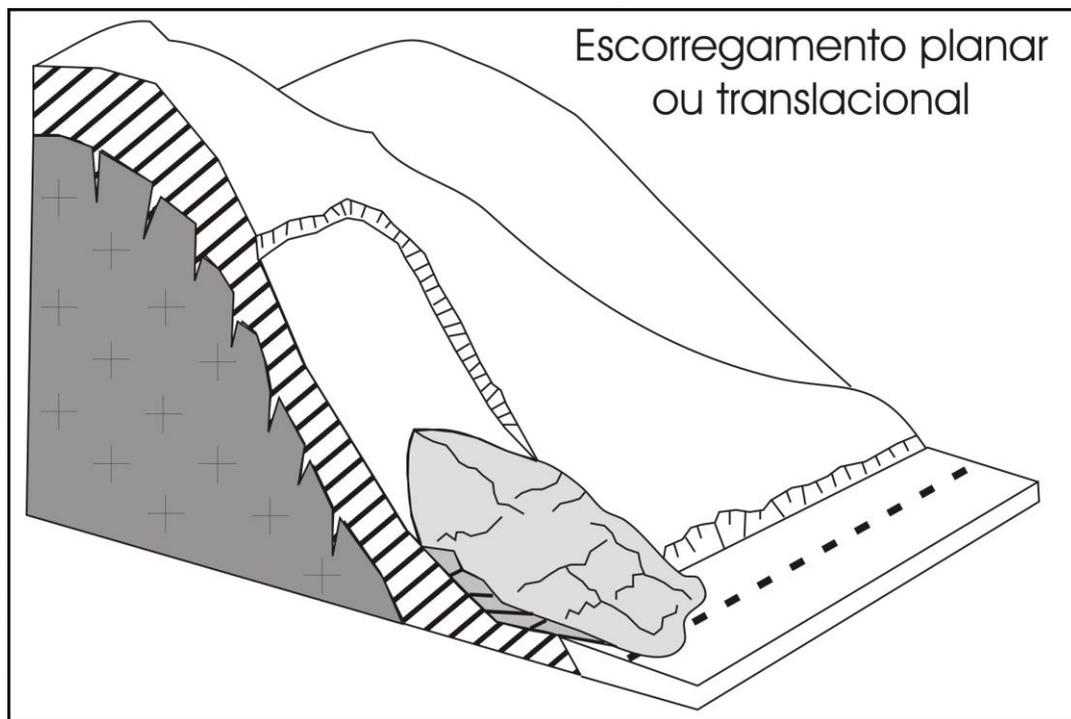


Figura 3– Perfil esquemático de deslizamentos planares (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

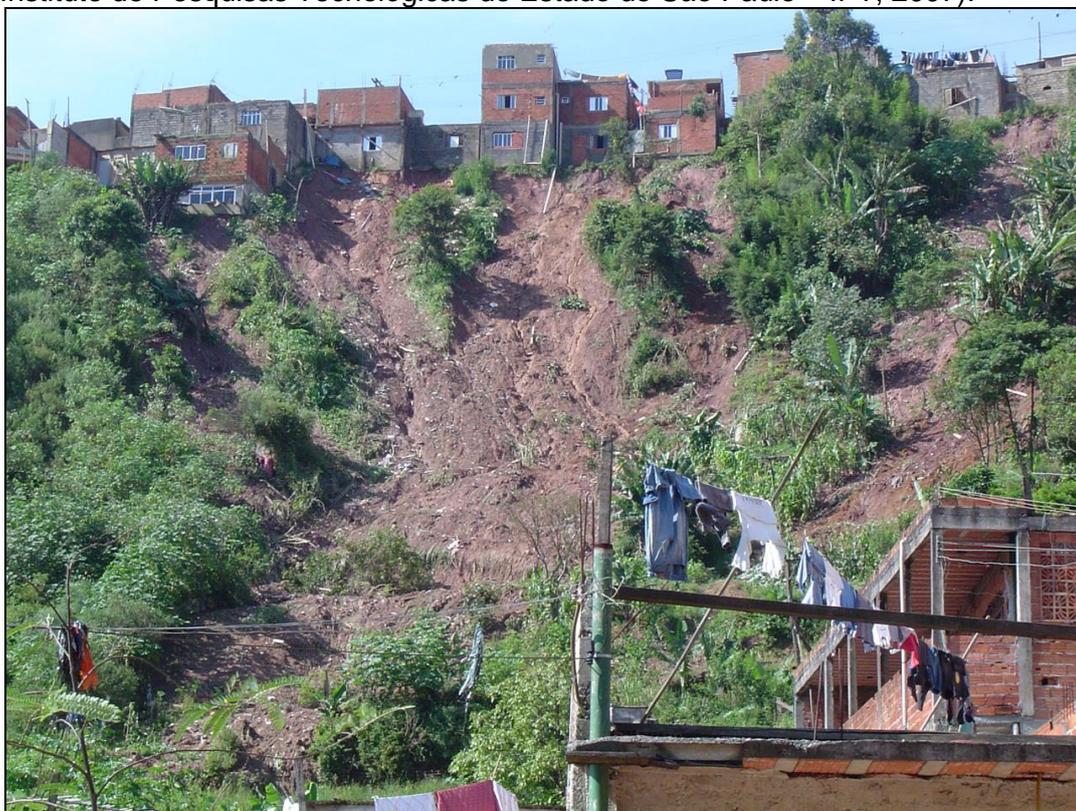


Figura 4– Deslizamentos planares induzidos pela ocupação (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

Os deslizamentos circulares ou rotacionais possuem superfícies de deslizamento curvas, sendo comum a ocorrência de uma série de rupturas combinadas e sucessivas (**Figuras 5 e 6**). Estão associadas a aterros, pacotes de solo ou depósitos mais espessos, rochas sedimentares ou cristalinas intensamente fraturadas. Possuem um raio de alcance relativamente menor que os deslizamentos translacionais.

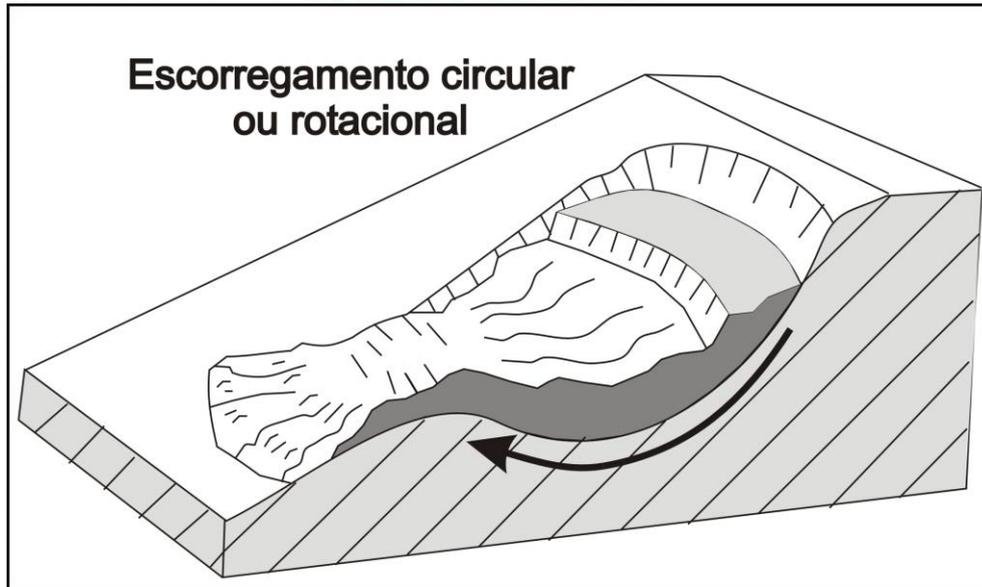


Figura 5– Perfil esquemático do deslizamento circular ou rotacional (Min. das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).



Figura 6– Deslizamento circular ou rotacional (Lara – Ctgeo – IPT).

Os deslizamentos em cunha estão associados a saprolitos e maciços rochosos, onde a existência de dois planos de fraqueza desfavoráveis à estabilidade condicionam o deslocamento ao longo do eixo de intersecção destes planos (**Figuras 7 e 8**). Estes processos são mais comuns em taludes de corte, ou encostas que sofreram algum processo natural de desconfinamento, como erosão ou deslizamentos.

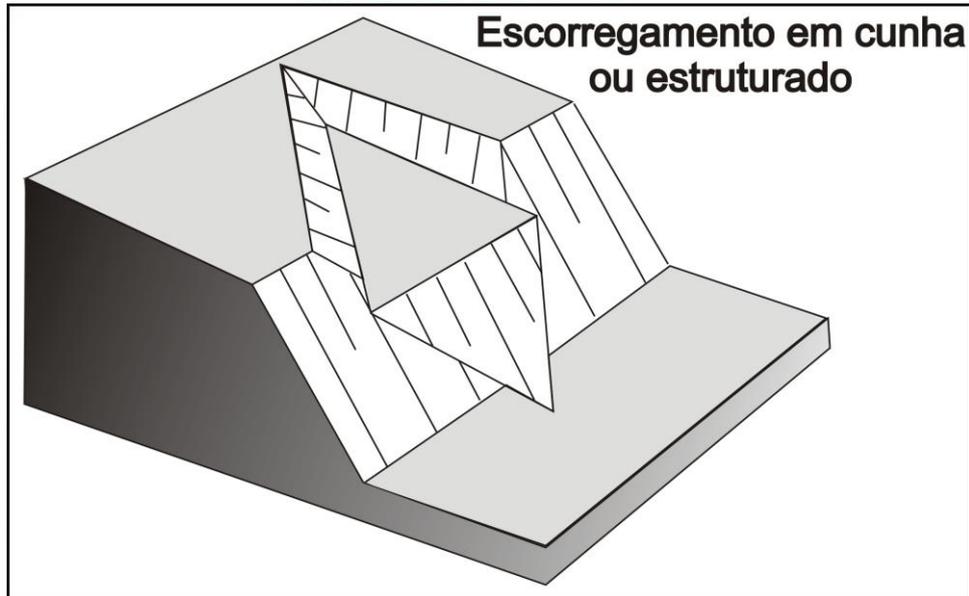


Figura 7– Perfil esquemático de um deslizamento em cunha ou estruturado (Min. das Cidades, Inst. de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP – IPT, 2007).



Figura 8– Deslizamento em cunha ou estruturado. (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

Em geral, a evolução da instabilização das encostas acaba por gerar feições que permitem analisar a possibilidade de ruptura. As principais feições de instabilidade, que indicam a iminência de deslizamentos são representadas por fendas de tração na superfície dos terrenos, ou aumento de fendas preexistentes, pelo embarrigamento de estruturas de contenção, pela inclinação de estruturas rígidas, como postes, árvores, etc., degraus de abatimento e trincas no terreno e nas moradias.

Quedas

Os movimentos do tipo queda são extremamente rápidos (da ordem de m/s) e envolvem blocos e/ou lascas de rocha em movimento de queda livre, instabilizando um volume de rocha relativamente pequeno (**Figuras 9 e 10**).

A ocorrência deste processo está condicionada à presença de afloramentos rochosos em encostas íngremes, abruptas ou taludes de escavação, tais como, cortes em rocha, frentes de lavra, etc., sendo potencializados pelas amplitudes térmicas, através da dilatação e contração da rocha. As causas básicas deste processo são as descontinuidades do maciço rochoso, que propiciam isolamento de blocos unitários de rocha, subpressão através do acúmulo de água, descontinuidades ou penetração de raízes. Pode ser acelerado pelas ações antrópicas, como, por exemplo, vibrações provenientes de detonações de pedreiras próximas. Frentes rochosas de pedreiras abandonadas podem resultar em áreas de instabilidade decorrentes da presença de blocos instáveis remanescentes do processo de exploração.

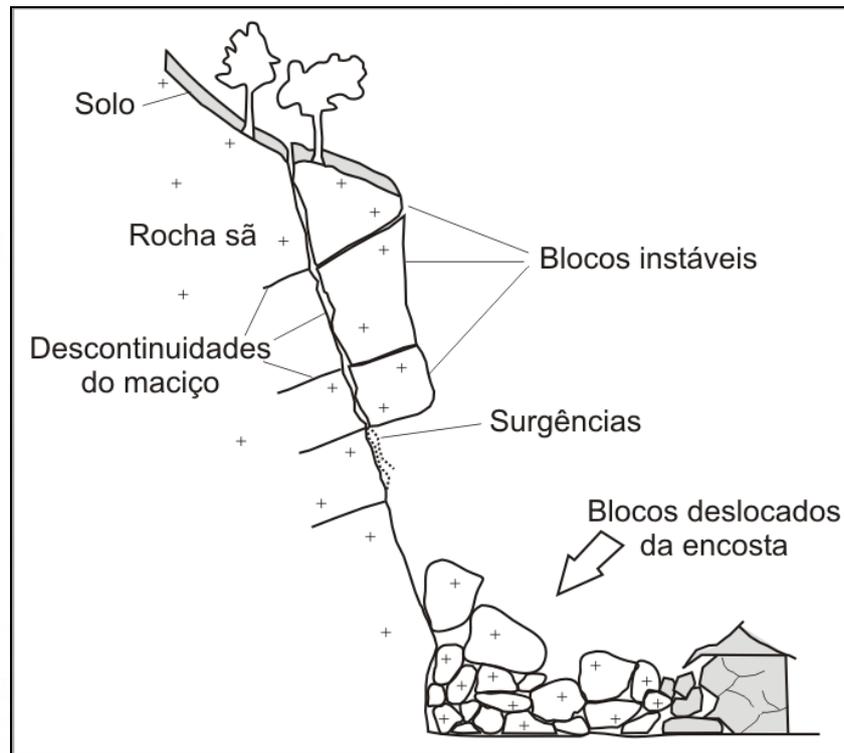


Figura 9– Perfil esquemático do processo de queda de blocos (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

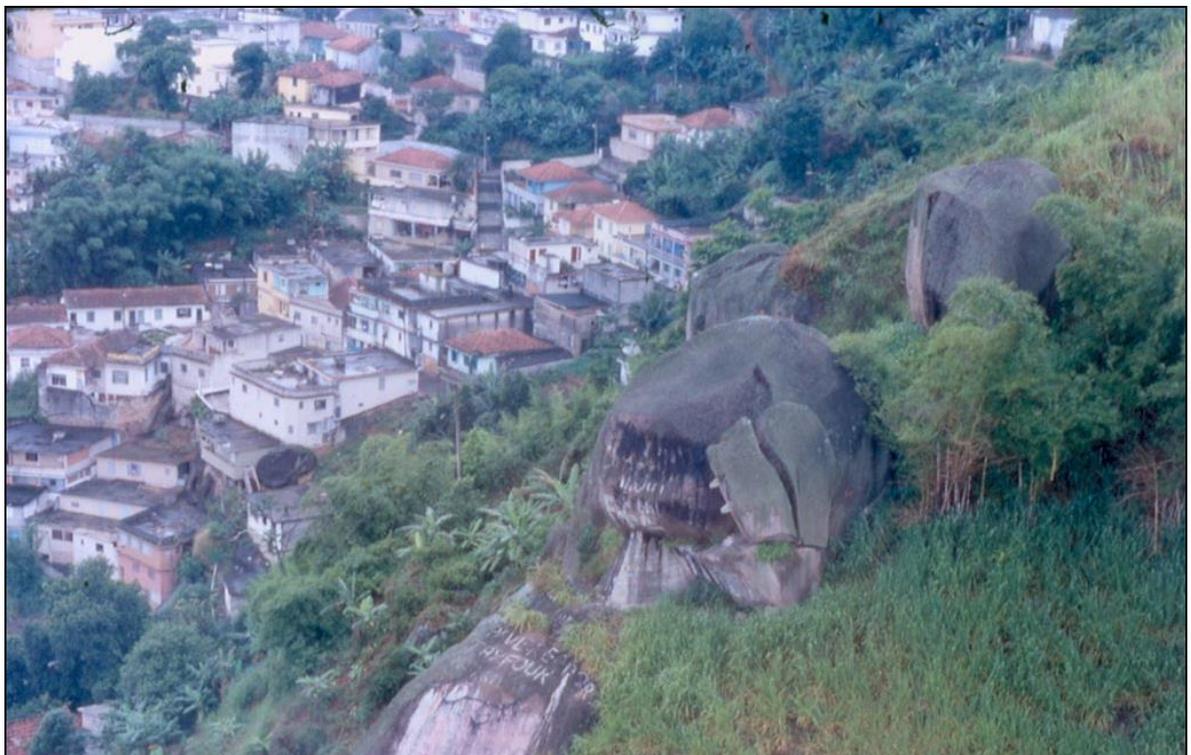


Figura 10– Área de risco de processos de queda de blocos rochosos (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

Além da queda, existem mais dois processos envolvendo afloramentos rochosos, o tombamento e o rolamento de blocos.

