

Mapeamento de áreas de alto e muito alto risco de deslizamentos e inundações
do município de Florínea, SP

CLIENTE

CASA MILITAR DA GOVERNADORIA DO ESTADO

UNIDADE RESPONSÁVEL

Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente - CIMA

Seção de Investigações, Riscos e Gerenciamento Ambiental – SIRGA

RESUMO

O presente Relatório apresenta os resultados do mapeamento de áreas de risco de alagamento do município de Florínea, 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 antigo Ministério das Cidades e adotada em todo o país. No município de Florínea, não foram identificadas áreas de deslizamentos e inundações, portanto, não foram elaboradas a setorização de risco, sendo indicados neste relatório locais com ocorrências dos processos de alagamentos, em todos os casos, recomenda-se que a Prefeitura e a Defesa Civil local mantenham o monitoramento contínuo dessas áreas, com o objetivo de evitar a intensificação dos processos observados e planejar eventuais medidas corretivas.

Palavras-chave: Casa Militar; inundação; deslizamento; alagamento; área de risco; mapeamento; Florínea.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVO	1
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
4	Mapeamento de áreas de risco	4
4.1	Movimentos de massa	5
4.1.1	Tipos de movimentos de massa	7
4.1.2	Condicionantes e causas dos movimentos de massa	24
4.2	Inundação	25
4.2.1	Tipos de inundação	28
4.2.2	Condicionantes e Causas das Enchentes e Inundações.....	33
4.3	Processos erosivos	35
4.3.1	Erosão Urbana	39
4.4	Método de mapeamento das áreas de risco	40
4.4.1	Método de mapeamento das áreas de risco relativas a deslizamentos, quedas e rolamentos de blocos, deslocamentos e enxurradas	40
4.4.2	Método de mapeamento das áreas de risco relativas a inundação/alagamento	46
4.5	Setores de Monitoramento (SM)	50
4.5.1	Setores de Monitoramento Ocupados	51
4.5.2	Setores de Monitoramento Não Ocupados	52
4.6	Cartografia e apresentação dos mapeamentos	52
4.7	Elaboração de sugestões de intervenções estruturais e não estruturais	53
5	RESULTADOS DOS MAPEAMENTOS	53
5.1.1	Contexto Geológico do Município de Florínea.....	54
5.1.2	Contexto Geomorfológico do Município de Florínea	57
5.1.3	Contexto Pedológico do Município de Florínea	59
5.2	Área de risco mapeada.....	62

5.3	Outros processos analisados.....	62
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
7	EQUIPE TÉCNICA.....	71
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

1 INTRODUÇÃO

O presente Relatório apresenta os resultados do mapeamento de áreas de risco de deslizamentos e inundações do município de Florínea (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 da Seção de Investigações, Riscos e Gerenciamento Ambiental – SIRGA, da Unidade de Negócios Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente – CIMA.

Os trabalhos foram executados por equipe técnica do IPT em conjunto com técnico da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil da Prefeitura Municipal de Florínea.

2 OBJETIVO

O objetivo da setorização de áreas de risco de 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 Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres, um acordo internacional adotado em 2015, estabelece um plano global para reduzir os impactos de desastres naturais e causados pelo homem. Seu objetivo principal é diminuir significativamente as perdas de vidas, danos materiais e sociais, além de fortalecer a resiliência de comunidades e países. Para alcançar essa meta, o Marco de Sendai define quatro prioridades de ação, sendo elas:

- Prioridade 1: Compreensão do risco de desastres;
- Prioridade 2: Fortalecimento da governança para gerenciar o risco de desastres;
- Prioridade 3: Investimento na redução do risco de desastres para resiliência; e

- Prioridade 4: Melhoria na preparação para desastres a fim de providenciar uma resposta eficaz e de Reconstruir Melhor em recuperação, reabilitação e reconstrução.

As setorizações de risco alto e muito alto são ferramentas indispensáveis para a implementação do Marco de Sendai em nível local. Ao identificar os riscos específicos de cada município, as setorizações de risco auxiliam no desenvolvimento de estratégias mais eficazes para prevenir e mitigar seus impactos.

No que se refere aos riscos de natureza geológica-geotécnica e hidrológica, é imprescindível que as atividades que resultam na identificação, análise e avaliação dos riscos sejam realizadas por meio de investigações de campo.

Tais investigações requerem que seja considerada tanto a identificação das ameaças (*hazards*) como a probabilidade de ocorrência de tais eventos (*dangers*), assim como as consequências sociais e/ou econômicas associadas aos processos presentes. A identificação de ameaças é um processo qualitativo, enquanto a probabilidade da ocorrência é quantitativa, embora possa ser simplificada por heurísticas categóricas denominadas semi-quantitativas.

Desse modo, trata-se de avaliar a probabilidade 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.

Quanto às consequências, trata-se de avaliar a vulnerabilidade do meio construído, da população e dos ecossistemas aos efeitos dos processos adversos. Assim, as características da ocupação (seja ela urbana, rural, industrial), infraestrutura pública, condição social da população afetada e dos ecossistemas, devem ser avaliados para garantir a quantificação dos danos potenciais e prejuízos que possam ser causados pelo processo adverso.

Além disso, deve-se avaliar o preparo da população moradora e dos órgãos competentes para reagir ao acidente e recuperar a condição anterior (resiliência).

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, feições e evidências de instabilidade e as características da ocupação.

De um modo geral, no Brasil e em muitos outros países, as análises de riscos geológico-geotécnicos e hidrológicos 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 elaborarem 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 e hidrológicos, bem como minimizar a dimensão de suas consequências.

4 MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO

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 pela equipe do IPT em visitas às áreas mapeadas.

Os dados coletados foram organizados para definir critérios e procedimentos que permitam avaliar o nível de risco em cada área mapeada. O objetivo é fornecer subsídios para o gerenciamento de riscos e a tomada de decisões, visando à segurança da população e à redução de danos.

Foram selecionadas áreas para mapeamento de acordo com a experiência e conhecimento por parte dos agentes públicos, considerando as moradias sujeitas ao processo de alagamento. Participou dessa seleção das áreas representante da equipe técnica da Prefeitura de Florínea.

Nas áreas mapeadas foram analisadas as situações potenciais de alagamentos, sendo adotados os seguintes procedimentos:

- a) Levantamento dos materiais bibliográficos e técnicos referentes a trabalhos anteriores na região;
- b) Vistorias na área, por meio de investigações de superfície, visando identificar condicionantes dos processos, evidências de instabilidade, evidências de alcance do processo e indícios do desenvolvimento de processos destrutivos;
- c) Delimitação dos setores de risco, representando-os em imagens disponíveis. 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) Indicação da(s) alternativa(s) de intervenção adequada(s) para cada uma das áreas de risco mapeadas. Para cada tipo existem medidas não estruturais e estruturais (alternativas de intervenção) específicas.

Durante os trabalhos foi verificado que o município de Florínea está sujeito a alagamentos, motivo pelo qual o detalhamento dos processos vai se concentrar nesses processos.

4.1 Movimentos de massa

O termo genérico “movimentos de massa” engloba uma variedade de tipos de movimentos de instabilização de massas de solos, rochas ou detritos, gerados pela ação da gravidade, em terrenos inclinados, tendo como fator deflagrador principal a infiltração de água, principalmente durante chuvas intensas e/ou prolongadas.

Esses processos podem ser induzidos 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 encostas, estradas e outras obras. Por isso, a ocorrência desses movimentos de massa também resulta da ocupação inadequada, sendo mais comum em zonas com ocupações precárias de baixa renda.

Os movimentos de massa têm possibilidade de previsão, ou seja, pode-se conhecer previamente onde e em que condições vão ocorrer, e qual será a sua magnitude, desde que se conheçam, em detalhe, o meio físico e antrópico, e os condicionantes do processo. Para cada tipo existem medidas não estruturais e estruturais (alternativas de intervenção) específicas para sua minimização ou mitigação.

Existem diversas classificações nacionais e internacionais relacionadas a movimentos de massa. 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, conforme apresentado no **Quadro 1**: Rastejos, Deslizamentos, Quedas e Corridas.

Quadro 1 - Tipos de deslizamento/processo.

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO/MATERIAL/GEOMETRIA
RASTEJO (CREEP)	<ul style="list-style-type: none"> • Vários planos de deslocamento (internos) • Velocidades muito baixas a baixas (cm/ano) e decrescentes com 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 • PLANARES / TRANSLACIONAIS: solos poucos espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza • CIRCULARES / ROTACIONAIS: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas • EM CUNHA: solos e rochas com dois planos de fraqueza
QUEDAS (FALLS)	<ul style="list-style-type: none"> • Com ou 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. • DESPLACAMENTO • ROLAMENTO DE MATAÇÃO • TOMBAMENTO
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

Fonte: modificado de Augusto Filho (1992)