O tombamento, também conhecido como basculamento, acontece em encostas/taludes íngremes de rocha, com descontinuidades (fraturas, diáclases) verticais (**Figura 11**). Em geral, são movimentos mais lentos que as quedas e ocorrem principalmente em taludes de corte, onde a mudança da geometria acaba desconfinando estas descontinuidades e propiciando o tombamento das paredes do talude.



Figura 11– Situação de risco de tombamento de bloco rochoso (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

O rolamento de blocos, ou rolamento de matacões, é um processo comum em áreas de rochas graníticas, onde existe maior predisposição a originar matacões de rocha sã, isolados e expostos em superfície (**Figura 12**). Estes ocorrem naturalmente quando processos erosivos removem o apoio de sua base, condicionando um movimento de rolamento de bloco. A escavação e a retirada do apoio, decorrente da ocupação desordenada de uma encosta, é a ação antrópica mais comum no seu desencadeamento.



Figura 12– Situação de risco de rolamento de bloco rochoso (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

Corridas de Massa

As corridas de massa são movimentos gravitacionais de massa complexos, ligados a eventos pluviométricos excepcionais. Ocorrem a partir de deslizamentos nas encostas e mobilizam grandes volumes de material, sendo o seu escoamento ao longo de um ou mais canais de drenagem, tendo comportamento líquido viscoso e alto poder de transporte (**Figuras 13 e 14**).

Estes fenômenos são bem mais raros que os deslizamentos, porém podem provocar consequências de magnitudes bem superiores, devido ao seu grande poder destrutivo e extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.

As corridas de massa abrangem uma gama variada de denominações na literatura nacional e internacional (corrida de lama, *mudflow*, corrida de detritos, corrida de blocos, *debrisflow*, etc.), principalmente em função de suas velocidades e das características dos materiais que mobilizam.

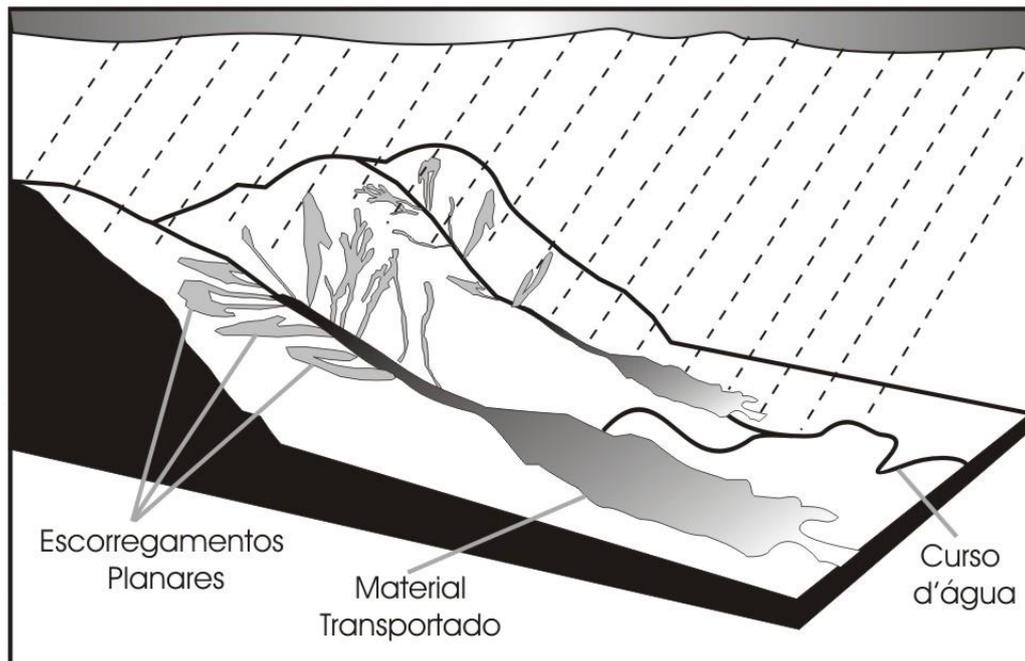


Figura 13– Perfil esquemático de processos do tipo corrida (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).



Figura 14– Acidente associado ao processo do tipo corrida (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

Apresenta-se, no **Quadro 1**, os tipos de deslizamento/processo segundo a classificação de Augusto Filho (1992).

| PROCESSOS | CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO/MATERIAL/GEOMETRIA |
|------------------------|---|
| RASTEJO (CREEP) | <ul style="list-style-type: none"> vários planos de deslocamento (internos) velocidades muito baixas a baixas (cms/ano) e decrescentes c/ a profundidade movimentos constantes, sazonais ou intermitentes solo, depósitos, rocha alterada/fraturada geometria indefinida |
| DESLIZAMENTOS (SLIDES) | <ul style="list-style-type: none"> poucos planos de deslocamento (externos) velocidades médias (m/h) a altas (m/s) pequenos a grandes volumes de material geometria e materiais variáveis: <p>PLANARES: solos poucos espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza</p> <p>CIRCULARES: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas</p> <p>EM CUNHA: solos e rochas com dois planos de fraqueza</p> |
| QUEDAS (FALLS) | <ul style="list-style-type: none"> sem planos de deslocamento movimento tipo queda livre ou em plano inclinado velocidades muito altas (vários m/s) material rochoso pequenos a médios volumes geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. <p>ROLAMENTO DE MATAÇÃO</p> <p>TOMBAMENTO</p> |
| CORRIDAS (FLOWS) | <ul style="list-style-type: none"> muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação) movimento semelhante ao de um líquido viscoso desenvolvimento ao longo das drenagens velocidades médias a altas mobilização de solo, rocha, detritos e água grandes volumes de material extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas |

Quadro 1 - Tipos de deslizamento/processo. Fonte: modificado de Augusto Filho (1992).

4.1.3 Condicionantes e Causas dos Deslizamentos

Os deslizamentos ocorrem sob a influência de condicionantes naturais, antrópicos, ou ambos. As causas destes processos devem ser entendidas, a fim de se evitar e controlar deslizamentos similares.

Condicionantes Naturais

Os condicionantes naturais podem ser separados em dois grupos, o dos agentes predisponentes e o dos agentes efetivos.

Os agentes predisponentes são o conjunto das características intrínsecas do meio físico natural, podendo ser diferenciados em complexo geológico-geomorfológico (comportamento das rochas, perfil e espessura do solo em função da maior ou menor resistência da rocha ao intemperismo) e complexo hidrológico-climático (relacionado ao intemperismo físico-químico e químico). A gravidade e a vegetação natural também podem estar inclusas nesta categoria.

Os agentes efetivos são elementos diretamente responsáveis pelo desencadeamento de deslizamentos, sendo estes diferenciados em preparatórios (pluviosidade, erosão pela água e vento, congelamento e degelo, variação de temperatura e umidade, dissolução química, ação de fontes e mananciais, oscilação do nível de lagos e marés e do lençol freático, ação de animais e humana, inclusive desflorestamento) e imediatos (chuva intensa, vibrações, fusão do gelo e neves, erosão, terremotos, ondas, vento, ação do homem, etc.).

Outros condicionantes naturais de grande importância são as características intrínsecas dos maciços naturais (rochosos e terrosos), a cobertura vegetal, a ação das águas pluviais (saturação e/ou elevação do lençol freático, geração de pressões neutras e forças de percolação, distribuição da chuva no tempo), além dos processos de alteração da rocha e de erosão do material alterado.

Condicionantes Antrópicos

Os deslizamentos induzidos, ou causados pela ação antrópica são aqueles cuja deflagração é causada pela execução de cortes e aterros inadequados, pela concentração de águas pluviais e servidas, pela retirada da vegetação, etc. Muitas vezes, estes deslizamentos induzidos mobilizam materiais produzidos pela própria ocupação, envolvendo massas de solo de dimensões variadas, lixo e entulho.

4.1.4 Mapeamento

Nas áreas selecionadas pelo município foram executados mapeamentos de risco por meio de investigações geológico-geotécnicas de superfície, visando identificar os condicionantes dos processos de instabilização. Os resultados foram sistematizados em

fichas de cadastro com a caracterização dos graus de risco, seguindo o modelo proposto por Macedo *et al.* (2004).

As fichas de campo apresentam, na forma de um *check-list* (**Figura 15**), diversos condicionantes geológicos e geotécnicos importantes para a caracterização dos processos de instabilização de encostas em áreas urbanas: tipologia (natural ou corte e aterro) e geometria da encosta, tipos de materiais mobilizados (solo / rocha / lixo / detritos, etc.), tipologia de deslizamentos ocorrentes ou esperados, tipo de talude (natural ou corte e aterro) e, condição de escoamento e infiltração de águas superficiais e servidas (**Quadro 2**).

Nas fichas de avaliação de risco foram considerados também aspectos específicos, tais como o padrão construtivo das habitações (madeira, alvenaria, misto) e a posição das mesmas em relação ao raio de alcance dos processos ocorrentes ou esperados. Observou-se ainda o estágio da ocupação atual, incluindo aspectos gerais sobre infraestrutura urbana implantada, tais como: condições das vias (pavimentada, terra, escadarias), sistemas de drenagem e esgoto, pontes e outras melhorias urbanas.

Além da caracterização dos processos de instabilidade, a ficha contempla também parâmetros de análise da vulnerabilidade em relação às formas de uso e ocupação presentes nas áreas de risco. O **Quadro 3** apresenta critérios para a caracterização da ocupação das áreas. Desta forma, serão identificados os processos de instabilização predominantes, delimitando e caracterizando os setores de risco.

FICHA DE CAMPO - MAPEAMENTO DE ÁREA DE RISCO DE ESCORREGAMENTO

| | | | |
|--|---|---|---|
| LOCALIZAÇÃO | | | |
| Município: _____ | Área: _____ | Nº do Setor: _____ | |
| Nome da Área: _____ | Coord E (m): _____ | Coord N (m): _____ | |
| Localização: _____ | Data: _____ | | |
| Equipe: _____ | | | |
| UNIDADE DE ANÁLISE | | | |
| <input type="checkbox"/> Encosta <input type="checkbox"/> Margem de Córrego | | | |
| CARACTERÍSTICAS DA ÁREA | | | |
| Tipos predominantes de construção: <input type="checkbox"/> alvenaria <input type="checkbox"/> madeira <input type="checkbox"/> misto Obs: _____ | | | |
| Densidade de ocupação: <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 | | | |
| Condições das vias: <input type="checkbox"/> pavimentada <input type="checkbox"/> não pavimentada Obs: _____ | | | |
| Inclinação média do setor (°): _____ | | | |
| CONDICIONANTES | | | |
| <input type="checkbox"/> Encostas Naturais Obs: _____ | | | |
| Altura (m): _____ | Inclinação (°): _____ | Distância da moradia ao topo (m): _____ | Distância da moradia à base (m): _____ |
| <input type="checkbox"/> Talude de Corte Obs: _____ | | | |
| Altura (m): _____ | Inclinação (°): _____ | Distância da moradia ao topo (m): _____ | Distância da moradia à base (m): _____ |
| Material predominante: <input type="checkbox"/> solo residual <input type="checkbox"/> saprolito <input type="checkbox"/> rocha alterada <input type="checkbox"/> rocha sã | | | |
| <input type="checkbox"/> Estruturas desfavoráveis a estabilidade Obs: _____ | | | |
| <input type="checkbox"/> Taludes de aterro Obs: _____ | | | |
| Altura (m): _____ | Inclinação (°): _____ | Distância da moradia ao topo (m): _____ | Distância da moradia à base (m): _____ |
| <input type="checkbox"/> Maciço rochoso <input type="checkbox"/> Estruturas desfavoráveis à estabilidade Outros: _____ | | | |
| Altura (m): _____ | Inclinação (°): _____ | Distância da moradia ao topo (m): _____ | Distância da moradia à base (m): _____ |
| <input type="checkbox"/> Matacões Obs: _____ | | | |
| <input type="checkbox"/> Depósito localizado sobre: <input type="checkbox"/> Encosta natural <input type="checkbox"/> Talude de corte <input type="checkbox"/> Talude de aterro <input type="checkbox"/> Talude marginal | | | |
| Obs: _____ | | | |
| Material presente: <input type="checkbox"/> aterro <input type="checkbox"/> lixo <input type="checkbox"/> entulho Obs: _____ | | | |
| <input type="checkbox"/> Drenagens Naturais: <input type="checkbox"/> retificado <input type="checkbox"/> natural <input type="checkbox"/> retilíneo <input type="checkbox"/> meandrante <input type="checkbox"/> assoreado <input type="checkbox"/> lixo <input type="checkbox"/> entulho | | | |
| <input type="checkbox"/> Talude Marginal Altura (m): _____ Distância da moradia ao topo (m): _____ Obs: _____ | | | |
| EVIDÊNCIAS DE MOVIMENTAÇÃO | | | |
| <input type="checkbox"/> trincas na moradia | <input type="checkbox"/> muros e paredes embarrigado | <input type="checkbox"/> cicatrizes de escorregamento | |
| <input type="checkbox"/> trincas no terreno | <input type="checkbox"/> árvores, postes, muros inclinados | Data e dimensão: _____ | |
| <input type="checkbox"/> dregraus de abatimento | <input type="checkbox"/> solapamento de margem | <input type="checkbox"/> fraturas no maciço rochoso | |
| ÁGUA | | | |
| <input type="checkbox"/> concentração de água de chuva em superfície | <input type="checkbox"/> fossa | Obs: _____ | |
| <input type="checkbox"/> lançamento de águas servidas em superfície | <input type="checkbox"/> surgência d'água | sistema de drenagem superficial: <input type="checkbox"/> inexistente <input type="checkbox"/> precário <input type="checkbox"/> satisfatório | |
| <input type="checkbox"/> vazamento de tubulação | | | |
| VEGETAÇÃO NA ÁREA OU PROXIMIDADES | | | |
| <input type="checkbox"/> presença de árvores | <input type="checkbox"/> área desmatada | | |
| <input type="checkbox"/> vegetação rasteira | <input type="checkbox"/> área de cultivo: _____ | | |
| PROCESSO DE INSTABILIZAÇÃO | | | |
| <input type="checkbox"/> escorregamento em encosta natural | <input type="checkbox"/> escorregamento em depósito encosta | <input type="checkbox"/> queda de blocos | <input type="checkbox"/> corrida |
| <input type="checkbox"/> escorregamento em talude de corte | <input type="checkbox"/> solapamento margem | <input type="checkbox"/> rolamento de blocos | <input type="checkbox"/> rastejo |
| <input type="checkbox"/> escorregamento em talude de aterro | <input type="checkbox"/> erosão | <input type="checkbox"/> deslocamento | |
| CONDIÇÃO DA ESTABILIDADE DOS BLOCOS E MACIÇO ROCHOSO | | | |
| <input type="checkbox"/> Condição favorável de estabilidade <input type="checkbox"/> Condição desfavorável de estabilidade | | | |
| GRAU DE RISCO | | | |
| <input type="checkbox"/> Risco 4 - Muito Alto | <input type="checkbox"/> Risco 3 - Alto | <input type="checkbox"/> Risco 2 - Médio | <input type="checkbox"/> Risco 1 - Baixo ou Sem Risco |
| Número de moradias na área: _____ | | | |