4.1.1 Tipos de movimentos de massa

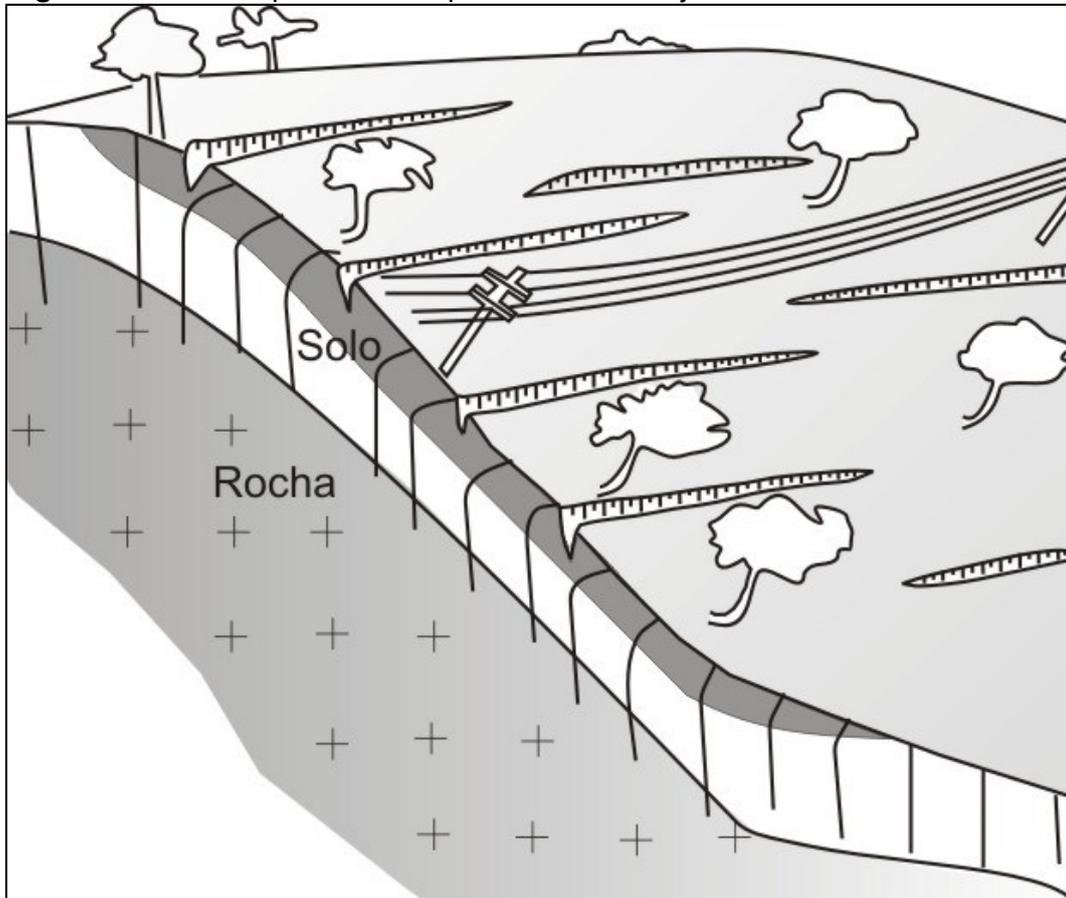
4.1.1.1 Rastejo

Os rastejos são movimentos lentos, que envolvem grandes massas de materiais, cujo deslocamento resultante ao longo do tempo é mínimo (mm/ano 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 correspondem a trincas verificadas no terreno natural, que evoluem vagorosamente, 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. A **Figura 3** mostra o depósito de tálus, que está em movimento, afetando a rodovia.

Figura 1 – Perfil esquemático do processo de rastejo.



Fonte: Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (2007)

Figura 2 – Micro deslizamentos e “caminhos de vaca” indicando processos de rastejo.



Fonte: SIRGA/CIMA

Figura 3 – Vista parcial do depósito de tálus existente no bairro de Juquehy, em São Sebastião, SP, que está em movimento, afetando a rodovia.



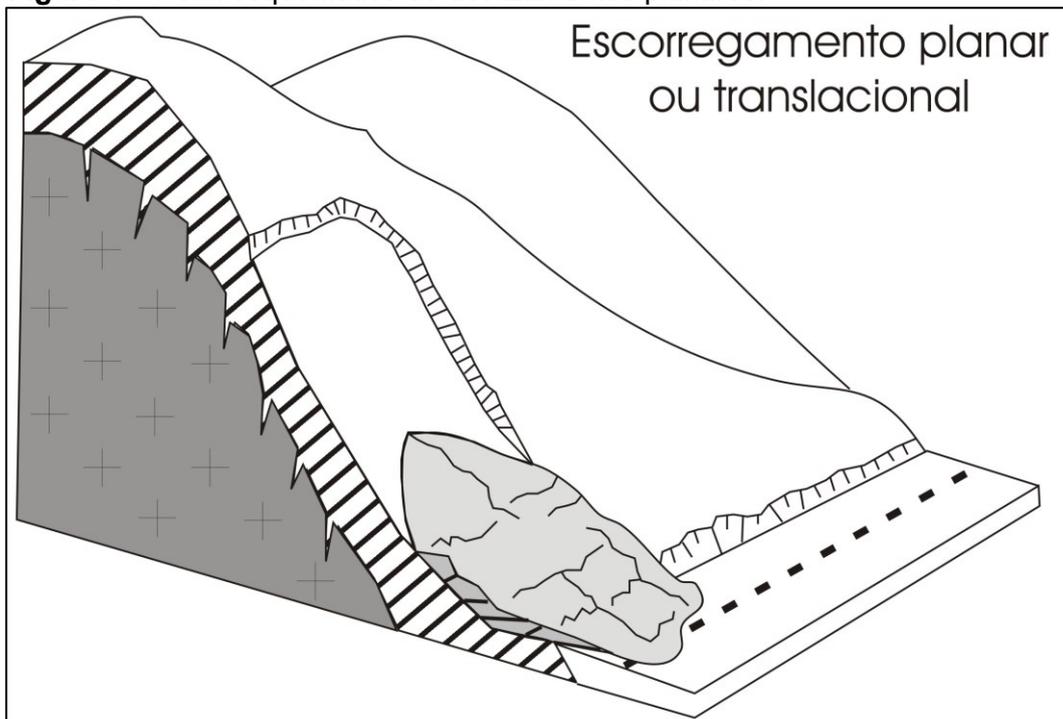
Fonte: SIRGA/CIMA

4.1.1.2 Deslizamentos

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: planares ou translacionais; circulares ou rotacionais; e em cunha. A geometria destes movimentos varia em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza nos materiais movimentados, que condicionam 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 (**Figura 4 e Figura 5**). 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 4 – Perfil esquemático de deslizamentos planares.



Fonte: Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (2007)

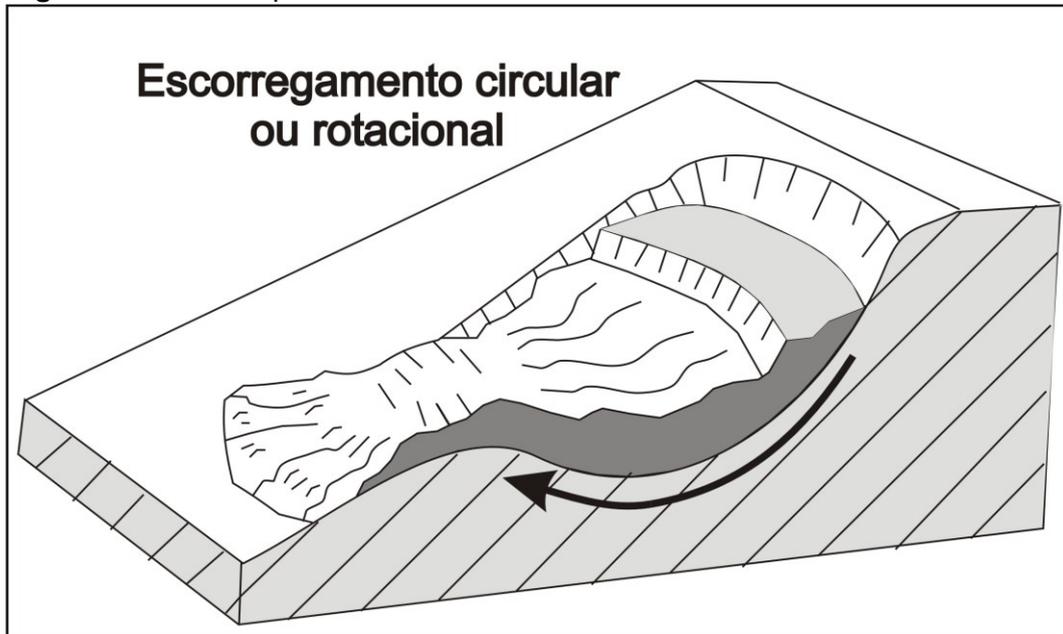
Figura 5 – Deslizamento planar afetando moradias no bairro Vila Sahy, São Sebastião – SP.



Fonte: SIRGA/CIMA

Os **deslizamentos circulares ou rotacionais** possuem superfícies de deslizamento curvas, sendo comum a ocorrência de uma série de rupturas combinadas e sucessivas (**Figura 6** e **Figura 7**). 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 6 – Perfil esquemático do deslizamento circular ou rotacional.



Fonte: Min. das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

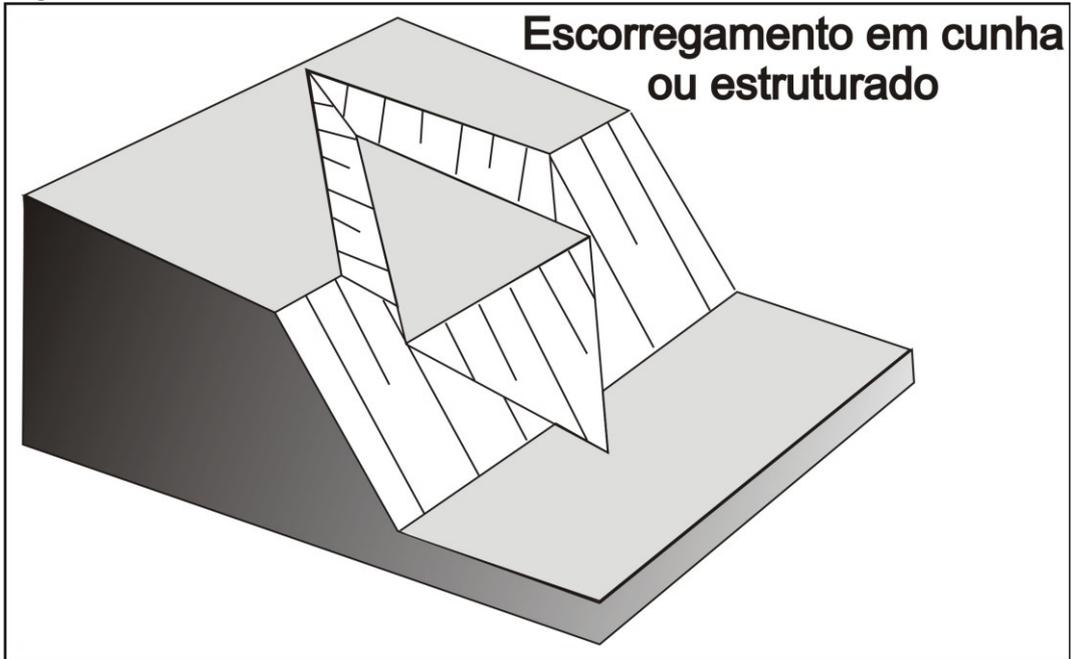
Figura 7 – Deslizamento circular ou rotacional.



Fonte: SIRGA/CIMA

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 (**Figura 8** e **Figura 9**). Estes processos são mais comuns em taludes de corte, ou encostas que sofreram algum processo natural de desconfinamento, como erosão ou deslizamentos.

Figura 8 – Perfil esquemático de um deslizamento em cunha ou estruturado.



Fonte: Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (2007)

Figura 9 – Deslizamento em cunha ou estruturado.



Fonte: Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (2007)

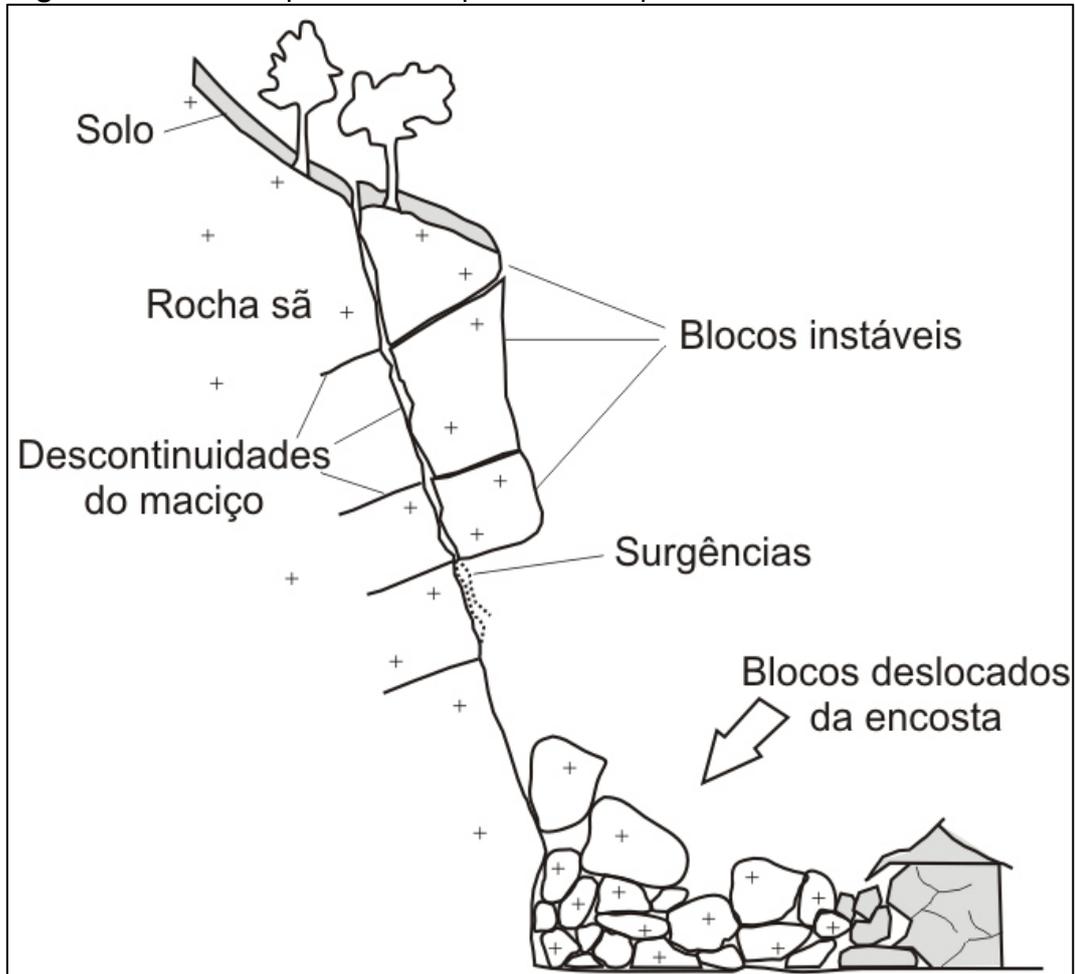
Em geral, a evolução da instabilização das encostas acaba por gerar feições que permitem analisar a possibilidade de ruptura. As principais feições de instabilidade que indicam a iminência de deslizamentos são representadas por fendas de tração na superfície dos terrenos, ou aumento de fendas pré-existentes, 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.

4.1.1.3 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 ou segundo um plano inclinado, instabilizando volumes de rocha pequenos a médios (**Figura 10** e **Figura 11**).

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. As causas básicas deste processo são as descontinuidades do maciço rochoso, que propiciam isolamento de blocos unitários de rocha, subpressão causada pelo acúmulo de água em trincas, fraturas e descontinuidades, afetadas também pela penetração de raízes, e esses fatores sendo potencializados pelas variações térmicas, através da dilatação e contração da rocha. Esse processo 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 10 – Perfil esquemático do processo de queda de blocos.



Fonte: Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (2007)

Figura 11 – Bloco de rocha parcialmente imerso na matriz de solo, com obra de contenção, no bairro Itatinga, São Sebastião (SP).



Fonte: SIRGA/CIMA

As quedas como um conjunto de processos que envolvem massas rochosas podem ser subdivididas em três outros processos: o deslocamento, o tombamento e o rolamento de blocos.

O **deslocamento** envolve o movimento de placas, lascas ou mesmo blocos que se soltam do talude rochoso e podem se movimentar em queda livre ou sobre uma superfície inclinada (**Figura 12**).

Figura 12 – Vista de paredão rochoso com blocos individualizados, no alto do bairro Itatinga, São Sebastião – SP.



Fonte: SIRGA/CIMA

O **rolamento de blocos**, ou rolamento de matacões, é um processo comum em áreas de rochas ígneas, principalmente as graníticas, onde existe maior predisposição a originar matacões de rocha sã, isolados e expostos em superfície (**Figura 13** e **Figura 14**). Os rolamentos ocorrem naturalmente quando processos erosivos removem o apoio de sua base, provocando a sua movimentação. A escavação e a retirada do apoio, decorrente da ocupação desordenada de uma encosta, é a ação antrópica mais comum para o desencadeamento do processo.

Figura 13 – Situação de risco de rolamento de blocos rochosos no município de Itapevi – SP.



Fonte: SIRGA/CIMA

Figura 14 – Moradia atingida por bloco que rolou no município de Aparecida – SP.



Fonte: SIRGA/CIMA

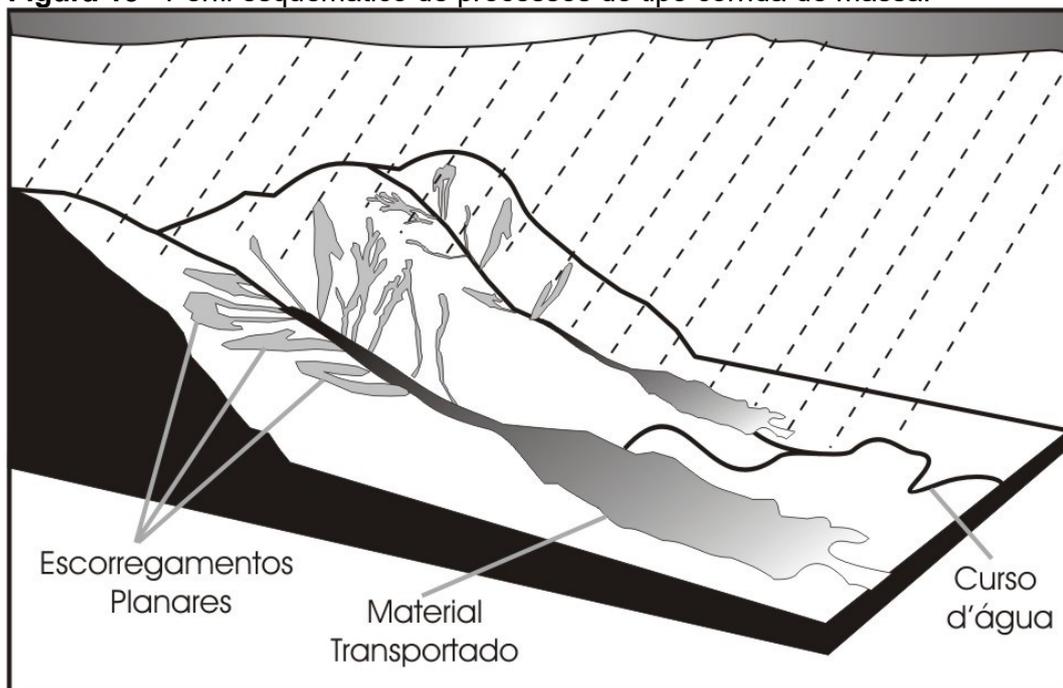
4.1.1.4 Corridas de massa

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 (**Figura 15, Figura 16 e Figura 17**).

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, *debris flow*, etc.), principalmente em função de suas velocidades e das características dos materiais que mobilizam.

Figura 15 - Perfil esquemático de processos do tipo corrida de massa.



Fonte: Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (2007)

Figura 16 – Corrida de massa no município de Itaoca – SP.



Fonte: SIRGA/CIMA

Figura 17 – Material transportado por corrida de massa no município de Itaoca – SP.



Fonte: SIRGA/CIMA

4.1.2 Condicionantes e causas dos movimentos de massa

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

4.1.2.1 Condicionantes naturais dos movimentos de massa

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 dos processos, 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.

4.1.2.2 Condicionantes antrópicos dos movimentos de massa

A atuação humana (ação antrópica) sobre o meio físico pode induzir a deflagração de alguns processos, como os deslizamentos, que assim são chamados de deslizamentos induzidos. Comumente são causados pela execução de cortes (taludes de corte) e aterros (depósitos de encosta) 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.