Figura 15 – Check-list dos diversos condicionantes geológicos e geotécnicos para a caracterização dos processos de instabilização de encostas em áreas urbanas.

| CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL | |
|--|---|
| Unidade de análise: Encosta/Margem de córrego Tipos de construção: Alvenaria/Madeira/Misto Condição das vias Encosta natural Talude de corte/Aterro Presença de maciço rochoso Altura da encosta, ou talude, ou maciço rochoso Inclinação da encosta, ou talude, ou maciço rochoso Distância da moradia com relação ao topo/base da encosta, talude, maciço rochoso Estruturas em solo/rocha desfavoráveis Presença de blocos de rocha/matacões Presença de Depósitos de encosta: aterro/lixo/entulho | |
| EVIDÊNCIAS DE MOVIMENTAÇÃO | ÁGUA |
| Trincas na moradia Trincas no terreno Degraus de abatimento Muros e paredes “embarrigados” Árvores, postes e muros inclinados Solapamento de margem Cicatrizes de deslizamentos Fraturas no maciço rochoso | Concentração de água de chuva em superfície Lançamento de água servida em superfície Vazamento de tubulação Fossa Surgências d’água Sistema de drenagem superficial: inexistente/precário/satisfatório |
| VEGETAÇÃO NA ÁREA OU PROXIMIDADES | MARGENS DE CÓRREGO |
| Presença de árvores Vegetação rasteira (arbustos, capim, etc) Área desmatada Área de cultivo | Tipo de canal (retificado/natural), (retilíneo/meandrante), (assoreado/lixo/entulho) Altura do talude marginal Distância da moradia com relação ao topo do talude marginal |

Quadro 2: Principais dados levantados em campo para caracterizar os setores de risco.

| Categoria de Ocupação | Características |
|-------------------------------|---|
| Área consolidada | Áreas densamente ocupadas, com infraestrutura básica. |
| Área parcialmente consolidada | Áreas em processo de ocupação, adjacentes a áreas de ocupação consolidada. Densidade da ocupação variando de 30% a 90%. Razoável infraestrutura básica. |
| Área parcelada | Áreas de expansão, periféricas e distantes de núcleo urbanizado. Baixa densidade de ocupação (até 30%). Desprovidas de infraestrutura básica |
| Área mista | Nesses casos, caracterizar a área quanto à densidade de ocupação e quanto a implantação de infraestrutura básica |

Quadro 3: Critérios para caracterização da ocupação.

Os setores de risco foram delimitados em campo sobre as imagens de satélite obtidas do Google Earth e classificadas segundo os graus de risco em: risco baixo (R1), risco médio (R2), risco alto (R3) e risco muito alto (R4).

Os critérios de julgamento da probabilidade de ocorrência dos processos de instabilização do tipo deslizamentos em encostas ocupadas, bem como os parâmetros analisados para o desenvolvimento dos trabalhos, são apresentados no **Quadro 4**. É importante salientar que este trabalho se concentrou no mapeamento de áreas de risco alto (R3) e muito alto (R4).

| GRAU DE PROBABILIDADE | DESCRIÇÃO |
|--------------------------|---|
| R1 Baixo | Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de BAIXA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. NÃO HÁ INDÍCIOS de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. É a condição menos crítica. Mantidas as condições existentes, NÃO SE ESPERA a ocorrência de eventos destrutivos no período de 1 ano. |
| R2 Médio | Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de MÉDIA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. Observa-se a presença de ALGUMA(S) EVIDÊNCIA(S) de instabilidade, porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, É REDUZIDA a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano. |
| R3 Alto | Os condicionantes geológico-geotécnicos e o nível de intervenção no setor são de ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. Observa-se a presença de SIGNIFICATIVA(S) EVIDÊNCIA(S) de instabilidade. Mantidas as condições existentes, é PERFEITAMENTE POSSÍVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano. |
| R4 Muito Alto | Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de MUITO ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. As evidências de instabilidade SÃO EXPRESSIVAS E ESTÃO PRESENTES EM GRANDE NÚMERO E/OU MAGNITUDE. É a condição mais crítica. Mantidas as condições existentes, é MUITO PROVÁVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano. |

Quadro 4. Critérios utilizados para determinação dos graus de probabilidade de ocorrência de processos de instabilização do tipo deslizamentos em encostas ocupadas e solapamento de margens de córregos. (Fonte: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007).

4.2 Mapeamento de Risco de Inundação

4.2.1 Conceitos

As enchentes e inundações representam um dos principais tipos de desastres naturais que afligem constantemente diversas comunidades em diferentes partes do planeta, sejam áreas rurais ou metropolitanas. Esses fenômenos de natureza hidrometeorológica fazem parte da dinâmica natural e ocorrem frequentemente deflagrados por chuvas rápidas e fortes, chuvas intensas de longa duração, degelo nas montanhas e outros eventos climáticos tais como furacões e tornados, sendo intensificados pelas alterações ambientais e intervenções urbanas produzidas pelo Homem, como a impermeabilização do solo, retificação dos cursos d'água e redução no escoamento dos canais devido a obras ou por assoreamento.

Boa parte das cidades brasileiras apresenta problemas de enchentes e inundações, sendo as das regiões metropolitanas aquelas que apresentam as situações de risco mais graves decorrentes do grande número de núcleos habitacionais de baixa renda ocupando terrenos marginais de cursos d'água.

A seguir serão apresentadas algumas definições visando à uniformização conceitual de termos utilizados em relação a fenômenos e processos de natureza hidrometeorológica.

Enchente ou Cheia

As águas de chuva, ao alcançar um curso d'água, causam o aumento na vazão por certo período de tempo. A elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devido ao aumento da vazão ou descarga é chamada de enchente ou cheia, como observado na **Figura 16**.



Figura 16 – Situação de enchente em um canal de drenagem (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

Inundação

Por vezes, no período de enchente, as vazões atingem tal magnitude que podem superar a capacidade de descarga da calha do curso d'água e extravasar para áreas marginais habitualmente não ocupadas pelas águas. Este extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio), quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio caracteriza uma inundação (**Figura 17**).



Figura 17– Inundação de terrenos marginais (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

Na **Figura 18**, observa-se, didaticamente, os processos de enchente e inundação.

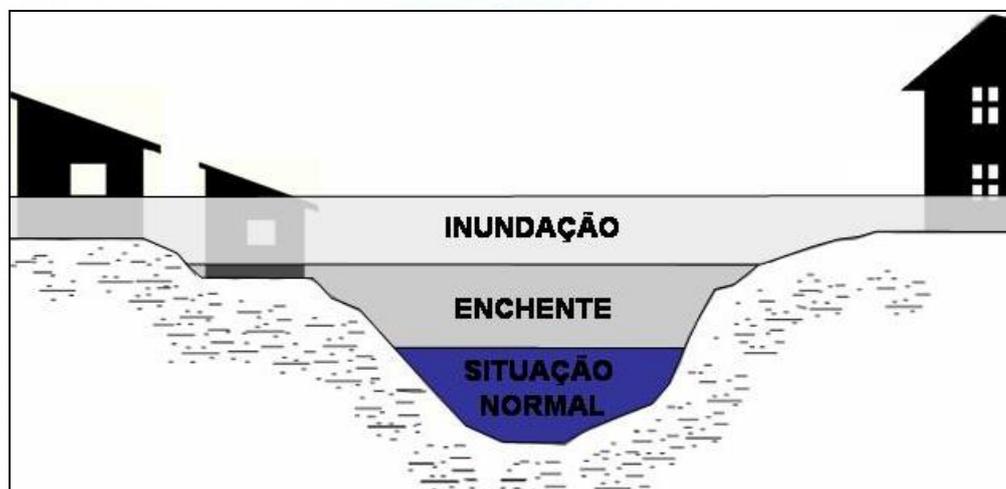


Figura 18– Perfil esquemático do processo de enchente e inundação (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

Vazão

A vazão é definida como a quantidade de água que passa por uma dada seção em um canal de drenagem num período de tempo.

Planície de Inundação

Define-se como planície de inundação as áreas relativamente planas e baixas que de tempos em tempos recebem os excessos de água que extravasam do seu canal de drenagem (**Figura 19**). Tecnicamente, o canal de drenagem que confina um curso d'água denomina-se leito menor e a planície de inundação representa o leito maior do rio. Emprega-se também o termo várzea para identificar a planície de inundação de um canal natural de drenagem.



Figura 19– Planície de inundação (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

Alagamento

Define-se alagamento como o acúmulo momentâneo das águas em uma dada área por deficiência no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial (**Figura 20**).



Figura 20– Situação de alagamento.

Enxurrada

Define-se enxurrada como o escoamento superficial concentrado, com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais (**Figura 21**). É comum a ocorrência de enxurradas ao longo de vias implantadas sobre antigos cursos d'água com alto gradiente hidráulico em terrenos com alta declividade natural.



Figura 21– Escoamento concentrado das águas pluviais (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

Erosão Marginal

Remoção e transporte de solo dos taludes marginais dos rios provocados pela ação erosiva das águas no canal de drenagem (**Figura 22**).



Figura 22– Taludes marginais sujeitos a erosão (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

Solapamento

Ruptura de taludes marginais do rio por erosão e ação instabilizadora das águas durante ou logo após processos de enchentes e inundações (**Figura 23**).



Figura 23– Situação de risco associada a erosão e solapamento dos taludes marginais, com ocupação ribeirinha (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

4.2.2 Condicionantes e Causas das Enchentes e Inundações

Pelas definições conceituais apresentadas, a diferença entre enchente e inundação resume-se ao confinamento ou não das águas de um curso d'água no seu canal de drenagem. Importante entender que o processo hidrológico de enchente ou inundação é um fenômeno dinâmico e que ao longo de um curso d'água podem ocorrer trechos com cenários de enchentes e trechos com cenários de inundação, com características dinâmicas específicas de *energia cinética, volumes de água e impacto destrutivo que podem ou não causar efeitos adversos às ocupações humanas presentes nas áreas de domínio dos processos hidrológicos.

Nas cidades, a questão da drenagem urbana envolve, além dos processos hidrológicos de enchentes e inundações diretamente ligadas aos cursos d'água naturais, processos de alagamentos e enxurradas, decorrentes de deficiências no sistema de drenagem urbana e que podem ou não ter relação com os processos de natureza fluvial. Em muitas cidades, o descompasso entre o crescimento urbano e a drenagem urbana tem originado graves problemas de alagamentos e enxurradas.

Os trabalhos em áreas de risco de enchentes e inundações devem procurar identificar e entender os diversos processos passíveis de ocorrer, tanto aqueles de natureza efetivamente hidrológica, quanto os processos consequentes tais como erosão marginal e solapamento, capazes de causar danos para a ocupação.

Os condicionantes naturais climáticos e geomorfológicos de um dado local (pluviometria; relevo; tamanho e forma da bacia; gradiente hidráulico do rio) são determinantes na frequência de ocorrência, tipologia e dinâmica do escoamento superficial de processos de enchentes e inundações.

Pode-se dizer que, além dos condicionantes naturais, as diversas intervenções antrópicas realizadas no meio físico têm sido determinantes na ocorrência de acidentes de enchentes e inundações, principalmente nas áreas urbanas. Nas cidades brasileiras a expansão urbana se dá com um conjunto de ações que modificam as condições originais do ciclo hidrológico de uma dada região: o desmatamento, a exposição dos terrenos à erosão e consequente assoreamento dos cursos d'água, a impermeabilização dos terrenos, os diversos tipos de intervenção estrutural nos cursos d'água e, principalmente, no tocante à questão de risco, a ocupação desordenada dos seus terrenos marginais.

4.2.3 Mapeamento

Para os mapeamentos em campo foi utilizada ficha de campo na forma de um *check-list* (**Figura 24**), com diversos condicionantes geológicos, geotécnicos e hidrológicos importantes para a caracterização dos processos de inundação: tipologia do canal, largura máxima, altura máxima da margem do canal, distância das moradias, assoreamento do canal, solapamentos de margem, intervenções, obstruções, dados históricos de evento de inundação (raio de alcance máximo, altura máxima de inundação, quantidade de chuva registrada).

Nas fichas de avaliação de risco foram considerados também aspectos específicos, tais como o padrão construtivo das habitações (madeira, alvenaria, misto). Observou-se ainda o estágio da ocupação atual, incluindo aspectos gerais sobre infraestrutura urbana implantada, tais como: condições das vias (pavimentada, terra, escadarias), sistemas de drenagem.

A ficha contempla também espaço para descrição da área e matriz de definição de grau de risco, conforme **Quadro 5**.

| | | | | |
|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| LOCALIZAÇÃO | | | | |
| Município: _____ | | Área: _____ | | |
| Nome da área: _____ | | Coord E (m): _____ | Coord N (m): _____ | |
| Localização: _____ | | Data: _____ | | |
| Equipe: _____ | | | | |
| CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA | | | | |
| Tipo predominante de construção: <input type="checkbox"/> Alvenaria <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Misto | | | | |
| Densidade de ocupação: <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 | | | | |
| Condição das vias: <input type="checkbox"/> pavimentada <input type="checkbox"/> não pavimentada Obs: _____ | | | | |
| Sistema de drenagem superficial: <input type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/> Precário <input type="checkbox"/> Satisfatório | | | | |
| Cobertura da área: <input type="checkbox"/> Impermeabilizada <input type="checkbox"/> Solo exposto <input type="checkbox"/> Vegetada | | | | |
| <input type="checkbox"/> Presença de erosão nas proximidades | | | | |
| Altura máxima do evento de inundação: _____ m Fonte dos dados: _____ | | | | |
| Raio de alcance máximo do evento a partir do eixo do canal: _____ m Fonte dos dados: _____ | | | | |
| Quantidade de chuva registrada na ocasião do evento: _____ mm Fonte dos dados: _____ | | | | |
| CARACTERIZAÇÃO DA DRENAGEM | | | | |
| Tipo de canal: <input type="checkbox"/> Retificado <input type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/> Retilíneo <input type="checkbox"/> Meandrante <input type="checkbox"/> Assoreado <input type="checkbox"/> Lixo <input type="checkbox"/> Entulho | | | | |
| Largura máxima do canal: _____ m Altura máxima do canal: _____ m Distância das moradias ao eixo do canal: _____ m | | | | |
| Presença de assoreamento: <input type="checkbox"/> Lixo <input type="checkbox"/> Entulho <input type="checkbox"/> Solo | | | | |
| Cobertura do talude marginal: <input type="checkbox"/> Impermeabilizada <input type="checkbox"/> Solo exposto <input type="checkbox"/> Vegetada | | | | |
| <input type="checkbox"/> Presença de solapamento de margem Obs: _____ | | | | |
| Presença de intervenções nas proximidades: <input type="checkbox"/> Dique <input type="checkbox"/> Barragem <input type="checkbox"/> Piscinão <input type="checkbox"/> Ponte <input type="checkbox"/> Canalização <input type="checkbox"/> Travessia | | | | |
| Obs: _____ | | | | |
| <input type="checkbox"/> Presença de obstrução ou diminuição de vazão ao longo do canal | | | | |
| Obs: _____ | | | | |
| DEFINIÇÃO DO GRAU DE RISCO | | | | |
| Definição Grau de Risco - Descrição: | | | | |
| | | | | |
| GRAU DE RISCO | | | | |
| Gravidade Probabilidade | Negligenciável | Médio | Alto | Desastre |
| Baixo | <input type="checkbox"/> Baixo | <input type="checkbox"/> Baixo | <input type="checkbox"/> Médio | <input type="checkbox"/> Muito Alto |
| Médio | <input type="checkbox"/> Baixo | <input type="checkbox"/> Médio | <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Muito Alto |
| Alto | <input type="checkbox"/> Baixo | <input type="checkbox"/> Médio | <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Muito Alto |
| Muito Alto | <input type="checkbox"/> Baixo | <input type="checkbox"/> Médio | <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Muito Alto |
| Número de moradias na área: _____ | | | | |

Figura 24 – Check-list dos diversos condicionantes hidrológicos para a caracterização dos processos de inundação em áreas urbanas.