4.2 Inundação

O termo inundação abrange várias tipologias de processos hidrometeorológicos que fazem parte da dinâmica natural. Podem ser deflagrados por chuvas rápidas e fortes, chuvas intensas de longa duração, degelo nas montanhas, e outros eventos climáticos tais como furacões e tornados.

Os processos são intensificados pelas alterações ambientais e/ou intervenções urbanas produzidas pelo homem, tais 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 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.

- **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 18**). 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 18 - Planície de inundação do rio Paraíba do Sul no município de São José dos Campos – SP.



Fonte: SIRGA/CIMA

- **Erosão Marginal**

Remoção e transporte de solo dos taludes marginais dos rios provocados pela ação erosiva das águas no canal de drenagem (**Figura 19**).

Figura 19 – Processos erosivos em taludes marginais no município de Itápolis – SP.



Fonte: SIRGA/CIMA

4.2.1 Tipos de inundação

Como já mencionado, o termo inundação abrange vários tipos de processos quais sejam: Enchentes ou Cheias, inundação (propriamente dita), alagamento e enxurrada.

4.2.1.1 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 20**.

Figura 20 - Situação de enchente no município de Ribeira – SP.



Fonte: SIRGA/CIMA

4.2.1.2 Inundação

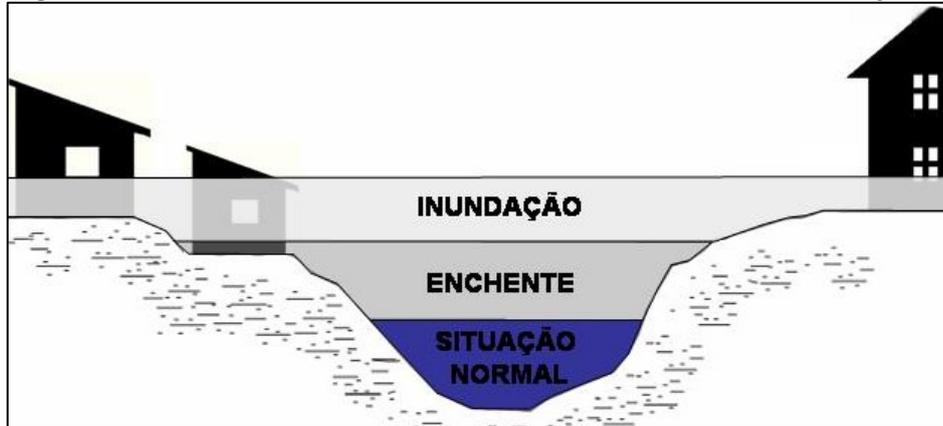
Por vezes, no período de enchente, as vazões atingem tal magnitude que podem superar a capacidade de descarga da calha do curso d'água e extravasar para áreas marginais habitualmente não ocupadas pelas águas. Este extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio), quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio caracteriza uma inundação (**Figura 21 e Figura 22**).

Figura 21 - Inundação em área urbana no município de Monte Mor – SP.



Fonte: Ricardo Rage/G1

Figura 22 – Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.



Fonte: Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (2007)

4.2.1.3 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 23**).

Figura 23 – Situação de alagamento no município de Osasco – SP.



Fonte: Divulgação/Ozana da Cruz/G1

4.2.1.4 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 24** e **Figura 25**). 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 24 – Escoamento concentrado das águas pluviais, a enxurrada, no município de Barretos – SP.



Fonte: Reprodução/EPT/G1

Figura 25 – Danos causados por enxurrada no município de Limeira – SP.



Fonte: Fernanda Zanetti/G1

4.2.2 Condicionantes e Causas das Enchentes e Inundações

Pelas definições conceituais apresentadas, a diferença entre enchente e inundação se resume ao confinamento, ou não, das águas de um curso d'água no seu canal de drenagem. Importante entender que esses processos hidrológicos são fenômenos dinâmicos 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 desses processos diretamente ligados 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 nessas áreas de risco 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 que envolvem esses processos, 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.

4.3 Processos erosivos

A erosão manifesta-se como um fenômeno resultante da ruptura de equilíbrio do meio ambiente, decorrente da transformação drástica da paisagem, por eliminação da cobertura vegetal natural e introdução de novas formas de uso do solo. Desta maneira, o território brasileiro, ao longo dos anos de sua ocupação, vem manifestando não só a erosão correspondente à intensificação da atividade agrícola, mas também àquela relativa ao uso urbano do solo.

Além das condições do meio físico, os processos erosivos lineares são intensificados basicamente por alterações no meio ambiente, provocadas pelo uso do solo nas suas várias formas, desde o desmatamento e agricultura, até obras urbanas (microdrenagem e macrodrenagem) e viárias, que propiciam a concentração das águas de escoamento superficial e a redução na proteção do solo.

A erosão acelerada pode ser laminar ou linear (IPT, 1986).

- **Erosão laminar**, ou em lençol (**Figura 26**), “quando causada por escoamento difuso das águas das chuvas, resultando na remoção progressiva dos horizontes superficiais do solo”. A erosão laminar é dificilmente perceptível, porém evidenciada por tonalidade mais clara dos solos, exposição de raízes e queda da produtividade agrícola. É determinada a partir de cálculos, segundo a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), considerando os índices: erosividade da chuva, erodibilidade do solo, comprimento de rampa, declividade do terreno, fator uso e manejo do solo e prática conservacionista adotada.

Figura 26 – Erosão laminar intensa em área de expansão urbana.



Fonte: CIMA/IPT

- **Erosão linear**, “quando causada por concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em incisões na superfície do terreno” na forma de sulcos, ravinas e boçorocas, e no solapamento de margens de canal.

Das feições lineares, os *sulcos* são pouco profundos e podem ser mais facilmente corrigidos por meio de manejo do solo.

O entendimento do comportamento dos processos erosivos lineares, resultantes da ocupação inadequada permite destacar dois tipos de maior importância: as ravinas e boçorocas.

As *ravinas* são feições de maior porte, profundidade variável, de forma alongada e não atingem o nível da água subterrânea, onde atuam mecanismos de desprendimento de material dos taludes laterais e transporte de partículas do solo pelo escoamento das águas pluviais em seu interior e também contribuem com o avanço remontante (**Figura 27**).

Figura 27 – Erosão linear tipo Ravina.



Fonte: CIMA/ IPT

As boçorocas (ou voçorocas) têm dimensões superiores às ravinas e são geralmente ramificadas. No mecanismo de desenvolvimento desta feição atuam tanto a ação da água de escoamento superficial quanto a dos fluxos d'água subsuperficiais, por meio do fenômeno de *piping* (erosão interna que provoca o carreamento de partículas do interior do solo, formando “tubos” vazios, que geram colapsos e deslizamentos laterais do terreno, alargando a boçoroca).

Ocorrem principalmente em cabeceiras de drenagens, onde há uma convergência e concentração natural dos fluxos superficiais e subterrâneos das águas, favorecendo a formação e o avanço das boçorocas (**Figura 28**). Além destes mecanismos, as surgências d'água na base dos taludes de boçoroca provocam seu descalçamento e instabilização por liquefação. As boçorocas formam-se geralmente em locais de concentração natural de escoamento pluvial e, muitas vezes, assumem proporções maiores que as ravinas.

Figura 28 – Boçoroca por reativação da cabeceira pela concentração de águas pluviais provenientes da área urbana; presença de surgência d'água.



Fonte: CIMA/IPT

Apesar do papel das águas subterrâneas ter sido destacado por vários autores, ele não tem sido considerado nos projetos da maioria das obras de contenção das boçorocas. A ausência de medidas de controle das águas subterrâneas é diretamente responsável pelo insucesso de numerosas obras de engenharia de combate a boçorocas.

É importante considerar que não há uma técnica universal de controle da erosão, uma vez que os processos erosivos respondem aos tipos de solo, as condições da geomorfologia, da geologia e do clima, ao tipo de cultura plantada e ao planejamento das cidades.

A urbanização, uma das formas de uso do solo que mais acarretam alterações ambientais, impõe estruturas pouco permeáveis, influenciando na diminuição da infiltração, com conseqüente concentração e aumento da velocidade das águas superficiais.

4.3.1 Erosão Urbana

A erosão urbana ocorre em vários Municípios do País. É expressa nas formas de erosão laminar, sulcos, ravinas e boçorocas. Os processos de erosão acelerada destroem edificações e equipamentos urbanos, principalmente nas áreas urbanas em expansão.

Os núcleos urbanos nas periferias das grandes cidades são palcos dos mais intensos processos de degradação ambiental, onde a erosão aparece de forma intensa e acelerada. Mesmo terrenos pouco suscetíveis à erosão passam a desenvolver este processo em função das fortes modificações provocadas pelo parcelamento do solo, da implantação do sistema viário e da grande movimentação de terra provocada pelos serviços de terraplenagem dos loteamentos, lançamento de águas de chuva e esgoto diretamente em cabeceiras de drenagem ou meia encosta.

Com a necessidade do disciplinamento do escoamento das águas pluviais provenientes da área urbana por meio de sistema de drenagem (microdrenagem, macrodrenagem e pavimentação) o lançamento das águas pluviais e servidas nas cabeceiras de drenagem ou meia encosta, próximos às zonas urbanas (periurbano), concentram todo o volume das águas da bacia de contribuição, desencadeando o processo erosivo remontante acelerado como também entalhamento e alargamento dos córregos.

A erosão urbana integra um gênero de problemas decorrentes das alterações do regime hidrológico que podem ser observadas nos meios urbanos (CARVALHO, 1995):

- o homem urbano preza espaços arborizados ou gramados em terreno público, mas procura esgotar as possibilidades que a Lei lhe oferece para substituir os seus por construções;
- o homem urbano perdeu a noção de que as águas pluviais constituem um recurso natural que deve ser convenientemente aproveitado e, reduzido à passividade absoluta quanto ao abastecimento de água, não lhe importa de onde ela venha e a que custo, desde que jorre abundante e potável da torneira;

- a urbanização afeta o regime hidrológico (concentração de drenagem, eliminação de rugosidade, redução de percurso, inibição da infiltração e da evapotranspiração, aumentando caudais de cheias, reduzindo tempos de concentração), sem contrapartida natural.

4.4 Método de mapeamento das áreas de risco

A metodologia para o mapeamento de áreas de risco para os diferentes processos está a seguir detalhada.

4.4.1 Método de mapeamento das áreas de risco relativas a deslizamentos, quedas e rolamentos de blocos, deslocamentos e enxurradas

Os aspectos tratados neste item podem ser encontrados no livro “Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios” de autoria do Ministério das Cidades e do IPT em 2007 (Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2007).

Este livro foi utilizado como base metodológica para os trabalhos de análise de riscos na área em estudo. Ressalta-se que a metodologia de mapeamento de riscos naturais constante neste livro é adotada nacionalmente pelo Governo Federal.

Nas áreas selecionadas pelo município foram executados mapeamentos de risco por meio de investigações geológico-geotécnicas de superfície, por meio de inspeção visual, 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.* (2004a).

As fichas de campo apresentam, na forma de *check-list* (**Figura 29**), diversos condicionantes geológicos e geotécnicos importantes para a caracterização dos processos de instabilização em áreas urbanas: tipologia (natural ou corte e aterro), geometria da encosta, tipos de materiais mobilizados (solo / rocha / lixo / detritos, etc.), tipologia de processos ocorrentes ou esperados, tipo de talude (natural ou corte e aterro), condição de escoamento e infiltração de águas superficiais e servidas, condições do canal de drenagem e suas margens (**Quadro 2**). Estes parâmetros estão relacionados à análise da possibilidade de ocorrência de processos de movimentos de massa na área de estudo.

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. Assim, 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, foram identificados os processos de instabilização predominantes, delimitando e caracterizando os setores de risco.

Figura 29 – Check-list dos diversos condicionantes geológicos e geotécnicos para a caracterização dos processos de instabilização e enxurradas em encostas.

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			
Material presente: <input type="checkbox"/> aterro <input type="checkbox"/> lixo <input type="checkbox"/> entulho Obs: _____			
<input type="checkbox"/> Enxurrada <input type="checkbox"/> Encosta natural <input type="checkbox"/> Via Obs: _____			
Distância da moradia do talvegue: _____ Inclinação (º): _____			
<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"/> cicatrizes de escorregamento	
<input type="checkbox"/> trincas no terreno		Data e dimensão: _____	
<input type="checkbox"/> degraus 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	
<input type="checkbox"/> lançamento de águas servidas em superfície		surgência d'água Obs: _____	
<input type="checkbox"/> vazamento de tubulação		sistema de drenagem superficial: <input type="checkbox"/> inexistente <input type="checkbox"/> precário <input type="checkbox"/> satisfatório	
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"/> escorregamento em talude de corte		<input type="checkbox"/> queda de blocos	
<input type="checkbox"/> escorregamento em talude de aterro		<input type="checkbox"/> rolamento de blocos	
		<input type="checkbox"/> rastejo	
		<input type="checkbox"/> deslocamento	
		<input type="checkbox"/> enxurrada	
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	
SETOR DE MONITORAMENTO (R1 e R2)			
<input type="checkbox"/> Setor Monitoramento Ocupado		<input type="checkbox"/> Setor Monitoramento Não Ocupado	
Número de moradias na área: _____			

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

CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	
<ul style="list-style-type: none"> • 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
<ul style="list-style-type: none"> • 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 	<ul style="list-style-type: none"> • 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
<ul style="list-style-type: none"> • Presença de árvores • Vegetação rasteira (arbustos, capim, etc) • Área desmatada • Área de cultivo 	<ul style="list-style-type: none"> • 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 3 - Critérios para caracterização da ocupação.

CATEGORIA / DENSIDADE DE OCUPAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
(1) Área consolidada	Áreas densamente ocupadas, com infraestrutura básica.
(2) 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.
(3) Área parcelada	Áreas de expansão, periféricas e distantes de núcleo urbanizado. Baixa densidade de ocupação (até 30%). Desprovidas de infraestrutura básica
(4) Área mista	Nesses casos, caracterizar a área quanto à densidade de ocupação e quanto a implantação de infraestrutura básica

4.4.1.1 Classificação de risco nos setores mapeados

Os critérios de julgamento da probabilidade de ocorrência dos processos de instabilização relativos a movimentos de massa, bem como os parâmetros analisados para o desenvolvimento dos trabalhos, são apresentados no **Quadro 4**, com base na proposta metodológica do Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (2007). Esta classificação foi modificada pelo IPT com a inclusão de SM – Setor de Monitoramento, conforme explicação em Item a seguir (CORSI e MACEDO, 2022).

Este quadro mostra que os graus de risco são classificados em 4 níveis, sendo, Risco Baixo (R1), Risco Médio (R2) (ambos reunidos em SM – Setor de Monitoramento), Risco Alto (R3) e Risco Muito Alto (R4), os quais apresentam descrições que mencionam tanto a possibilidade ou potencialidade de desenvolvimento do processo de movimento de massa como a vulnerabilidade do meio.

Quadro 4 - Critérios utilizados para determinação dos graus de probabilidade de ocorrência de processos de instabilização em encostas ocupadas e solapamento de margens de córregos.

GRAU DE RISCO		DESCRIÇÃO
SM Setor Monitoramento	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.

Fonte: modificado de Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (2007).

As definições mais usuais da palavra Risco mencionam a relação, não obrigatoriamente de forma matemática, entre a possibilidade ou probabilidade de ocorrência de um processo, e os prejuízos ou danos daí advindos, causados aos elementos que estão sob a influência dos processos, o que normalmente se entende como a ocupação humana. Simplificadamente, o Risco pode ser definido como:

$$R \sim P \times C$$

Onde:

R = risco;

P = probabilidade ou possibilidade de ocorrência do processo; e

C = consequência (danos, prejuízos)

Para um melhor entendimento da relação entre os graus de risco, conforme o **Quadro 4** e a definição de risco mencionada acima se apresenta, a título de exemplo, a análise do Grau de Risco Muito Alto. Segundo o **Quadro 4**, o Grau de Risco Muito Alto (R4) está descrito como:

*“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”*
(Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007)

Nesta definição os **condicionantes geológicos-geotécnicos** indicam a probabilidade ou possibilidade de ocorrência do processo. Já o **nível de intervenção** e a menção de **eventos destrutivos** causados remetem para as consequências do processo, que estão relacionadas à vulnerabilidade. A definição utiliza ainda, como referência para a classificação do grau de risco, as evidências de instabilidade que são os sinais que indicam que o movimento de massa apresenta desenvolvimento do processo.

Estes sinais, como já mencionado anteriormente, são representados por fendas de tração na superfície dos terrenos, pelo aumento de fendas pré-existentes, 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. Em geral, a evolução da instabilização acaba por gerar feições que permitem analisar a possibilidade de ruptura. No entanto, deve-se ter em mente que em muitos casos, trincas e fissuras em paredes de moradias são advindas de problemas construtivos e não são consequências de deslizamento que podem estar afetando a construção.

4.4.2 Método de mapeamento das áreas de risco relativas a inundação/alagamento

Para os mapeamentos em campo foi utilizada ficha de campo na forma de um *check-list* (**Figura 30**), 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**.

Figura 30 – *Check-list* dos diversos condicionantes hidrológicos para a caracterização dos processos de inundação em áreas urbanas.

FICHA DE CAMPO - MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO				
LOCALIZAÇÃO				
Município: _____		Área: _____	Nº Setor: _____	
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
SETOR DE MONITORAMENTO (R1 e R2)				
<input type="checkbox"/> Setor de Monitoramento Ocupado <input type="checkbox"/> Setor de Monitoramento Não Ocupado				
Número de moradias na área: _____				

4.4.2.1 **Análise dos cenários de risco, probabilidades de ocorrência e tempo de recorrência relativos a inundações**

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 é 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.**

4.4.2.2 Gravidade do processo sobre os elementos sob risco relativos a inundações

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, que causam 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 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.

4.4.2.3 Definição de níveis de risco relativos a inundações

A definição de níveis de risco, considerando os dois critérios e parâmetros de análise de risco, pode ser desenvolvida considerando diferentes arranjos. São definidos nessa análise quatro níveis de risco: risco Muito Alto (R4), risco Alto (R3), risco Médio (R2) e risco Baixo (R1).

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**.

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

		GRAVIDADE			
PROBABILIDADE	Negligenciável	Média	Alta	Desastre	
Baixa	Risco Baixo – R1	Risco Baixo – R1	Risco Médio – R2	Risco Muito Alto – R4	
Média	Risco Baixo – R1	Risco Médio – R2	Risco Alto – R3	Risco Muito Alto – R4	
Alta	Risco Baixo – R1	Risco Médio – R2	Risco Alto – R3	Risco Muito Alto – R4	
Muito Alta	Risco Baixo – R1	Risco Médio – R2	Risco Alto – R3	Risco Muito Alto – R4	

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (2007)

4.5 Setores de Monitoramento (SM)

Os setores mapeados como sendo de graus de risco Baixo (R1) e Médio (R2) são aqueles que recebem indicações de medidas estruturais e não estruturais semelhantes, ou seja, trabalhos de limpeza e pequenas melhorias nos sistemas de drenagem das águas pluviais e servidas, o monitoramento de novas ocupações, treinamento e comunicação com moradores, dentre outras. Para facilitar o entendimento e uso dos mapeamentos, neste trabalho os setores assim classificados foram agrupados nos chamados Setores de Monitoramento (SM), estando ocupados ou não por moradias. Tal ação visa trabalhar o planejamento da expansão urbana diante do contexto que afeta gravemente as cidades brasileiras, as quais vêm apresentando durante décadas formas indevidas de utilização dos espaços urbanos. Visa atender a interesses coletivos de forma ampla, buscando conjuntamente a proteção ambiental e o direito do cidadão a uma cidade mais sustentável.