Os critérios observados em campo para a realização do mapeamento de áreas de inundação são os seguintes:

a) Análise dos cenários de risco, probabilidades de ocorrência e tempo de recorrência

O primeiro critério de análise refere-se à identificação do cenário hidrológico presente em cada área a ser investigada.

Nesse sentido, e de forma orientativa, podem-se considerar as tipologias de processos hidrológicos referentes aos respectivos cenários de risco:

- a) enchente e inundação lenta de planícies fluviais ;
- b) enchente e inundação com alta energia cinética;
- c) enchente e inundação com alta energia de escoamento e capacidade de transporte de material sólido.

Cada um dos processos hidrológicos comumente ocorrentes será utilizado como critério de análise e de periculosidade na medida em que consistem em processos com diferentes capacidades destrutivas e potencial de danos sociais e econômicos em função da sua magnitude, energia de escoamento, raio de alcance lateral e extensão e impacto destrutivo.

Cada cenário tem suas particularidades e, portanto, probabilidades diferentes de ocorrência, o que pode ser medido a partir do tempo de retorno das chuvas que podem causá-los. Para efeito deste trabalho, foi adotado o que se segue:

- a) **probabilidades muito altas** com recorrência a partir de 2 (duas) vezes a cada 01 (um) ano;
- b) **probabilidades altas** com recorrência de 1 (uma) vez a cada 2 (dois) anos;
- c) **probabilidades médias** com recorrência de 1 (uma) vez a cada 5 (cinco) anos;
- d) **probabilidades baixas** com recorrência de 1 (uma) vez a cada 10 (dez) anos.

b) Gravidade do processo sobre os elementos sob risco

O segundo critério para análise de risco refere-se à gravidade do processo sobre a ocupação urbana presente em cada área de risco. A avaliação da gravidade compreende a análise das possibilidades de perdas causadas pelo processo. Assume-se que os níveis de perdas devem variar entre aquelas que o município julgar absolutamente absorvíveis e que causam muito pequeno impacto social e nas contas públicas (incluindo arrecadação fiscal) até aquelas perdas de tal valor que ultrapassam a capacidade do próprio município responder a elas, configurando-se num desastre. Tem-se assim:

- a) **gravidade negligenciável (baixa)** é aquela absolutamente absorvível pela municipalidade e de muito pequeno impacto social;
- b) **gravidade média** é aquela que pode causar algum impacto social e ser ainda gerenciado localmente;
- c) **gravidade alta** é aquela com altos impactos sociais e que pode comprometer os recursos municipais;
- d) gravidade equivalente a **desastre (muito alta)** onde o município não tem condições de responder sem recorrer à ajuda externa.

Definição de Níveis de Risco

A definição de níveis de risco, considerando os 2 critérios e parâmetros de análise de risco, pode ser desenvolvida considerando diferentes arranjos. São definidos nessa análise 4 níveis de risco: RISCO MUITO ALTO (MA), RISCO ALTO (A), RISCO MÉDIO (M) E RISCO BAIXO (B).

A matriz de risco obtida a partir do cruzamento entre a Probabilidade de Ocorrência (com tempo de recorrência) e a Gravidade do processo sobre os elementos sob risco está mostrada no **Quadro 5**.

| | GRAVIDADE | | | |
|----------------------|-----------------------|--------------|-------------|-----------------|
| PROBABILIDADE | Negligenciável | Média | Alta | Desastre |
| Baixa | Baixo | Baixo | Médio | Muito Alto |
| Média | Baixo | Médio | Alto | Muito Alto |
| Alta | Baixo | Médio | Alto | Muito alto |
| Muito Alta | Baixo | Médio | Alto | Muito Alto |

Quadro 5 -Matriz de risco segundo arranjo entre Probabilidade de ocorrência do processo e sua Gravidade.

4.3 Tratamento dos dados

A identificação e a delimitação das áreas de risco, a partir dos trabalhos de campo estão representadas cartograficamente nas imagens obtidas no Google Earth. Nessa base, foram digitalizados os polígonos referentes às áreas mapeadas e suas respectivas classificações quanto ao grau de risco (MC/IPT, 2007). Essas informações de delimitação das áreas foram tratadas em software de Sistema de Informações Geográficas ArcInfo.

As imagens obtidas constam do arquivo digital que acompanha este relatório. As imagens foram separadas por área e cada conjunto de fotos foi utilizado nas atividades de campo. As informações de campo foram registradas em fichas de cadastro que compõem o banco de dados digitalizado no software Microsoft Access.

Salienta-se que a contagem das moradias foi realizada a partir das imagens do Google Earth tomando-se como base os telhados das moradias. Assim, o número de moradias é aproximado, considerando-se a possibilidade de mais de uma moradia estar recoberta por um único telhado. É necessário levantamento detalhado (cadastramento) para se ter o número de moradias preciso.

Este relatório apresenta, portanto, a síntese do mapeamento realizado com as áreas de risco identificadas, sua caracterização, a análise geral da situação na região mapeada, além de recomendações gerais de caráter estrutural (ex: intervenções e

obras civis) e não-estrutural (orientações para o gerenciamento de riscos), no sentido de prevenir, mitigar e controlar as situações de risco observadas.

4.4 Elaboração de sugestões de intervenções estruturais

O objetivo dessa atividade compreendeu a sugestão das intervenções estruturais necessárias para as áreas de risco R3 (Alto) e R4 (Muito Alto).

As intervenções propostas contemplam basicamente oito tipos: limpeza, proteção superficial, drenagem, alterações de geometria, contenções, obras de infraestrutura, reparos e relocações de moradia. Como complementação a estas intervenções, de acordo com a situação exigida, poderão ser ainda sugeridas intervenções mais abrangentes, tais como reurbanizações parciais ou totais das referidas áreas.

Nesse trabalho foi adotada uma tabela de referência que sistematiza as recomendações quanto à caracterização dos diferentes tipos de intervenção propostos, visando à padronização das terminologias adotadas (**Quadro 6**).

| TIPO DE INTERVENÇÃO | DESCRIÇÃO |
|---|---|
| SERVIÇOS DE LIMPEZA E RECUPERAÇÃO | Serviços de limpeza de entulho, lixo, etc., recuperação e/ou limpeza de sistemas de drenagem, esgoto e acessos, Também incluem obras de limpeza de canais de drenagem. Correspondem a serviços manuais e/ou utilizando maquinário de pequeno porte. |
| OBRAS DE DRENAGEM SUPERFICIAL, PROTEÇÃO VEGETAL (GRAMÍNEAS) E DESMONTE DE BLOCOS E MATAÇÕES | Implantação de sistema de drenagem superficial (canaletas, rápidos, caixas de transição, escadas d'água, etc). implantação de proteção superficial vegetal (gramíneas) em taludes com solo exposto. Eventual execução de acessos para pedestres (calçadas, escadarias, etc) integrados ao sistema de drenagem. Proteção vegetal de margens de canais de drenagem. Desmonte de blocos rochoso e matações. Predomínio de serviços manuais e/ou com maquinário de pequeno porte. |
| OBRAS DE DRENAGEM DE SUBSUPERFÍCIE | Execução de sistema de drenagem de subsuperfície (trincheiras drenantes, DHP, poços de rebaixamento, etc). Correspondem a serviços parcial ou totalmente mecanizados. |
| ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO LOCALIZADAS OU LINEARES | Implantação de estruturas de contenção localizadas, como chumbadores, tirantes, microestacas e muros de contenção passivos de pequeno porte ($h_{max}=5$ m e $l_{max}=10$ m). Obras de contenção e proteção de margens de canais (gabiões, muros de concreto, etc). Correspondem a serviços parcial ou totalmente mecanizados. |
| OBRAS DE TERRAPLENAGEM DE MÉDIO A GRANDE PORTES | Execução de serviços de terraplenagem. Execução combinada de obras de drenagem superficial e proteção vegetal (obras complementares aos serviços de terraplenagem). Obras de desvio e canalização de córregos. Predomínio de serviços mecanizados. |
| ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE MÉDIO A GRANDE PORTES | Implantação de estruturas de contenção de médio a grande porte ($h>5$ m e $l>10$ m), envolvendo obras de contenção passivas e ativas (muros de gravidade, cortinas, etc). Poderão envolver serviços complementares de terraplenagem. Predomínio de serviços mecanizados. |

Quadro 6. Tipologias de intervenções estruturais voltadas à redução de riscos.

5 RESULTADOS DOS TRABALHOS

A equipe do IPT realizou o trabalho contando com o apoio da equipe da Prefeitura Municipal de Piracaia, representada pelo Sr. André Augusto Pinheiro (Coordenadoria Municipal de Defesa Civil – COMDEC).

5.1 Dados básicos do município de Piracaia

O município de Piracaia situa-se na Região Metropolitana de Campinas, no estado de São Paulo. O município dista cerca de 85 km da capital e 98 km de Campinas, tendo como acessos, a partir de São Paulo, a rodovia Fernão Dias (BR 381) até Atibaia, a rodovia D. Pedro I (SP 065) e a rodovia Jan Antonin Bata (SP 036).

O município localiza-se na porção sudeste do Estado de São Paulo e está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Piracicaba, Capivari e Jundiaí (UGRHI - 5).

Seus municípios limítrofes são Atibaia, Bom Jesus dos Perdões, Bragança Paulista, Igaratá, Joanópolis, Nazaré Paulista.

Compreende área de aproximadamente 385 km², com população de 26.000 habitantes pelo censo IBGE de 2010. O município encontra-se a cerca de 830 m de altitude e apresenta clima tropical de altitude (Cwb).

A hidrografia do município é composta principalmente pelos Rios Cachoeira e Atibainha. O município possui três barragens: do Jaguari-Jacareí, do Cachoeira e do Atibainha.

A caracterização física do município, apresentada a seguir, foi abordada segundo as características geológicas, geomorfológicas e pedológicas. Os dados geológicos foram obtidos pelas cartas publicadas por PERROTA *et al.* 2005, escala 1:750.000 e os dados geomorfológicos publicados por IPT (1981), escala 1:1.000.000. A caracterização pedológica referenciou-se no mapa pedológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000, elaborado por OLIVEIRA *et al.* 1999, com base no novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

5.1.1 Contexto Geológico do município de Piracaia

A **Figura 25** mostra recorte do Mapa Geológico do município de Piracaia, segundo Mapa Geológico do estado de São Paulo (Perrotta *et al.*, 2005).

No que se refere à geologia, de acordo com PERROTTA *et al.* (2005), predominam no município rochas pré-cambrianas enquadradas nas províncias Tocantins e Mantiqueira e os Depósitos Aluvionares, associados às principais drenagens do município. A Província Tocantins está representada por granitos peralcalinos, tipo A, granitos foliados e ortognáisses, calcialcalinos, tipo I e por granitos foliados peraluminosos, tipo S, relacionados ao Orógeno Socorro-Guaxupé, e pelas unidades paragnáissica migmatítica superior e pela unidade ortognáissica migmatítica intermediária, relacionadas ao Complexo Varginha-Guaxupê.

A Província da Mantiqueira está representada pelo Granito Serra dos Índios, pelo Grupo São Roque e pelo Super Grupo Açungui. O corpo granítico Serra dos Índios é constituído predominantemente por granitos foliados peraluminosos, tipo S. O Grupo São Roque está representado pela Formação Estrada dos Romeiros, predominando metassedimentos, incluindo biotita-sericita fililto, por vezes bandado ou com lentes de filito metarenito, metarcóseo, quartzito, calcissilicática, anfíbolito, metabásica, metarritimito, metarenito que grada para metassiltito, metarenito bandado e metagrauvaca. O Super Grupo Açungui está representado pelo Grupo Serra do Itaberaba, predominando xistos, rochas calcissilicáticas, metapelitos, metabasitos, metandesito, metatufo e metamáfica.

Descrições anteriores sobre essas unidades litoestratigráficas podem ser verificadas em IPT (1981), DAEE (1982), CAMPANHA *et al.* (1983), CAMPOS NETO *et al.* (1983) e SAD e BARBOSA (1983).

Os Sedimentos Aluvionares/Depósitos Aluvionares estão representados por aluviões em geral, incluindo areias inconsolidadas de granulação variável, argilas, silte e cascalheiras fluviais subordinadamente, em depósitos de calhas e/ou terraços e localmente, turfa. A **Figura 25** apresenta a distribuição das unidades litoestratigráficas no município, de acordo com PERROTTA *et al.* (2005).