4.5.1 Setores de Monitoramento Ocupados

Os setores indicados como Setores de Monitoramento Ocupados se referem a locais onde existem moradias sujeitas aos processos em graus de risco variando de médio a baixo.

Adicionalmente, deve-se levar em conta o nível de intervenção da ocupação como, por exemplo, a qualidade da moradia, a distância da moradia à margem dos corpos d'água (relativo a uma faixa de segurança entre a moradia e a margem), encostas ou erosão. Em setores ocupados, se tais condições descritas forem mantidas, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.

Neste caso, pode ser necessária a implementação de medidas estruturais bastante simples, como já indicado. Entretanto, medidas não estruturais devem ser tomadas, visto que a ocupação antrópica é muito dinâmica, principalmente em assentamentos urbanos precários. Isso pode levar a alterações nas condições do setor, podendo vir a gerar setores de risco alto ou até muito alto. O procedimento padrão executado nestes casos é o monitoramento, por meio de ações de defesa civil e de fiscalização do uso e ocupação do solo. Tal ação é corroborada pelo Ministério das Cidades, órgão criador do PMRR (Plano Municipal de Redução de Riscos), de tal forma que nos programas para implementação de medidas estruturais para redução dos riscos, apenas os setores mapeados como risco Alto (R3) e Muito Alto (R4) são contemplados.

Ressalta-se que obras relativas à urbanização da área não são aqui consideradas como medidas estruturais para solucionar processos de movimentos de massa, inundação ou erosão, podendo ser executadas a qualquer momento, em qualquer setor, visando a melhor qualidade de vida dos moradores e um melhor planejamento social e habitacional para o município.

4.5.2 Setores de Monitoramento Não Ocupados

O crescimento e a expansão urbana podem trazer em seu próprio processo constitutivo perigos e riscos que se expressam pela falta de ajuste entre a necessidade por terreno para habitação, e a forma como estes terrenos são apropriados quando, devido à pressão socioeconômica, a própria população o faz sem os necessários cuidados técnicos e o devido acompanhamento do poder público. Nestes casos, esta situação pode se agravar quando o local objeto da ocupação apresenta características naturais que o predispõe à ocorrência de processos de movimentos de massa, inundação ou erosão. Quando essa apropriação se dá sem seguir os parâmetros urbanísticos, ambientais e técnicos adequados, pode gerar diversas situações indesejadas, dentre elas, as áreas de risco. Por este motivo, os Setores de Monitoramento também podem incluir áreas ainda não ocupadas, que se encontram nos limiares de setores mapeados com risco Alto (R3) e Muito Alto (R4), e que apresentam características predisponentes para o desenvolvimento dos processos, ou seja, possuem alta ou muito alta suscetibilidade para os processos, mas ainda não estão ocupados.

4.6 Cartografia e apresentação dos mapeamentos

A identificação e a delimitação dos setores de risco, a partir dos trabalhos de campo, foram representadas cartograficamente nas imagens de satélite e tratadas em software de Sistema de Informações Geográficas – *Qgis*. Nessa base, foram digitalizados os polígonos referentes às áreas e aos setores mapeados e suas respectivas classificações quanto ao grau de risco a partir de Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT (2007), com as modificações realizadas pelo IPT conforme Corsi e Macedo (2022).

Salienta-se que a contagem das moradias é realizada a partir das imagens tomando-se como base os telhados das moradias e os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do Censo realizado no ano de 2022. 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 preciso de moradias.

4.7 Elaboração de sugestões de intervenções estruturais e não estruturais

O objetivo dessa atividade compreendeu a sugestão das intervenções estruturais e não estruturais necessárias para as áreas de risco mapeadas.

As intervenções propostas contemplam basicamente as medidas mais simples e passíveis de ser indicadas a partir dos trabalhos de campo. Assim, essas intervenções podem incluir dentre outras:

- Limpeza de trechos do setor mapeado para retirada de materiais como lixo e entulhos;
- Limpeza de canais de drenagem, incluindo-se o desassoreamento;
- Proteção superficial para evitar infiltração de águas pluviais e servidas;
- Construção ou mesmo melhorias nos sistemas de drenagem das águas pluviais e servidas;
- Melhorias em acessos;
- Instalação de equipamentos de monitoramento como pluviômetros e réguas de nível em canais;
- Monitoramento de novas ocupações por meio de fiscalização;
- Treinamento da equipe técnica da prefeitura e de moradores; e
- Comunicação social junto aos moradores.

5 RESULTADOS DOS MAPEAMENTOS

A equipe do IPT realizou o trabalho contando com o apoio da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (Compdec).

O município de Florínea situa-se no sudoeste paulista, dista cerca de 482 km da capital, tendo como acessos as Rodovias SP-266 (José de Almeida) e SP-333 (Raposo Tavares).

O município está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – Médio Paranapanema (UGRHI-17).

Seus municípios limítrofes são Santa Mariana, Leópolis, Tarumã, Pedrinhas Paulista e Cruzália.

Compreende área de aproximadamente 226 km², com população de 3.851 habitantes (IBGE, 2022). O município encontra-se a cerca de 360 m de altitude e possui clima tropical temperado (Cwa) (Beck *et al.*, 2023).

A hidrografia do município é composta principalmente pelos rios Paranapanema, Ribeirão do Bigu e Ribeirão do Dourado.

A análise do substrato geológico, uso e ocupação do solo e clima permite uma avaliação integrada dos principais processos do meio físico atuantes no município. A caracterização do meio físico foi abordada segundo as considerações geológicas, geomorfológicas e pedológicas, que constam da literatura, descritas a seguir.

Os principais dados geológicos foram obtidos do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, publicado por Perrota *et al.* (2006), escala 1:750.000, e os dados geomorfológicos do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, publicado por IPT (1981), escala 1:1.000.000. A caracterização pedológica referenciou-se pelo mapa pedológico do Estado de São Paulo, escala 1:250.000, elaborado por Rossi (2017), com base no novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2018).

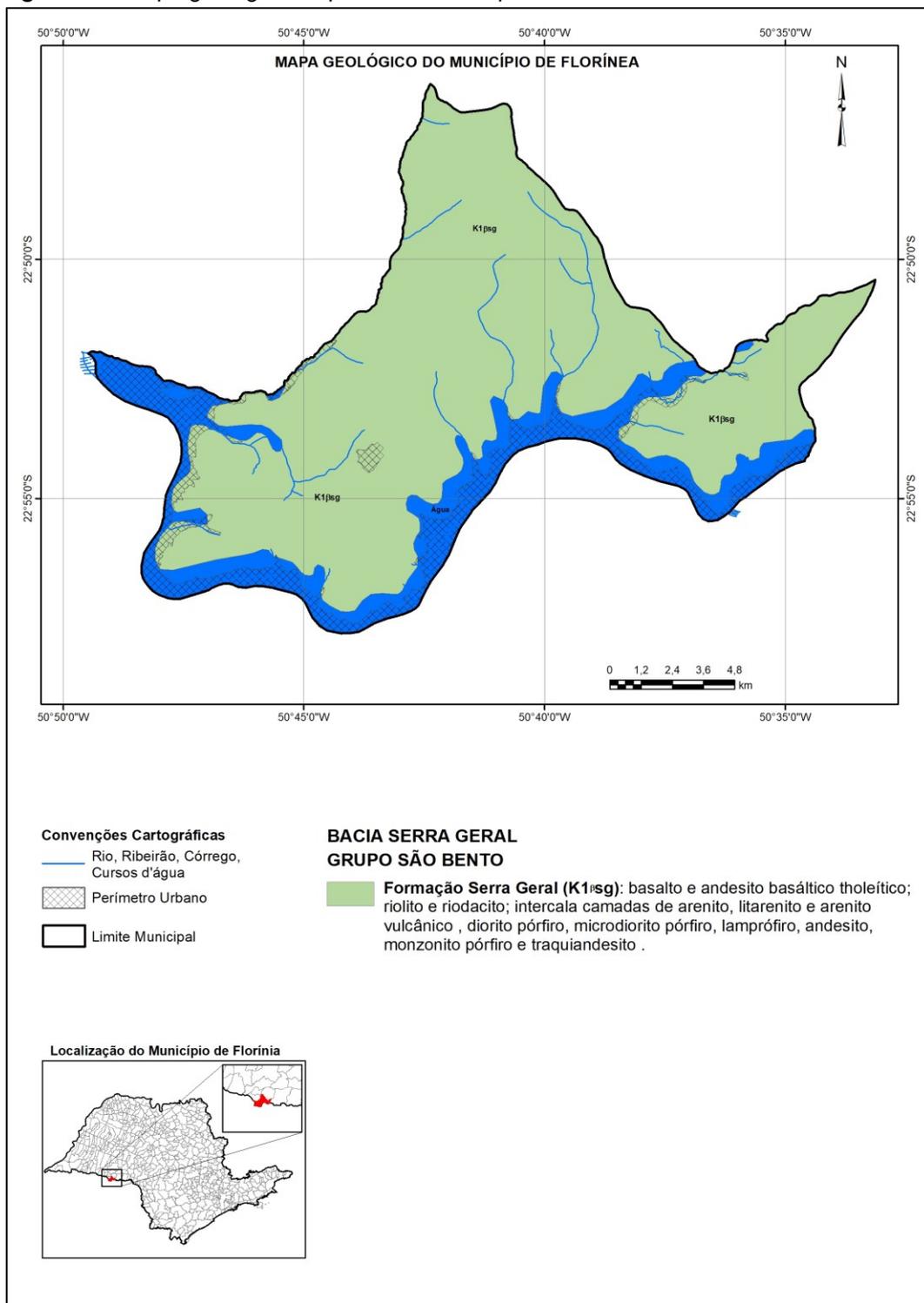
5.1.1 Contexto Geológico do Município de Florínea

As rochas do município de Florínea estão inseridas na Província Paraná, relacionadas a principalmente à Bacia Serra Geral, do Grupo São Bento.