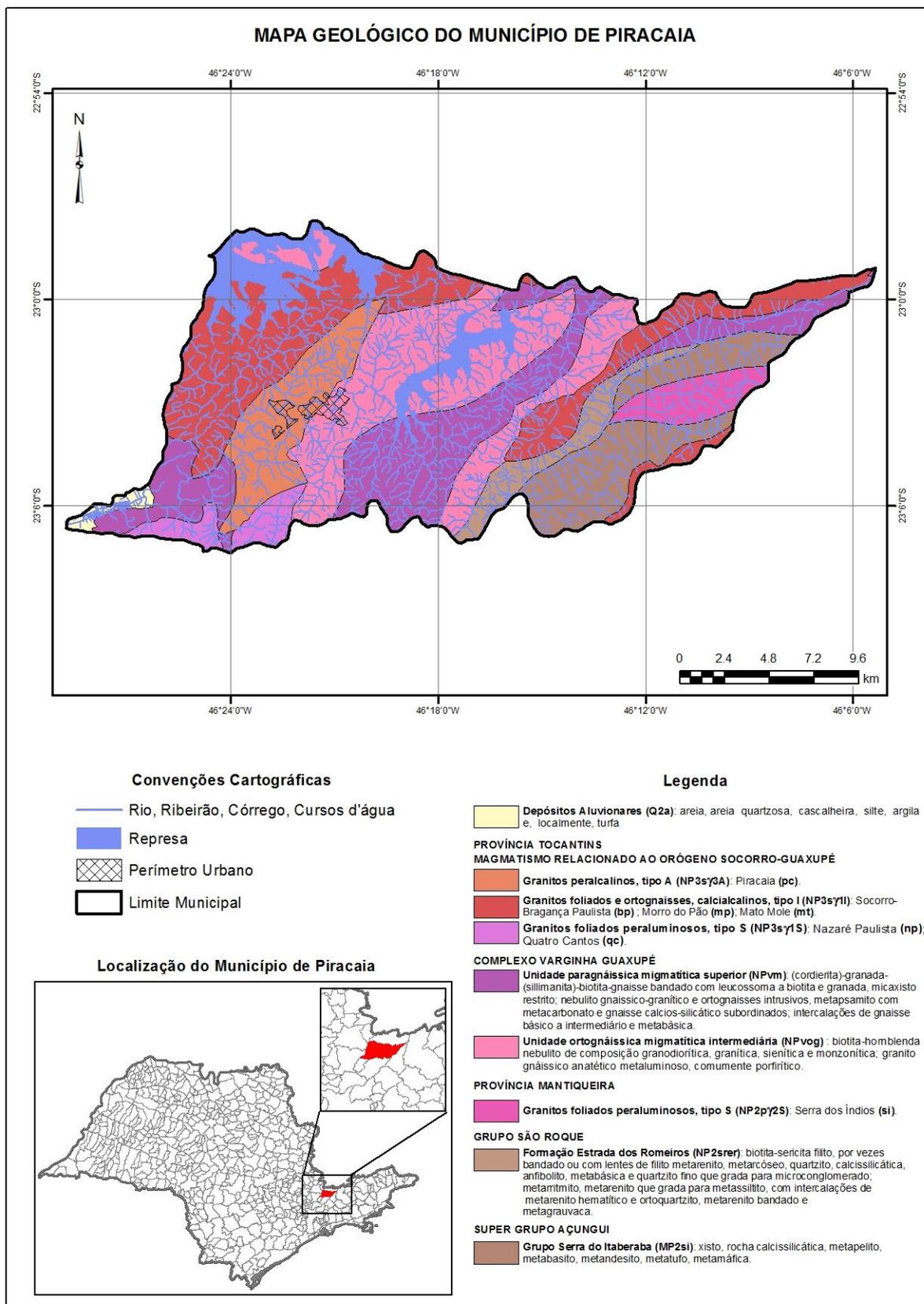


Figura 25 – Mapa geológico ampliado do município de Piracaia. Fonte: Mapa Geológico do estado de São Paulo (PERROTA *et al.*, 2005).

5.1.2 Contexto Geomorfológico do município de Piracaia

Os principais tipos de relevo da área do Município de Piracaia constam da **Figura 26**, que mostra o Mapa Geomorfológico, a partir de IPT (1981).

O mapa contém as principais formas de relevo da região individualizadas em unidades homogêneas, definidas principalmente em função da amplitude topográfica, declividade das encostas e densidade das linhas de drenagem.

A caracterização do relevo permite fornecer elementos para planejamento regional, avaliação de facilidades/dificuldades de urbanização, reconhecimento pedológico, classificação da capacidade de uso da terra e manejo agrícola, bem como as suscetibilidades à erosão e aos escorregamentos.

Caracterização geomorfológica da área

Geomorfológicamente, de acordo com IPT (1981), o município situa-se no Planalto Atlântico (Cinturão Orogênico do Atlântico), abrangendo a Zona da Serrania de São Roque e a Zona da Serra da Mantiqueira, caracterizado como uma região de terras altas, constituída predominantemente por rochas cristalinas pré-cambrianas e cambro-ordovicianas. De acordo com a **Figura 26**, na maior parte do município predomina um relevo de Morros com Serras Restritas (**245**), com declividades médias a altas (acima de 15%) e amplitudes locais de 100 a 300 metros, morros de topos arredondados, vertentes com perfis retilíneos, por vezes abruptas e presença de serras restritas. A drenagem é de alta densidade, padrão dendrítico a pinulado, vales fechados, com planícies aluvionares interiores restritas. Na porção leste ocorre o relevo de Morros Paralelos (**244**), com declividades médias a altas (acima de 15%) e amplitudes locais de 100 a 300 metros, topos arredondados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Apresenta drenagem de alta densidade, padrão em treliça a localmente sub-dendrítica, vales fechados a abertos, com planícies aluvionares interiores restritas. No extremo noroeste ocorre o relevo de Morrotes Alongados e Espigões (**234**), predominando declividades médias a altas (acima de 15%) e amplitudes locais inferiores a 100 metros, apresentando interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos e achatados, vertentes com perfis retilíneos, drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico, vales fechados e, no extremo sudoeste, ocorre o relevo de Mar de Morros (**243**), com declividades médias a altas (acima de

15%) e amplitudes locais de 100 a 300 metros, morros de topos arredondados, com vertentes com perfis convexos a retilíneos. Apresenta drenagem de alta densidade, padrão dendrítico a retangular, vales abertos a fechados, com planícies aluvionares interiores desenvolvidas. Constitui geralmente um conjunto de formas em “meia laranja”. Na porção norte do município, predomina o relevo Montanhoso, formado por Serras Alongadas (**251**), com declividades médias a altas (acima de 15%) e amplitudes locais acima de 300 metros, com topos angulosos, vertentes ravinadas com perfis retilíneos, por vezes abruptas, drenagem de alta densidade, padrão paralelo pinulado, vales fechados e subordinadamente, ocorrem Montanhas com Vales Profundos (**253**), predominando topos angulosos a arredondados, vertentes com perfis retilíneos a convexos, drenagem de alta densidade, padrão dendrítico, vales fechados.

Restritamente, ocorre na porção nordeste, uma estreita faixa de relevo de Transição, formado por Escarpas Festonadas (**521**), predominando declividades altas (acima de 30%) e amplitudes maiores que 100 metros, desfeitas em anfiteatros separados por espigões, topos angulosos, vertentes com perfis retilíneos, drenagem de alta densidade, padrão subparalelo a dendrítico, com vales fechados.

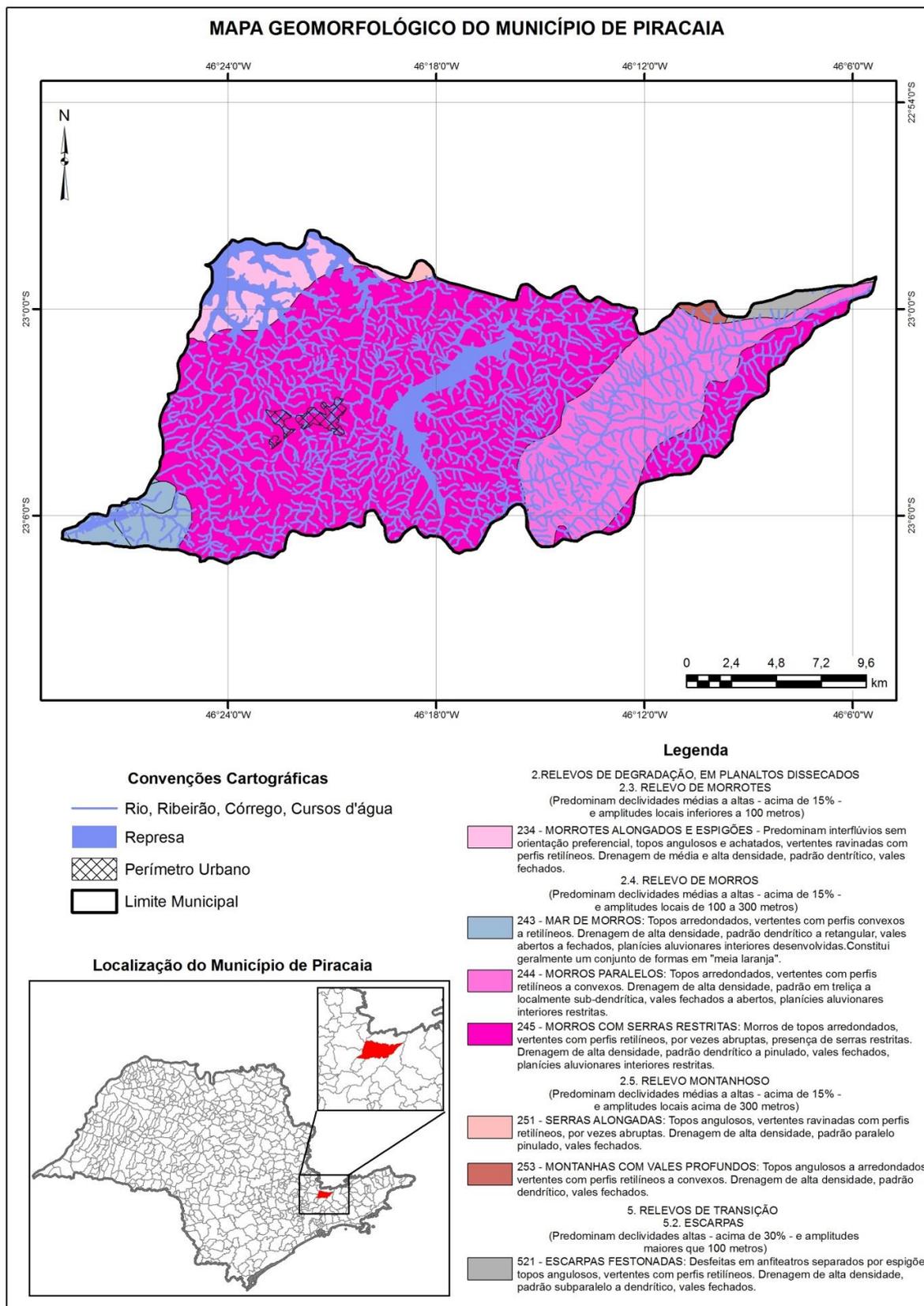


Figura 26 – Mapa geomorfológico ampliado do município de Piracaia. Fonte: Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo (IPT, 1981).

5.1.3 Contexto Pedológico do município de Piracaia

A **Figura 27** apresenta o Mapa Pedológico do município, elaborado a partir do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA *et al.*, 1999).

No que se refere aos tipos de solos que ocorrem no município, segundo OLIVEIRA *et al.* (1999), predominam as seguintes associações pedológicas:

- PVA-26 - Vermelho-Amarelos Distróficos A moderado e proeminente, com textura média/argilosa e argilosa, de relevo forte ondulado e montanhoso;

PVA-44 - Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos textura média/argilosa fase não rochosa e rochosa + Cambissolos Háplicos Distróficos textura argilosa e média ambos A moderado e proeminente relevo forte ondulado e montanhoso;

PVA-55 - Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos com textura argilosa e média/argilosa fase não rochosa e rochosa de relevo forte ondulado + Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos de textura argilosa em relevo forte ondulado e montanhoso, ambos A moderado;

LVA-17 - Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos de relevo ondulado + Cambissolos Háplicos Distróficos em relevo ondulado e forte ondulado, ambos A moderado e de textura argilosa;

LVA-23 - Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos em relevo montanhoso e forte ondulado + Cambissolos Háplicos relevo montanhoso, ambos A moderado e textura argilosa e

LVA-49 - Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos A moderado e proeminente + Latossolos Vermelho-Amarelos A húmico ambos com textura argilosa em relevo forte ondulado e ondulado + Argissolos Vermelho-Amarelos A moderado e proeminente e textura argilosa em relevo forte ondulado, ambos Distróficos. Os Argissolos são solos que apresentam gradiente textural entre os horizontes A e B, tornando-os altamente suscetíveis a erosões. A **Figura 27** apresenta a distribuição das associações pedológicas presentes no município, de acordo com OLIVEIRA *et al.* (1999).

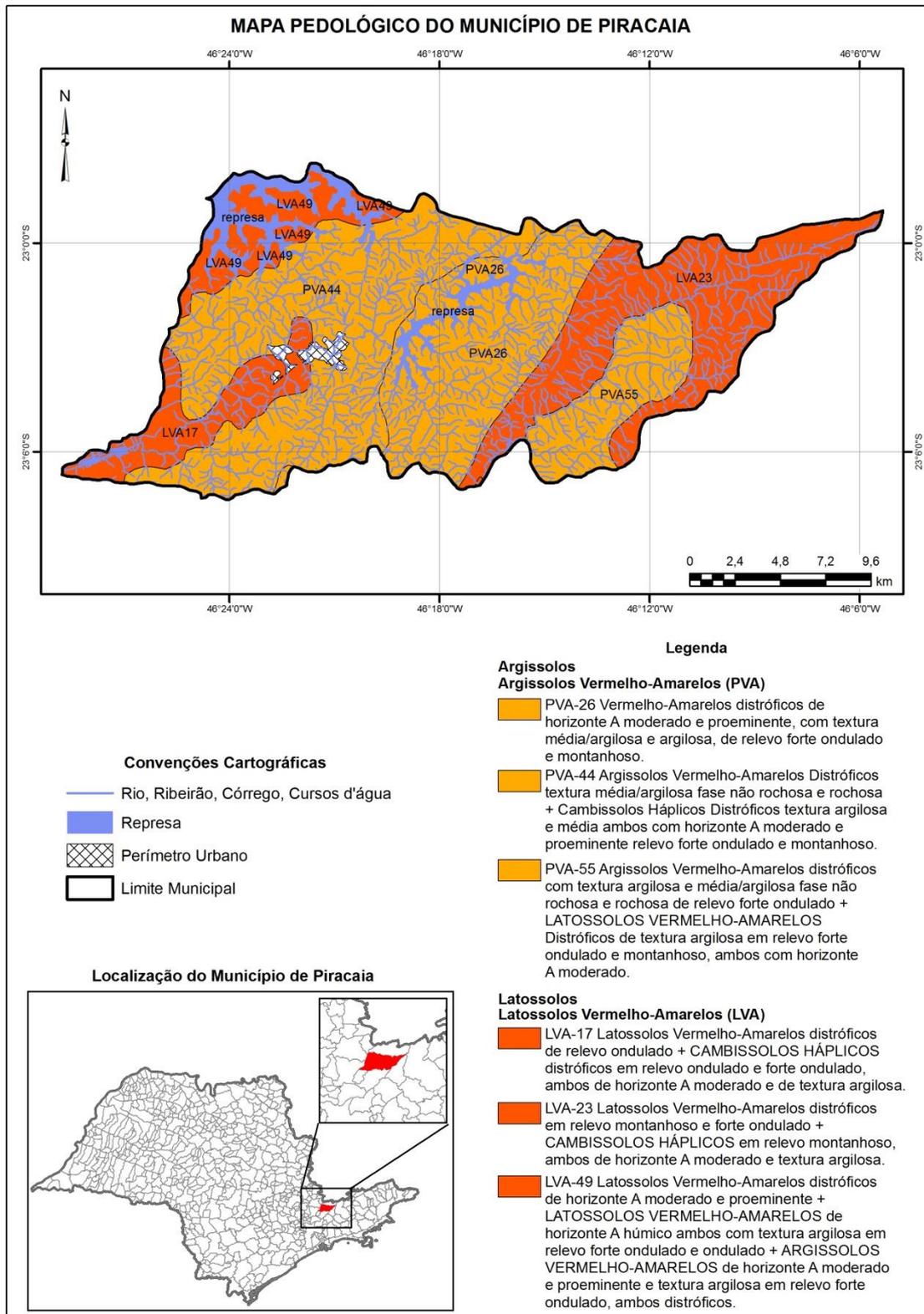


Figura 27 – Mapa pedológico ampliado do município de Piracaia. Fonte: Mapa Pedológico do estado de São Paulo (OLIVEIRA *et al.* 1999).

5.2 Áreas de Risco mapeadas

O **Quadro 7** apresenta as áreas de risco selecionadas no mapeamento, bem como a nomenclatura utilizada neste Relatório e pela Prefeitura do Município de Piracaia para sua respectiva identificação. Embora o contrato entre o IPT e a Casa Militar inclua apenas as áreas de risco muito alto e alto, a equipe do IPT registrou a existência de uma área de risco médio para deslizamento e duas áreas com risco médio para inundação.

| ÁREA Nº | NOME DA ÁREA | PROCESSO | NÍVEL DE RISCO |
|---------|---|----------------|----------------|
| PIR-01 | Beira Rio – Rua Luigi Zenga | Deslizamento - | R2 - Médio |
| PIR-02 | Boa Vista / Centro – Rua Afonso Rogério | Inundação | R2 – Médio |
| PIR-03 | Centro – Rua Dr. Alípio Ferreira | Inundação | R2 – Médio |

Quadro 7 - Lista de áreas de risco alto mapeadas no município de Piracaia.

O **Apêndice 1** contém os Desenhos com o resumo dos resultados das áreas mapeadas.

Deve-se salientar que a indicação das tipologias de obras tem caráter de concepção, não podendo ser encarada como nenhuma forma de projeto de engenharia, seja ele básico ou executivo.

5.2.1 Área PIR-01 (Beira Rio – Rua Luigi Zenga) – Deslizamento (R2 – Risco Médio)

Descrição da Área

A Área **PIR-01** compreende setor de risco, localizado em área urbana, na rua Luigi Zenga, bairro Beira Rio, município de Piracaia. A área possui média a alta densidade ocupacional, predominando construções de alvenaria e apresenta equipamentos públicos instalados (pavimentação, drenagem, água-esgoto, luz, etc). As vias de acesso nas proximidades possuem boas condições de pavimentação e sistemas de drenagem satisfatórios, necessitando manutenção periódica. Trata-se de porção de encosta com média a alta declividade e altura, na qual foram feitas escavações para a construção de moradias. A encosta natural possui cerca de 30-40 m

de altura e em muitos pontos encontra-se com vegetação de grande porte protegendo os taludes. Os taludes de corte na área possuem alturas que chegam até 6 m e inclinações da ordem de 70^o a subverticais, em solos de alteração com grande espessura. As moradias ocupam a base desse talude de corte e estão localizadas muito próximas à sua base. Há, também, moradias de padrão construtivo popular. Há indícios de movimentações desses taludes, principalmente pela presença de cicatrizes de deslizamentos. Não foram observados dispositivos para controle de água nos taludes (crista e base) ou outras obras de contenção. Foi registrado pequeno deslizamento, em taludes de corte, envolvendo pequenos volumes de solo e raio de alcance. Segundo informações prestadas pelo representante da COMDEC, trata-se de área constantemente monitorada pelas equipes do município.

Descrição do Processo Observado e/ou Potencial

Espera-se para a área **PIR-01** a ocorrência de deslizamentos, nos taludes de corte e aterro, podendo atingir as moradias a jusante. Esperam-se, adicionalmente, movimentações e rolamento de matacões em pontos específicos do talude. Nesse caso, o grau de risco da área **PIR -01** foi definido como **R2** – Risco Médio.

Sugestão de Intervenções

Sugerem-se as seguintes ações para redução dos riscos: (a) estudo geológico-geotécnico de detalhe para verificar a necessidade de obras de contenção; (b) avaliação dos dispositivos de drenagem superficial, principalmente no topo da encosta, no sentido de garantir escoamento e controle dessa água de superfície ou implantação de sistema, caso necessário; (c) construção de estruturas de contenção localizadas ou lineares, caso os estudos indiquem tal alternativa; (d) orientação técnica dirigida aos moradores para evitar intervenções irregulares na encosta natural (e) orientação de moradores sobre como proceder em casos de alertas nas situações críticas de chuva.

5.2.2 Área PIR-02 (Boa Vista / Centro – Rua Afonso Rogério) - Inundação –(R2 – Risco Médio)

A Área **PIR-02** compreende setor de risco, localizado nas ruas Afonso Rogério e Domingos Fiorelli, bairro Boa Vista - Centro. A área possui alta densidade ocupacional e equipamentos públicos instalados, predominando construções de alvenaria e ocupações concentradas em ambas as margens do ribeirão. As vias de acesso nas proximidades possuem boas condições de pavimentação e sistemas de drenagem de precários a satisfatórios, necessitando manutenção periódica. A drenagem no local é natural, retilínea a meandrante, e no momento da vistoria encontrava-se com nível de água baixo. O canal possui cerca de 3-8 m de largura (máxima) e margens com cerca de 3 m de altura. A drenagem, rio Cachoeira, apresenta-se assoreada em pontos específicos do canal e os taludes marginais possuem desde impermeabilizações até proteção vegetal natural (árvores, arbustos e gramíneas). Segundo informações da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil - COMDEC, as inundações não são tão frequentes no trecho vistoriado, favorecidas pelas obras de melhorias realizadas neste trecho. O último grande evento ocorreu no ano de 2011, e as águas não tiveram um grande raio de alcance. Segundo os técnicos da COMDEC, as águas elevam-se gradualmente, isto é, com velocidades de médias a baixas. Ressalta-se que, em diversos pontos, a jusante, estão sendo executadas obras de melhorias no escoamento das águas.

Descrição do Processo Observado e/ou Potencial

Espera-se para a área **PIR-02** a ocorrência de inundação gradual com baixa possibilidade de impacto nas vias de acesso e caminhos. Nesse caso, o grau de risco da área **PIR-02** foi definido como **R2 – Risco Médio**.

Sugestão de Intervenções

Sugerem-se as seguintes ações para redução dos riscos: (a) estudo da dinâmica do rio no trecho de interesse para auxiliar no monitoramento de obras de escoamento; (b) monitoramento da elevação das águas do rio, inclusive com um sistema de monitoramento incluindo os municípios que se encontram na região de cabeceira do ribeirão; (c) instalação de réguas de nível de água; (d) orientação aos moradores sobre como proceder em casos de alertas nas situações críticas de chuva.

5.2.3 Área PIR-03 (Centro – Rua Dr. Alipio Ferreira) - Inundação – (R2 – Risco Médio)

A Área **PIR-03** compreende setor de risco, localizado na rua Dr. Alipio Ferreira, Centro. A área possui alta densidade ocupacional, comércio e equipamentos públicos instalados, predominando construções de alvenaria e ocupações concentradas em ambas as margens do ribeirão. As vias de acesso nas proximidades possuem boas condições de pavimentação e sistemas de drenagem de precários a satisfatórios, necessitando manutenção periódica. A drenagem no local é natural, retilínea a meandrante e no momento da vistoria encontrava-se com nível de água baixo. O canal possui cerca de 3-8 m de largura (máxima) e margens com cerca de 3 m de altura. A drenagem, rio Cachoeira, apresenta-se assoreada em pontos específicos do canal e os taludes marginais possuem desde impermeabilizações até proteção vegetal natural (árvores, arbustos e gramíneas). Segundo informações da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil - COMDEC, as inundações não são tão frequentes no trecho vistoriado, favorecidas pelas obras de melhorias realizadas neste trecho. O último grande evento ocorreu no ano de 2011, e as águas não tiveram um grande raio de alcance. Segundo os técnicos da COMDEC, as águas elevam-se gradualmente, isto é, com velocidades de médias a baixas, provocando transtornos temporários. Ressalta-se que, em diversos pontos, a jusante, estão sendo executadas obras de melhorias no escoamento das águas.

Descrição do Processo Observado e/ou Potencial

Espera-se para a área **PIR-03** a ocorrência de inundação gradual com baixa possibilidade de impacto nas vias de acesso e caminhos. Nesse caso, o grau de risco da área **PIR-03** foi definido como **R2** – Risco Médio.

Sugestão de Intervenções

Sugerem-se as seguintes ações para redução dos riscos: (a) estudo da dinâmica do rio no trecho de interesse para auxiliar no monitoramento de obras de escoamento; (b) monitoramento da elevação das águas do rio, inclusive com um sistema de monitoramento incluindo os municípios que se encontram na região de cabeceira do ribeirão; (c) instalação de réguas de nível de água; (d) orientação aos moradores sobre como proceder em casos de alertas nas situações críticas de chuva.

O **Apêndice 2** contém as fichas completas de todas as áreas mapeadas e vistoriadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Relatório apresenta o resultado dos trabalhos referentes ao mapeamento de áreas de alto risco de inundações do município de Piracaia, assim como indicação de concepção de intervenções para as áreas mais críticas. Não há, no histórico do município, registros críticos de áreas sujeitas a deslizamentos de solo. Tal situação reflete as condições do relevo na região e, também, pela forma de uso e ocupação do solo.

Nesse sentido, recomenda-se que o município desenvolva, além das soluções e monitoramento das áreas já instaladas, mecanismos para controle daquelas ainda não ocupadas e que apresentam potencial para instabilizações e/ou impacto das águas. Recomenda-se, ainda, verificar a possibilidade de desassoreamento de trechos críticos do rio, a necessidade de aplicação de medidas hidráulicas estruturais e medidas de retenção de águas pluviais por infiltração ou reservação.

Por fim, a partir da caracterização geológico-geotécnica expedita e do histórico de processos nos locais avaliados, conclui-se que alguns problemas podem ser esperados em períodos de grande intensidade pluviométrica, tais como as inundações em função da rápida concentração das águas de chuva nos principais córregos da cidade, decorrentes do grau de impermeabilização, assoreamento e características geométricas dos canais.

Os aspectos discutidos, assim como as medidas propostas para minimização dos riscos identificados neste Relatório Técnico têm um caráter preliminar, compatível com a qualidade e com a quantidade de dados passíveis de levantamento em uma vistoria expedita. Esse caráter reforça a necessidade de se manter um monitoramento constante das áreas estudadas, objetivando adequações e ampliação das medidas sugeridas.

Todas as alternativas técnicas apresentadas e discutidas no âmbito deste Relatório visam garantir a segurança das pessoas que moram no município de Piracaia.

São Paulo, 07 de fevereiro de 2014.

CENTRO DE TECNOLOGIAS
GEOAMBIENTAIS
LABORATÓRIO DE RISCOS AMBIENTAIS

Geólº Dr. Eduardo Soares de Macedo
Chefe do Laboratório em exercício
CREASP N° 0601145629 – RE N°06167

CENTRO DE TECNOLOGIAS
GEOAMBIENTAIS
LABORATÓRIO DE RISCOS AMBIENTAIS

Geól. Mestre Marcelo Fischer Gramani
Gerente do Projeto
CREASP 50608011434 – RE 8474

CENTRO DE TECNOLOGIAS
GEOAMBIENTAIS

Geólº MSc. Antonio Gimenez Filho
Diretor do Centro
CREA SP 0600693084 – RE 04765

7 EQUIPE TÉCNICA

Centro de Tecnologias Geoambientais – CTGeo

Laboratório de Riscos Ambientais - Lara

Coordenador: Marcelo Fischer Gramani – Mestre, Geólogo, Pesquisador

Alessandra Cristina Corsi – Doutora, Geóloga, Pesquisadora

Luiz Antonio Gomes – Tecnólogo Civil, Pesquisador

Zeno Helmeinster – Mestre, Geólogo, Pesquisador

Airton Marambaia Santa – Técnico de Geologia

Luis Celso Coutinho da Silva – Técnico de Geologia

Roberto José Vieira – Técnico de Geologia

Lucas Serrão Pellicani – Estagiário de Geografia

Tarcísio Linhares Filgueiras – Estagiário de Geografia

BIBLIOGRAFIA

ARAB, P.B. et al. GRUPO ITARARÉ (P – C DA BACIA DO PARANÁ) NAS REGIÕES DE LIMEIRA E PIRACICABA – SP: CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS LITOFÁCIES. 2009. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 28, n. 4, p. 501-521, 2009.

AUGUSTO FILHO, O. 1992. 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. p. 721-733.

CAMPANHA, C. A. G. et al. Mapeamento geológico das quadrículas Moji-Guaçu e Águas de Lindóia. 1983. In: 1ª Jornada sobre a carta geológica do Estado de São Paulo em 1:50.000. São Paulo.

CAMPOS NETO, C. M. et al. Geologia das folhas de Piracaia e Igaratá. 1983. In: 1ª Jornada sobre a carta geológica do Estado de São Paulo em 1:50.000. São Paulo.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:250.000. Convênio DAEE/UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro. 1982.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 412p.

FÚLFARO, V.J. et al. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. São Paulo. 1980. São Paulo: PAULIPETRO, consórcio IPT/CESP (Relatório 008/80).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT) Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1 000.000. Vol. 1 e 2. São Paulo, 1981.

MACEDO, E.S.; OGURA, A.T.; CANIL, K.; ALMEIDA FILHO, G.S; GRAMANI, M.F.; SILVA, F.C.; CORSI, A.C.; MIRANDOLA, F.A.. Modelos de fichas descritivas para áreas de risco de deslizamento, inundação e erosão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1, 2004, Florianópolis. Anais...Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004, p. 892-907, CD-ROM.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO

ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios. Org.: Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo, Agostinho Tadashi Ogura. Brasília: Min. das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.;ROSSI, M. & CALDERANO FILHO,B. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida. Campinas,Instituto Agrônômico / EMBRAPA Solos. Campinas. Escala: 1: 500 000.1999. 64p.

PERROTA, M.M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D’AGOSTINO, L.Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; LACERDA FILHO, J.V. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, CPRM, São Paulo, 2005.

SAAD, A. R. Estratigrafia do Subgrupo Itararé no centro sul do Estado de São Paulo. 1977. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1977.

SAD, G. H. J. e BARBOSA, M. L. A. Síntese geológica da folha de Socorro, São Paulo. 1983. In: 1a Jornada sobre a carta geológica do Estado de São Paulo em 1:50.000. São Paulo.

UNDRO - UNITED NATIONS RELIEF CO-ORDINATOR. 1991. UNDRO’S approach to disaster mitigation. UNDRO News, Geneva, p.20, jan-feb.

APÊNDICE 1
DESENHOS DAS ÁREAS DE RISCO MAPEADAS.



Deslizamento

Município: Piracaia
 Nome da Área: PIR - 01 (Beira Rio)
 Grau de Risco Predominante: R2 - Médio



Vista de talude de corte em setor de risco de deslizamento. Notar padrão construtivo e proximidade da moradia em relação à base do talude.



Vista de talude de corte e encosta natural bem vegetada.



Talude de corte em encosta natural. Notar dimensões do talude de corte e espessura do solo residual.



Talude de corte em encosta natural. Notar espessura do solo.

Descrição da Área
 A Área PIR-01 compreende setor de risco, localizado em área urbana, na rua Luigi Zenga, bairro Beira Rio, município de Piracaia. A área possui média a alta densidade ocupacional, predominando construções de alvenaria e apresenta equipamentos públicos instalados (pavimentação, drenagem, água-esgoto, luz, etc). As vias de acesso nas proximidades possuem boas condições de pavimentação e sistemas de drenagem satisfatórios, necessitando manutenção periódica. Trata-se de porção de encosta com média a alta declividade e altura, na qual foram feitas escavações para a construção de moradias. A encosta natural possui cerca de 30-40 m de altura e em muitos pontos encontra-se com vegetação de grande porte protegendo os taludes. Os taludes de corte na área possuem alturas que chegam até 6m e inclinações da ordem de 70° a subverticais, em solos de alteração com grande espessura. As moradias ocupam a base desse talude de corte e estão localizadas muito próximas à sua base. Há, também, moradias de padrão construtivo popular. Há indícios de movimentações desses taludes, principalmente pela presença de cicatrizes de deslizamentos. Não foram observados dispositivos para controle de água nos taludes (crista e base) ou outras obras de contenção. Foi registrado pequeno deslizamento, em taludes de corte, envolvendo pequenos volumes de solo e raio de alcance. Segundo informações prestadas pelo representante da COMDEC, trata-se de área constantemente monitorada pelas equipes do município.

Descrição do Processo Observado e/ou Potencial
 Espera-se para a área PIR-01 a ocorrência de deslizamentos, nos taludes de corte e aterro, podendo atingir as moradias a jusante. Esperam-se, adicionalmente, movimentações e rolamento de matacões em pontos específicos do talude. Nesse caso, o grau de risco da área PIR -01 foi definido como R2 – Risco Médio.

Sugestão de Intervenções
 Sugerem-se as seguintes ações para redução dos riscos: (a) estudo geológico-geotécnico de detalhe para verificar a necessidade de obras de contenção; (b) avaliação dos dispositivos de drenagem superficial, principalmente no topo da encosta, no sentido de garantir escoamento e controle dessa água de superfície ou implantação de sistema, caso necessário; (c) construção de estruturas de contenção localizadas ou lineares, caso os estudos indiquem tal alternativa; (d) orientação técnica dirigida aos moradores para evitar intervenções irregulares na encosta natural (e) orientação de moradores sobre como proceder em casos de alertas nas situações críticas de chuva.

Número aproximado de moradias: 12

Número aproximado de moradores: 48

| | | |
|------------------|---|----------------|
| | CETAE - LARA | |
| Escala: 1:1.500 | Município de Piracaia PIR - 01 (Beira Rio) | |
| Data: Janeiro/14 | RT N°: 136369-205 | |
| | | Desenho N°: 01 |



Inundação

Município: Piracaia
 Nome da Área: PIR - 02 (Reserva da Boa Vista - Centro)
 Grau de Risco Predominante: R2 - Médio



Vista geral de rua sujeita a processos de inundação.



O trecho em destaque acumula uma maior quantidade de água em função de sua topografia.



Segundo informações de moradores na proximidade da área, é comum o fluxo da água por meio das bocas de lobo, potencializando a inundação.



É comum que as águas circulem pelas ruas Afonso Rogério e Domingos Fiorelli.

Descrição da Área

A Área PIR-02 compreende setor de risco, localizado nas ruas Afonso Rogério e Domingos Fiorelli, bairro Boa Vista - Centro. A área possui alta densidade ocupacional e equipamentos públicos instalados, predominando construções de alvenaria e ocupações concentradas em ambas as margens do ribeirão. As vias de acesso nas proximidades possuem boas condições de pavimentação e sistemas de drenagem de precários a satisfatórios, necessitando manutenção periódica. A drenagem no local é natural, retilínea a meadrante, e no momento da vistoria encontrava-se com nível de água baixo. O canal possui cerca de 3-8 m de largura (máxima) e margens com cerca de 3m de altura. A drenagem, rio Cachoeira, apresenta-se assoreada em pontos específicos do canal e os taludes marginais possuem desde impermeabilizações até proteção vegetal natural (árvores, arbustos e gramíneas). Segundo informações da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil - COMDEC, as inundações não são tão frequentes no trecho vistoriado, favorecidas pelas obras de melhorias realizadas neste trecho. O último grande evento ocorreu no ano de 2011, e as águas não tiveram um grande raio de alcance. Segundo os técnicos da COMDEC, as águas elevam-se gradualmente, isto é, com velocidades de médias a baixas. Ressalta-se que, em diversos pontos, a jusante, estão sendo executadas obras de melhorias no escoamento das águas.

Descrição do Processo Observado e/ou Potencial

Espera-se para a área PIR-02 a ocorrência de inundação gradual com baixa possibilidade de impacto nas vias de acesso e caminhos. Nesse caso, o grau de risco da área PIR-02 foi definido como R2 - Risco Médio.

Sugestão de Intervenções

Sugerem-se as seguintes ações para redução dos riscos: (a) estudo da dinâmica do rio no trecho de interesse para auxiliar no monitoramento de obras de escoamento; (b) monitoramento da elevação das águas do rio, inclusive com um sistema de monitoramento incluindo os municípios que se encontram na região de cabeceira do ribeirão; (c) instalação de réguas de nível de água; (d) orientação aos moradores sobre como proceder em casos de alertas nas situações críticas de chuva.

Número aproximado de moradias: 40

Número aproximado de moradores: 160

| | | |
|-------------------|--|--|
| | CETAE - LARA | |
| Escala: 1:1.000 | Município de Piracaia | |
| Data: Janeiro/14 | PIR - 02 (Reserva da Boa Vista - Centro) | |
| RT Nº: 136369-205 | Desenho Nº: 02 | |

7449800 000000

361800 000000



Inundação

Município: Piracaia
 Nome da Área: PIR - 03 (Rua Dr. Alípio Ferreira)
 Grau de Risco Predominante: R2 - Médio



Vista geral da planície fluvial do rio Cachoeira nas proximidades da região central do município.



O trecho em destaque acumula uma maior quantidade de água em função de sua topografia.



Aspecto geral de trecho do rio Cachoeira que se encontra bastante assoreado.



Vista geral de área afetada pela inundação do rio Cachoeira.

Descrição da Área

A Área PIR-03 compreende setor de risco, localizado na rua Dr. Alípio Ferreira, Centro. A área possui alta densidade ocupacional, comércio e equipamentos públicos instalados, predominando construções de alvenaria e ocupações concentradas em ambas as margens do ribeirão. As vias de acesso nas proximidades possuem boas condições de pavimentação e sistemas de drenagem de precários a satisfatórios, necessitando manutenção periódica. A drenagem no local é natural, retilínea a meandrante e no momento da vistoria encontrava-se com nível de água baixo. O canal possui cerca de 3-8m de largura (máxima) e margens com cerca de 3 m de altura. A drenagem, rio Cachoeira, apresenta-se assoreada em pontos específicos do canal e os taludes marginais possuem desde impermeabilizações até proteção vegetal natural (árvores, arbustos e gramíneas). Segundo informações da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil - COMDEC, as inundações não são tão frequentes no trecho vistoriado, favorecidas pelas obras de melhorias realizadas neste trecho. O último grande evento ocorreu no ano de 2011, e as águas não tiveram um grande raio de alcance. Segundo os técnicos da COMDEC, as águas elevam-se gradualmente, isto é, com velocidades de médias a baixas, provocando transtornos temporários. Ressalta-se que, em diversos pontos, a jusante, estão sendo executadas obras de melhorias no escoamento das águas.

Descrição do Processo Observado e/ou Potencial

Espera-se para a área PIR-03 a ocorrência de inundação gradual com baixa possibilidade de impacto nas vias de acesso e caminhos. Nesse caso, o grau de risco da área PIR-03 foi definido como R2 – Risco Médio.

Sugestão de Intervenções

Sugerem-se as seguintes ações para redução dos riscos: (a) estudo da dinâmica do rio no trecho de interesse para auxiliar no monitoramento de obras de escoamento; (b) monitoramento da elevação das águas do rio, inclusive com um sistema de monitoramento incluindo os municípios que se encontram na região de cabeceira do ribeirão; (c) instalação de réguas de nível de água; (d) orientação aos moradores sobre como proceder em casos de alertas nas situações críticas de chuva.

Número aproximado de moradias: 20

Número aproximado de moradores: 80

| | | |
|-------------------|------------------------------------|--|
| | CETAE - LARA | |
| Escala: 1:5.000 | Município de Piracaia | |
| Data: Janeiro/14 | PIR - 03 (Rua Dr. Alípio Ferreira) | |
| RT Nº: 136369-205 | Desenho Nº: 03 | |



Inundação

Município: Piracaia
 Nome da Área: PIR - 03 (Rua Dr. Alípio Ferreira)
 Grau de Risco Predominante: R2 - Médio



Vista geral da planície fluvial do rio Cachoeira nas proximidades da região central do município.



O trecho em destaque acumula uma maior quantidade de água em função de sua topografia.



Aspecto geral de trecho do rio Cachoeira que se encontra bastante assoreado.



Vista geral de área afetada pela inundação do rio Cachoeira.

Descrição da Área

A Área PIR-02 compreende setor de risco, localizado na rua Dr. Alípio Ferreira, Centro. A área possui alta densidade ocupacional, comércio e equipamentos públicos instalados, predominando construções de alvenaria e ocupações concentradas em ambas as margens do ribeirão. As vias de acesso nas proximidades possuem boas condições de pavimentação e sistemas de drenagem de precários a satisfatórios, necessitando manutenção periódica. A drenagem no local é natural, retilínea a meandrante e no momento da vistoria encontrava-se com nível de água baixo. O canal possui cerca de 3-8 m de largura (máxima) e margens com cerca de 3 m de altura. A drenagem, rio Cachoeira, apresenta-se assoreado em pontos específicos do canal e os taludes marginais possuem desde impermeabilizações até proteção vegetal natural (árvores, arbustos e gramíneas). Segundo informações da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil - COMDEC, as inundações não são tão frequentes no trecho vistoriado, favorecidas pelas obras de melhorias realizadas neste trecho. O último grande evento ocorreu no ano de 2011, e as águas não tiveram um grande raio de alcance. Segundo os técnicos da COMDEC, as águas elevam-se gradualmente, isto é, com velocidades de médias a baixas, provocando transtornos temporários. Ressalta-se que, em diversos pontos, a jusante, estão sendo executadas obras de melhorias no escoamento das águas.

Descrição do Processo Observado e/ou Potencial

Espera-se para a área PIR-03 a ocorrência de inundação gradual com baixa possibilidade de impacto nas vias de acesso e caminhos. Nesse caso, o grau de risco da área PIR-03 foi definido como R2 – Risco Médio.

Sugestão de Intervenções

Sugerem-se as seguintes ações para redução dos riscos: (a) estudo da dinâmica do rio no trecho de interesse para auxiliar no monitoramento de obras de escoamento; (b) monitoramento da elevação das águas do rio, inclusive com um sistema de monitoramento incluindo os municípios que se encontram na região de cabeceira do ribeirão; (c) instalação de régua de nível de água; (d) orientação aos moradores sobre como proceder em casos de alertas nas situações críticas de chuva.

Número aproximado de moradias: 20

Número aproximado de moradores: 80

| | | |
|-------------------|---|--|
| | CETAE - LARA | |
| Escala: 1:5.000 | Município de Piracaia | |
| Data: Janeiro/14 | PIR - 03 (Rua Dr. Alípio Ferreira) | |
| RT N°: 136369-205 | Desenho N°: 03 | |

APÊNDICE 2
FICHAS DAS ÁREAS DE RISCO MAPEADAS E VISTORIADAS

ÁREA PIR-01

Beira Rio – Rua Luigi Zenga

Risco Médio (R2) – Deslizamento



FIGURA 1. Vista geral da área mapeada.

FICHA DE CAMPO - MAPEAMENTO DE ÁREA DE RISCO DE DESLIZAMENTO

| | |
|--|--|
| LOCALIZAÇÃO | |
| Município: <u>Piracáia</u> | Área: <u>PIR-01</u> |
| Nome da Área: <u>Beira Rio</u> | Coord E (m): <u>361284</u> Coord N (m): <u>745090</u> |
| Localização: <u>Rua Luigi Zenga</u> | Data: <u>07/11/2013</u> |
| Equipe: <u>Marcelo F. Grmani / José Cardoso</u> | |
| UNIDADE DE ANÁLISE | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Encosta <input type="checkbox"/> Margem de Córrego | |
| CARACTERÍSTICAS DA ÁREA | |
| Tipos predominantes de construção: <input checked="" type="checkbox"/> alvenaria <input type="checkbox"/> madeira <input type="checkbox"/> misto Obs: _____ | |
| Densidade de ocupação: <input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 | |
| Condições das vias: <input checked="" type="checkbox"/> pavimentada <input type="checkbox"/> não pavimentada Obs: <u>trecho final sem saída (sítio) não pavimentada</u> | |
| Inclinação média do setor (°): <u>30</u> | |
| CONDICIONANTES | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Encostas Naturais Obs: _____ | |
| Altura (m): <u>30</u> | Inclinação (°): <u>35</u> Distância da moradia ao topo (m): _____ Distância da moradia à base (m): _____ |
| <input checked="" type="checkbox"/> Talude de Corte Obs: _____ | |
| Altura (m): <u>6</u> | Inclinação (°): <u>70</u> Distância da moradia ao topo (m): _____ Distância da moradia à base (m): <u>0-3</u> |
| Material predominante: <input checked="" type="checkbox"/> solo residual <input checked="" type="checkbox"/> saprolito <input type="checkbox"/> rocha alterada <input type="checkbox"/> rocha sã | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Estruturas desfavoráveis a estabilidade Obs: _____ | |
| <input type="checkbox"/> Taludes de aterro Obs: _____ | |
| Altura (m): _____ | Inclinação (°): _____ Distância da moradia ao topo (m): _____ Distância da moradia à base (m): _____ |
| <input type="checkbox"/> Maciço rochoso <input type="checkbox"/> Estruturas desfavoráveis à estabilidade Outros: _____ | |
| Altura (m): _____ | Inclinação (°): _____ Distância da moradia ao topo (m): _____ Distância da moradia à base (m): _____ |
| <input type="checkbox"/> Matacões Obs: _____ | |
| <input type="checkbox"/> Depósito localizado sobre: <input type="checkbox"/> Encosta natural <input type="checkbox"/> Talude de corte <input type="checkbox"/> Talude de aterro <input type="checkbox"/> Talude marginal | |
| Obs: _____ | |
| Material presente: <input type="checkbox"/> aterro <input type="checkbox"/> lixo <input type="checkbox"/> entulho Obs: _____ | |
| <input type="checkbox"/> Drenagens Naturais: <input type="checkbox"/> retificado <input type="checkbox"/> natural <input type="checkbox"/> retilíneo <input type="checkbox"/> meandrante <input type="checkbox"/> assoreado <input type="checkbox"/> lixo <input type="checkbox"/> entulho | |
| <input type="checkbox"/> Talude Marginal Altura (m): _____ Distância da moradia ao topo (m): _____ Obs: _____ | |
| EVIDÊNCIAS DE MOVIMENTAÇÃO | |
| <input type="checkbox"/> trincas na moradia | <input type="checkbox"/> muros e paredes embarrigado <input checked="" type="checkbox"/> cicatrizes de escorregamento |
| <input type="checkbox"/> trincas no terreno | <input type="checkbox"/> árvores, postes, muros inclinados Data e dimensão: <u>já vegetada</u> |
| <input type="checkbox"/> dregaus de abatimento | <input type="checkbox"/> solapamento de margem <input type="checkbox"/> fraturas no maciço rochoso |
| ÁGUA | |
| <input checked="" type="checkbox"/> concentração de água de chuva em superfície | <input type="checkbox"/> fossa |
| <input type="checkbox"/> lançamento de águas servidas em superfície | <input type="checkbox"/> surgência d'água Obs: _____ |
| <input type="checkbox"/> vazamento de tubulação | sistema de drenagem superficial: <input checked="" type="checkbox"/> inexistente <input type="checkbox"/> precário <input type="checkbox"/> satisfatório |
| VEGETAÇÃO NA ÁREA OU PROXIMIDADES | |
| <input checked="" type="checkbox"/> presença de árvores | <input type="checkbox"/> área desmatada |
| <input checked="" type="checkbox"/> vegetação rasteira | <input type="checkbox"/> área de cultivo: _____ |
| PROCESSO DE INSTABILIZAÇÃO | |
| <input checked="" type="checkbox"/> escorregamento em encosta natural | <input type="checkbox"/> escorregamento em depósito encosta <input type="checkbox"/> queda de blocos <input type="checkbox"/> corrida |
| <input checked="" type="checkbox"/> escorregamento em talude de corte | <input type="checkbox"/> solapamento margem <input type="checkbox"/> rolamento de blocos <input type="checkbox"/> rastejo |
| <input type="checkbox"/> escorregamento em talude de aterro | <input type="checkbox"/> erosão <input type="checkbox"/> deslocamento |
| CONDIÇÃO DA ESTABILIDADE DOS BLOCOS E MACIÇO ROCHOSO | |
| <input type="checkbox"/> Condição favorável de estabilidade | <input type="checkbox"/> Condição desfavorável de estabilidade |
| GRAU DE RISCO | |
| <input type="checkbox"/> Risco 4 - Muito Alto | <input type="checkbox"/> Risco 3 - Alto <input checked="" type="checkbox"/> Risco 2 - Médio <input type="checkbox"/> Risco 1 - Baixo ou Sem Risco |
| Número de moradias na área: <u>12</u> | |

FIGURA 2. Ficha de campo da Área PIR-01.



FOTO 1. Vista de talude de corte em setor de risco de deslizamento. Notar padrão construtivo e proximidade da moradia em relação à base do talude.



FOTO 2. Vista de antiga cicatriz de deslizamento em talude contíguo ao mostrado na **FOTO 1**. Notar dimensões e proximidade da moradia.



FOTO 3. Vista geral de talude de corte, mostrado na **FOTO 1**, o qual apresenta declividades acentuadas. Notar encosta natural bastante vegetada e que não apresenta sinais de movimentações.



FOTO 4. Vista geral do talude de corte mostrado na **FOTO 3**. Notar dimensões do corte (altura e inclinação), espessura do solo de alteração e proximidade com as moradias na base.



FOTO 5. Vista de talude de corte em setor de risco de deslizamento. Notar que o talude encontra-se vegetado e não apresenta sinais de movimentação.



FOTO 6. Vista de talude de corte e encosta natural bem vegetada.



FOTO 7. Talude de corte em encosta natural. Notar dimensões do talude de corte e espessura do solo residual.



FOTO 8. Vista geral de moradias que ocupam a base de talude de corte, após escavação da encosta natural. Notar dimensões e proximidade das moradias.



FOTO 9. Vista geral de trecho de área parcialmente ocupada, com destaque para condições de topografia, padrões construtivos e intervenções na encosta.



FOTO 10. Vista geral de trecho de área parcialmente ocupada, com destaque para padrões construtivos e intervenções na encosta.



FOTO 11. Vista geral do talude de corte e encosta natural com pouca vegetação.

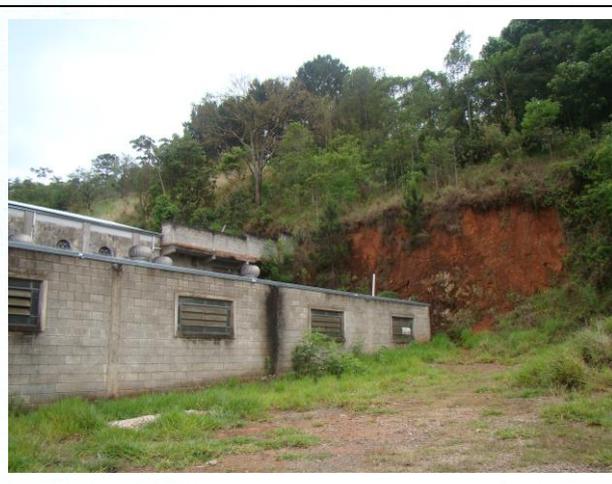


FOTO 12. Talude de corte em encosta natural. Notar espessura do solo e proximidade da construção.

ÁREA PIR-02

Boa Vista/Centro – Rua Afonso Rogério

Risco Médio (R2) – Inundação



FIGURA 3. Vista geral da área mapeada.

FICHA DE CAMPO - MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO

| | | | | |
|---|--------------------------------|---|--------------------------------|-------------------------------------|
| LOCALIZAÇÃO | | | | |
| Município: Piracaia | | Área: PIR-02 | | |
| Nome da área: Reserva da Boa Vista - Centro | | Coord E (m): 36038 | Coord N (m): 745013 | |
| Localização: Rua Afonso Rogério | | Data: 07/11/2013 | | |
| Equipe: Marcelo F. Grmani / José Cardoso | | | | |
| CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA | | | | |
| Tipo predominante de construção: <input checked="" type="checkbox"/> Alvenaria <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Misto | | | | |
| Densidade de ocupação: <input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 | | | | |
| Condição das vias: <input checked="" type="checkbox"/> pavimentada <input type="checkbox"/> não pavimentada Obs: _____ | | | | |
| Sistema de drenagem superficial: <input type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/> Precário <input checked="" type="checkbox"/> Satisfatório | | | | |
| Cobertura da área: <input type="checkbox"/> Impermeabilizada <input checked="" type="checkbox"/> Solo exposto <input type="checkbox"/> Vegetada | | | | |
| <input type="checkbox"/> Presença de erosão nas proximidades | | | | |
| Altura máxima do evento de inundação: >4 m Fonte dos dados: moradores e COMDEC | | | | |
| Raio de alcance máximo do evento a partir do eixo do canal: _____ m Fonte dos dados: _____ | | | | |
| Quantidade de chuva registrada na ocasião do evento: _____ mm Fonte dos dados: _____ | | | | |
| CARACTERIZAÇÃO DA DRENAGEM | | | | |
| Tipo de canal: <input type="checkbox"/> Retificado <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/> Retilíneo <input checked="" type="checkbox"/> Meandrante <input checked="" type="checkbox"/> Assoreado <input type="checkbox"/> Lixo <input type="checkbox"/> Entulho | | | | |
| Largura máxima do canal: 38 m Altura máxima do canal: 3 m Distância das moradias ao eixo do canal: 4-2 m | | | | |
| Presença de assoreamento: <input type="checkbox"/> Lixo <input type="checkbox"/> Entulho <input checked="" type="checkbox"/> Solo | | | | |
| Cobertura do talude marginal: <input checked="" type="checkbox"/> Impermeabilizada <input checked="" type="checkbox"/> Solo exposto <input type="checkbox"/> Vegetada | | | | |
| <input type="checkbox"/> Presença de solapamento de margem Obs: margem direita com Gabião | | | | |
| Presença de intervenções nas proximidades: <input type="checkbox"/> Dique <input checked="" type="checkbox"/> Barragem <input type="checkbox"/> Piscinão <input type="checkbox"/> Ponte <input type="checkbox"/> Canalização <input type="checkbox"/> Travessia | | | | |
| Obs: SABESP | | | | |
| <input type="checkbox"/> Presença de obstrução ou diminuição de vazão ao longo do canal | | | | |
| Obs: _____ | | | | |
| DESCRIÇÃO DA ÁREA | | | | |
| - Inundação na rua Afonso Rogério (coord E(m):361808; coord N(m):7449800 - 24casas) - 0,5 - 1m na inundação | | | | |
| - Rua domingos Fiorellini | | | | |
| DEFINIÇÃO DO GRAU DE RISCO | | | | |
| | Gravidade | | | |
| Probabilidade | | Negligenciável | Médio | Alto |
| | | Desastre | | |
| Baixo | <input type="checkbox"/> Baixo | <input type="checkbox"/> Baixo | <input type="checkbox"/> Médio | <input type="checkbox"/> Muito Alto |
| Médio | <input type="checkbox"/> Baixo | <input checked="" type="checkbox"/> Médio | <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Muito Alto |
| Alto | <input type="checkbox"/> Baixo | <input type="checkbox"/> Médio | <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Muito Alto |
| Muito Alto | <input type="checkbox"/> Baixo | <input type="checkbox"/> Médio | <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Muito Alto |
| Número de moradias na área: >40 | | | | |

FIGURA 4. Ficha de campo da Área PIR-02.



FOTO 13. Vista geral de rua sujeita a processos de inundação. Segundo moradores as inundações são lentas e graduais. Nesse trecho, a água atinge cerca de 1,0 m de altura.



FOTO 14. Vista geral de rua sujeita a processos de inundação. O trecho em destaque acumula uma maior quantidade de água em função de sua topografia.



FOTO 15. Segundo informações de moradores na proximidade da área, é comum o fluxo da água por meio das bocas de lobo, potencializando a inundação.



FOTO 16. Vista geral de renque de moradias localizadas em área sujeita a inundação. Segundo os moradores é comum que as águas circulem pelas ruas Afonso Rogério e Domingos Fiorelli.

ÁREA PIR-03
Centro – Rua Dr. Alípio Ferreira
Risco Médio (R2) – Inundação



FIGURA 5. Vista geral da área mapeada.

FICHA DE CAMPO - MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO

| | | | | |
|---|--------------------------------|---|--------------------------------|-------------------------------------|
| LOCALIZAÇÃO | | | | |
| Município: Piracaia | | Área: PIR-03 | | |
| Nome da área: Centro | | Coord E (m): 36167 | Coord N (m): 744988 | |
| Localização: Rua Dr. Alípio Ferreira | | Data: 07/11/2013 | | |
| Equipe: Marcelo F. Grmani / José Cardoso | | | | |
| CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA | | | | |
| Tipo predominante de construção: <input checked="" type="checkbox"/> Alvenaria <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Misto | | | | |
| Densidade de ocupação: <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 | | | | |
| Condição das vias: <input checked="" type="checkbox"/> pavimentada <input type="checkbox"/> não pavimentada Obs: _____ | | | | |
| Sistema de drenagem superficial: <input type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/> Precário <input checked="" type="checkbox"/> Satisfatório | | | | |
| Cobertura da área: <input checked="" type="checkbox"/> Impermeabilizada <input checked="" type="checkbox"/> Solo exposto <input checked="" type="checkbox"/> Vegetada | | | | |
| <input type="checkbox"/> Presença de erosão nas proximidades | | | | |
| Altura máxima do evento de inundação: _____ m Fonte dos dados: _____ | | | | |
| Raio de alcance máximo do evento a partir do eixo do canal: >4 m Fonte dos dados: moradores e COMDEC | | | | |
| Quantidade de chuva registrada na ocasião do evento: _____ mm Fonte dos dados: _____ | | | | |
| CARACTERIZAÇÃO DA DRENAGEM | | | | |
| Tipo de canal: <input type="checkbox"/> Retificado <input checked="" type="checkbox"/> Natural <input type="checkbox"/> Retilíneo <input checked="" type="checkbox"/> Meandrante <input checked="" type="checkbox"/> Assoreado <input type="checkbox"/> Lixo <input type="checkbox"/> Entulho | | | | |
| Largura máxima do canal: 3-8 m Altura máxima do canal: 3 m Distância das moradias ao eixo do canal: 10 m | | | | |
| Presença de assoreamento: <input type="checkbox"/> Lixo <input type="checkbox"/> Entulho <input checked="" type="checkbox"/> Solo | | | | |
| Cobertura do talude marginal: <input type="checkbox"/> Impermeabilizada <input checked="" type="checkbox"/> Solo exposto <input type="checkbox"/> Vegetada | | | | |
| <input type="checkbox"/> Presença de solapamento de margem Obs: _____ | | | | |
| Presença de intervenções nas proximidades: <input type="checkbox"/> Dique <input checked="" type="checkbox"/> Barragem <input type="checkbox"/> Piscinão <input type="checkbox"/> Ponte <input type="checkbox"/> Canalização <input type="checkbox"/> Travessia | | | | |
| Obs: SABESP | | | | |
| <input type="checkbox"/> Presença de obstrução ou diminuição de vazão ao longo do canal | | | | |
| Obs: _____ | | | | |
| DESCRIÇÃO DA ÁREA | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Segundo moradores a inundação é lenta e gradual - Transtorno temporário | | | | |
| DEFINIÇÃO DO GRAU DE RISCO | | | | |
| Gravidade Probabilidade | Negligenciável | Médio | Alto | Desastre |
| Baixo | <input type="checkbox"/> Baixo | <input type="checkbox"/> Baixo | <input type="checkbox"/> Médio | <input type="checkbox"/> Muito Alto |
| Médio | <input type="checkbox"/> Baixo | <input type="checkbox"/> Médio | <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Muito Alto |
| Alto | <input type="checkbox"/> Baixo | <input checked="" type="checkbox"/> Médio | <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Muito Alto |
| Muito Alto | <input type="checkbox"/> Baixo | <input type="checkbox"/> Médio | <input type="checkbox"/> Alto | <input type="checkbox"/> Muito Alto |
| Número de moradias na área: 20 | | | | |

FIGURA 6. Ficha de campo da Área PIR-03.



FOTO 17. Vista geral de trecho do rio Cachoeira, nas proximidades da região central. Notar moradias localizadas muito próximas de suas margens.



FOTO 18. Vista geral da planície fluvial do rio Cachoeira nas proximidades da região central do município. Notar que nesse trecho ele é meandrante e possui taludes marginais de pequenas dimensões.



FOTO 19. Vista geral de área sujeita a processos de inundação do rio Cachoeira. Ressalta-se que há obra sendo executada, a jusante desse trecho, para melhorar o escoamento das águas.



FOTO 20. Vista geral da Rua Dr. Alípio Ferreira, sujeita a inundações do rio Cachoeira. O comércio em destaque é o mesmo mostrado na **FOTO 19**.



FOTO 21. Aspecto geral de trecho do rio Cachoeira que se encontra bastante assoreado.



FOTO 22. Vista geral de terreno de moradia frequentemente afetado por inundações do rio Cachoeira. Segundo os moradores a inundação é lenta e gradual, causando transtornos temporários.



FOTO 23. Vista geral da Rua Dr. Alípio Ferreira, sujeita a inundações do rio Cachoeira. Esse trecho encontra-se na margem esquerda do referido rio.



FOTO 24. Vista geral de área afetada pela inundação do rio Cachoeira. Ao fundo, rio Cachoeira e moradias localizadas próximas as suas margens.



FOTO 25. Vista geral, de montante para jusante, de trecho do rio Cachoeira em obras para melhorias do escoamento das águas.



FOTO 26. Vista geral, de jusante para montante, de trecho do rio Cachoeira em obras para melhorias do escoamento das águas. Notar proteção da margem direita do rio.



FOTO 27. Travessia sobre o rio Cachoeira nas proximidades da rua Benedito Brasil Peçanha.



FOTO 28. Vista geral, de montante para jusante, das obras executadas no rio Cachoeira.



FOTO 29. Aspecto da cabeceira de ponte, mostrada na **FOTO 27**, ainda em obras.



FOTO 30. Vista geral de trecho retilíneo do rio Cachoeira. Notar proximidade das moradias.



FOTO 31. Vista geral das obras de alargamento e proteção de margens do rio Cachoeira.



FOTO 32. Vista geral das obras executadas em trecho do rio Cachoeira.



FOTO 33. Aspecto geral de trecho do rio Cachoeira que se encontra em obras de melhoria de escoamento das águas.



FOTO 34. Vista geral de travessia do rio Cachoeira nas proximidades da área central do município. Notar dimensão do vão.



FOTO 35. Vista de trecho em obra do rio Cachoeira. Notar moradias localizadas na margem esquerda da drenagem.



FOTO 36. Vista geral de trecho retilíneo do rio Cachoeira. Notar moradias e dimensões dos taludes marginais.

APÊNDICE 3
ARQUIVO DIGITAL