O Grupo São Bento é representado, na área do município, pela Formação Serra Geral (K1βsg), composta por cobertura de lavas, com cerca de 1.500 metros de espessura associado a um intenso magmatismo fissural, associado a Formação Serra Geral, (K1δs), intrudidos na pilha sedimentar. Os derrames assentam-se sobre os arenitos eólicos da Formação Botucatu (J3K1bt), com inclinações subhorizontais. São constituídos principalmente por basaltos tholeiíticos e andesi-basaltos composta predominantemente por basalto, andesito basáltico tholeiítico, riolito e riodacito, intercalado por camadas de arenito, litarenito, arenito vulcânico, diorito pórfiro, microdiorito pórfiro, lamprórfiro, andesito, monzonito pórfiro e traquiandesito.

A **Figura 31** apresenta a distribuição das unidades litoestratigráficas no município, de acordo com Perrota *et al.* (2006).

Figura 31 - Mapa geológico ampliado do município de Florínea.



Fonte: Mapa Geológico do Estado de São Paulo (Perrotta *et al.*, 2006).

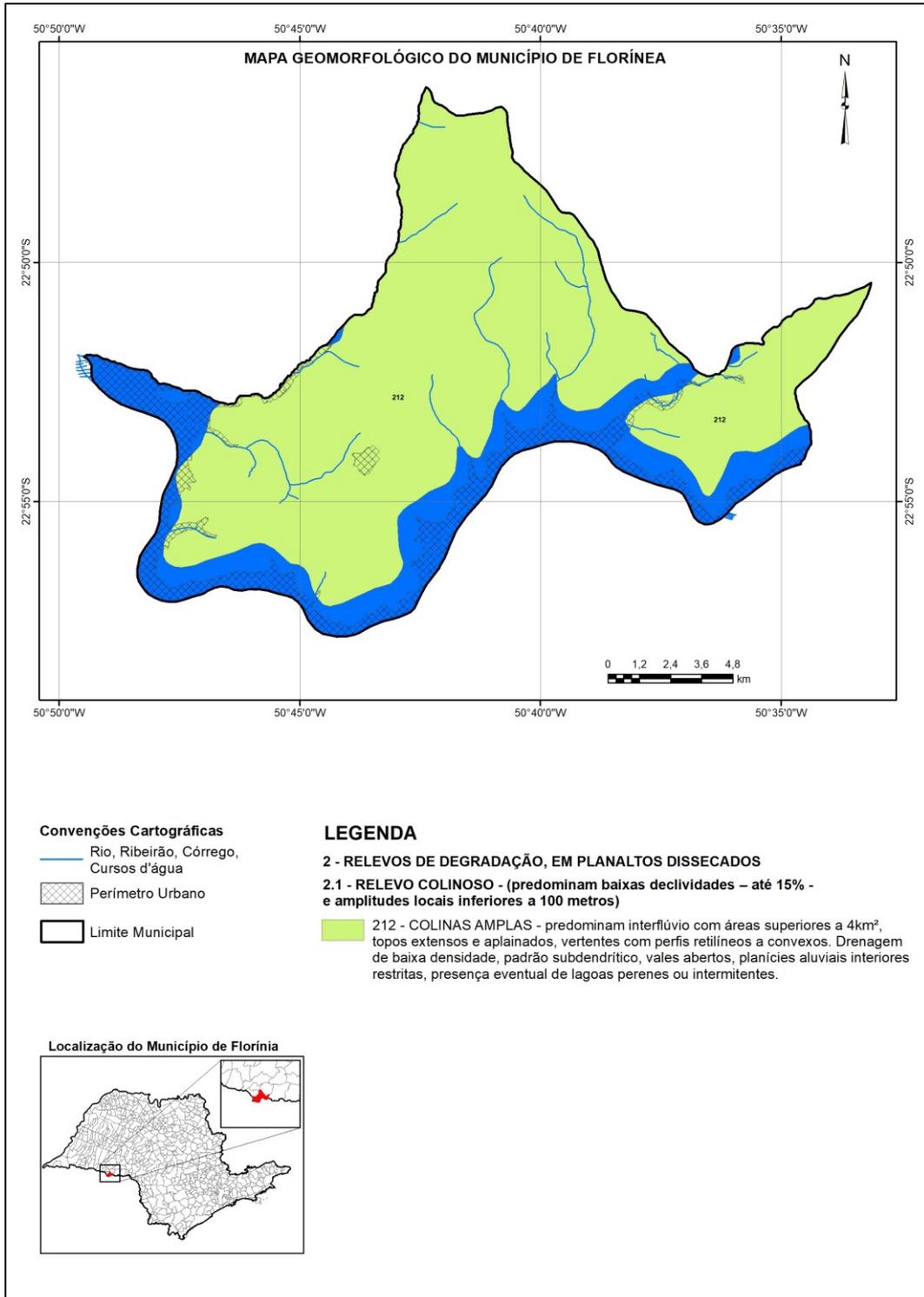
5.1.2 Contexto Geomorfológico do Município de Florínea

Segundo IPT (1991), a área do município está localizada na unidade geomorfológica do Planalto Ocidental, relacionada a Zona das Áreas Indivisas. O Planalto Ocidental é composto por relevo suave de colinas e morrotes, sob forte controle estrutural de camadas sub-horizontais com leve caimento para oeste, com platôs residuais sustentados por rochas areníticas do Grupo Bauru, com cimentação carbonática.

Ainda segundo IPT (1991), as formas de relevo presentes no município são compostos por Relevos de Degradação, em Planaltos Dissecados compostos por Relevo onduloso com baixas declividades de até 15% e amplitudes locais inferiores a 100 metros dispostos em Colinas Amplas (212), onde predominam interflúvio com áreas superiores a 4km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos, drenagem de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritos e presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes

A **Figura 32** apresenta o Mapa Geomorfológico ampliado do município de Florínea, segundo IPT (1981).

Figura 32 – Mapa geomorfológico ampliado do município de Florínea.



Fonte: Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981).

5.1.3 Contexto Pedológico do Município de Florínea

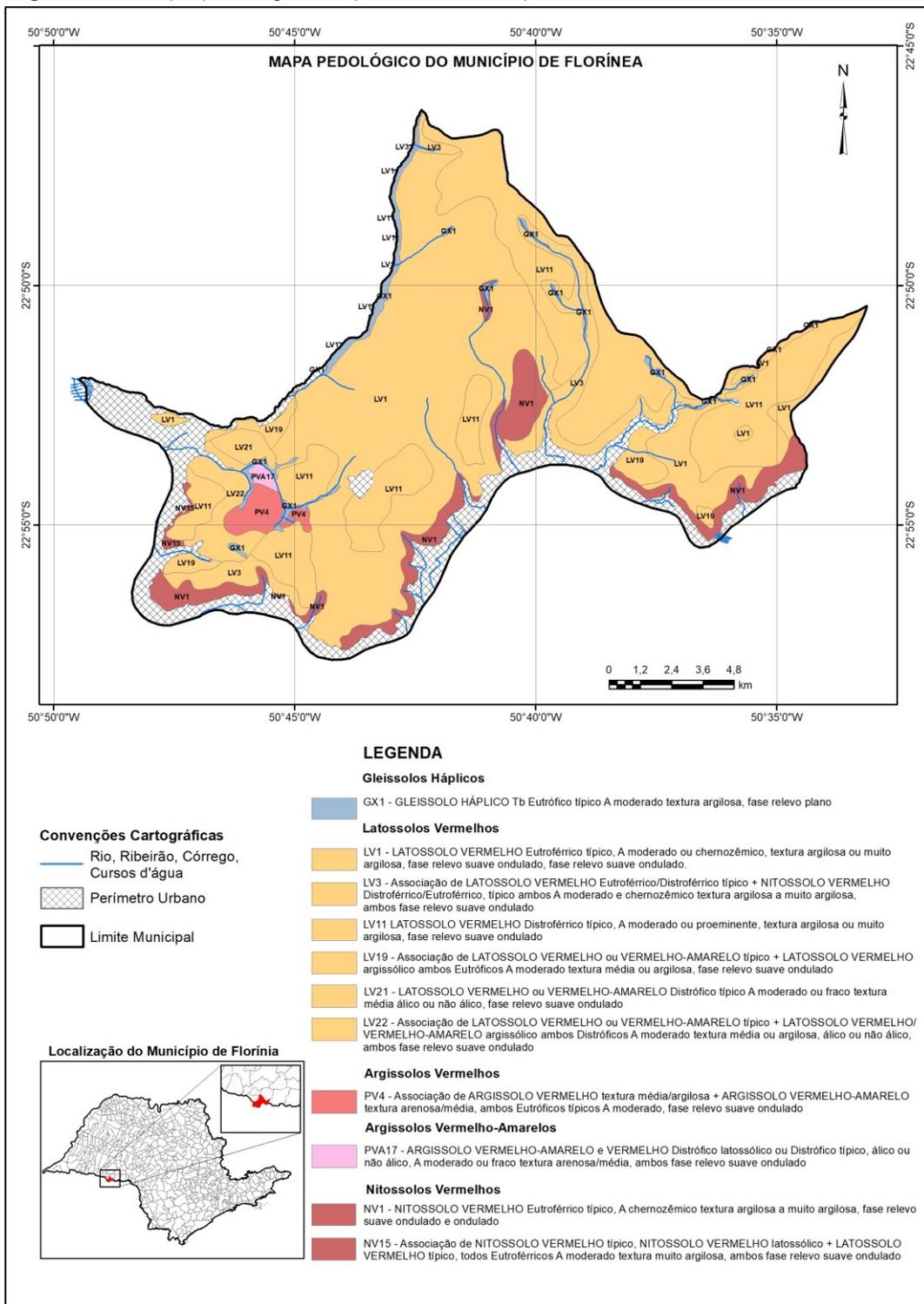
No que se refere aos tipos de solos que ocorrem no município, segundo Rossi (2017), predominam as seguintes associações pedológicas:

- PV11 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico típico, A moderado, proeminente ou chernozêmico, substrato basalto ou diabásio, ambos textura argilosa, fase relevo ondulado;
- PV12 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO/VERMELHO-AMARELO, textura argilosa ou média/argilosa + NITOSSOLO VERMELHO Distroférico típico, A moderado, textura argilosa, ambos fase relevo ondulado;
- PVA18 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico arênico ou aprúptico, álico ou não álico, A moderado ou fraco textura arenosa/média, fase relevo ondulado;
- PVA23 - Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO/VERMELHO abruptico, A moderado ou proeminente, textura arenosa/média ou média/argilosa + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO/VERMELHO típico, A moderado, textura média ou média/argilosa, álico, ambos Distróficos, fase relevo ondulado;
- LV16 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO Distro/Eutroférico típico, A moderado ou proeminente +LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, álico, ambos textura argilosa ou muito argilosa, fase relevo ondulado e suave ondulado;
- LV18 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico, A moderado ou proeminente, textura argilosa ou muito argilosa + LATOSSOLO VERMELHOAMARELO Distrófico típico, A húmico textura argilosa, ambos fase relevo ondulado e suave ondulado;

- LV23 - Associação de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura média, álico + LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, álico, ambos fase relevo ondulado e suave ondulado;
- RL9 - Associação de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico A moderado, textura arenosa ou média, substrato arenito Botucatu-Pirambóia + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico A moderado ou chernozêmico, textura argilosa, substrato basalto ou diabásio, ambos fase relevo regional forte ondulado e ondulado, local escarpado;
- RL10 - Associação de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico A moderado ou chernozêmico, textura argilosa, substrato basalto ou diabásio + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico A moderado, textura arenosa ou média, substrato arenito Botucatu-Pirambóia, ambos fase relevo regional forte ondulado, local escarpado;
- RL11 - Associação de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico A moderado ou chernozêmico, textura argilosa, substrato basalto ou diabásio + NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico/Distroférico, A moderado textura argilosa a muito argilosa, ambos fase relevo ondulado e forte ondulado;
- RL13 - Associação de NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico/Distrófico, A moderado, proeminente ou chernozêmico, textura média + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico/Distrófico abrupto, A moderado ou proeminente, textura arenosa/argilosa ou média/argilosa, ambos fase relevo ondulado;
- PVA18 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico arênico ou aprúptico, álico ou não álico, A moderado ou fraco textura arenosa/média, fase relevo ondulado;

A **Figura 33** apresenta a distribuição das associações pedológicas presentes no município, de acordo com Rossi (2017).

Figura 33 – Mapa pedológico ampliado do município de Florínea.



Fonte: Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (Rossi, 2017).

5.2 Área de risco mapeada

No Município de Florínea não foram indicadas pela Compdec áreas de risco afetadas por processos de deslizamento, inundação e enxurrada, motivo pelo qual não é apresentado neste relatório a setorização de risco, mas somente a indicação de outros eventos indicados pela prefeitura e documentados neste relatório. Portanto, durante as vistorias de campo, foram registradas ocorrências pontuais de outros processos, como alagamentos. Considerando que o escopo deste trabalho é focado à identificação de riscos relacionados a deslizamentos e inundações, os demais processos observados serão apresentados de forma sucinta na seção seguinte.

5.3 Outros processos analisados

No município de Florínea foram vistoriadas 03 (três) áreas afetadas por processo de alagamento. O **Quadro 6** apresenta a área mapeada, bem como a nomenclatura utilizada neste relatório para sua respectiva identificação.

Quadro 6 - Lista de área de risco mapeada no município de Florínea.

NOME DA ÁREA	Nº DA ÁREA	PROCESSO
Loteamento Recanto das Flores	FLO-01	Alagamento
Condomínio Água Azul	FLO-02	Alagamento
Rua Francisco Nunes e Avenida 30 de Dezembro	FLO-03	Alagamento

A área **FLO-01** corresponde ao Loteamento Recanto das Flores (**Figura 34** e **Figura 35**), com acesso pela estrada municipal CMP (Corredor Municipal de Produção). Nessa área, identificou-se ocorrência de alagamentos nas quadras 3 a 5, situadas entre as ruas Hortênciã e Azaleia (**Figura 35** e **Figura 36**). O problema está associado às características do terreno em declive, que favorecem o acúmulo de águas pluviais durante períodos de chuva intensa.

Figura 34 – Local com ocorrências de alagamento no Loteamento Recanto das Flores.



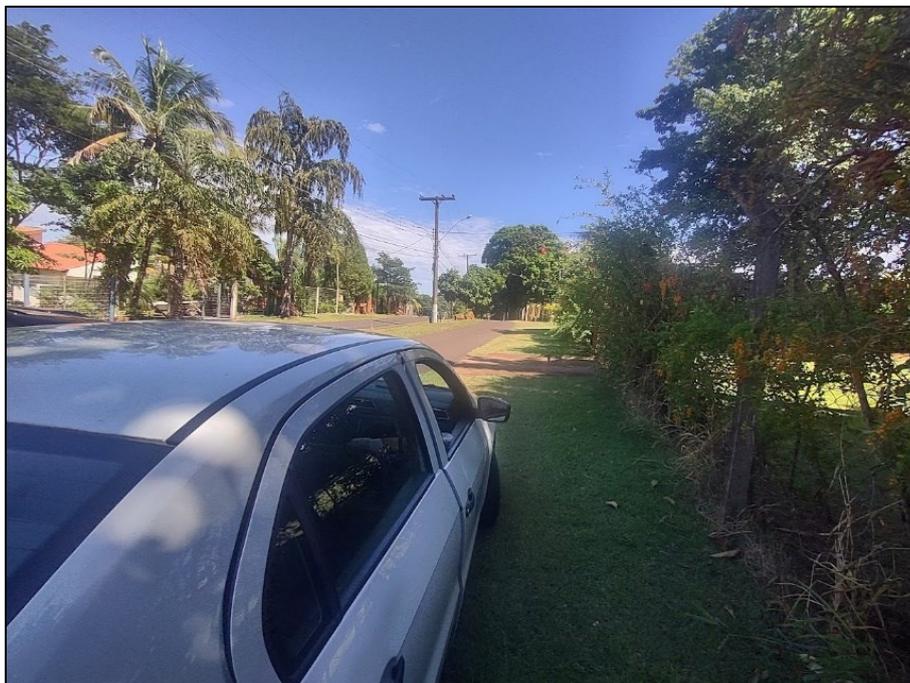
Fonte: SIRGA/CIMA

Figura 35 – Loteamento Recanto das Flores - Vista do trecho entre as ruas Hortência e Azaleia, área com ocorrência de alagamento.



Fonte: SIRGA/CIMA

Figura 36 – Loteamento Recanto das Flores - Vista do trecho entre as ruas Hortência e Azaleia, área com ocorrência de alagamento.



Fonte: SIRGA/CIMA

A área **FLO-02** corresponde ao Condomínio Água Azul (**Figura 37**), onde foi identificado ponto de alagamento no Bloco D (**Figura 38**, **Figura 39** e **Figura 40**), em decorrência de drenagem superficial inadequada. O fluxo de água na área segue em direção à Barragem de Canoas.

Figura 37 – Local com ocorrências de alagamento no Condomínio Água Azul.



Fonte: SIRGA/CIMA

Figura 38 – Condomínio Água Azul - Bloco D - Ponto de alagamento devido à drenagem superficial inadequada.



Fonte: SIRGA/CIMA

Figura 39 – Condomínio Água Azul – Bloco D - Ponto de alagamento devido à drenagem superficial inadequada.



Fonte: SIRGA/CIMA

Figura 40 – Condomínio Água Azul – Bloco D - Ponto de alagamento devido à drenagem superficial inadequada.



Fonte: SIRGA/CIMA

A área **FLO-03** corresponde a região central da cidade, especificamente na Rua Francisco Nunes de Souza e em trecho da Avenida 30 de Dezembro (**Figura 41**, **Figura 42**, **Figura 43** e **Figura 44**). Nesses locais, o acúmulo de água ocorre nas vias durante eventos de chuva, podendo causar transtornos à circulação urbana.

Figura 41 – Local com ocorrências de alagamento na Rua Francisco Nunes de Souza.



Fonte: SIRGA/CIMA

Figura 42 – Trecho de alagamento da Rua Francisco Nunes de Souza.



Fonte: SIRGA/CIMA

Figura 43 – Continuação da Rua Francisco Nunes de Souza que passa a ser denominada Av. Trinta de Dezembro.



Fonte: SIRGA/CIMA

Figura 44 – Trecho final do alagamento, na qual a Av. Trinta de dezembro se torna via dupla, notar a existência de boca de lobo.



Fonte: SIRGA/CIMA

Em todos os casos, recomenda-se que a Prefeitura e a Defesa Civil local mantenham o monitoramento contínuo dessas áreas, com o objetivo de evitar a intensificação dos processos observados e planejar eventuais medidas corretivas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este Relatório apresenta os trabalhos referentes ao mapeamento de área de risco associado a erosões e alagamentos, assim como as sugestões de intervenções para essa área. Não foram indicadas pela defesa civil municipal, bem como não identificadas pela equipe do IPT, riscos associados a deslizamentos, inundações a enxurradas no município de Florínea.

Na área central urbana foi identificado um ponto de alagamento, que é provocado pelo sistema de drenagem inadequada, pois alguns trechos não possuem galerias pluviais, provocando o escoamento superficial, acumulando água na pista de rolamento e atingindo o meio fio junto às edificações.

Os demais locais citados no presente relatório referem a alagamentos relatados pelos moradores de condomínios, que determinados locais da área interna sofriam alagamentos, por deficiência da drenagem. Estes locais pertencem a áreas privadas de condomínios fechados.

Estes transtornos podem ser evitados com a adoção de projetos de drenagem definidos a partir de estudos hidrológicos das microbacias e execução de sistemas mais eficientes.

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 possíveis de levantamentos 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, de uma forma ou de outra, garantir a segurança das pessoas que moram no município de Florínea.

7 EQUIPE TÉCNICA

CIDADES, INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE – CIMA

Seção de Investigações, Riscos e Gerenciamento Ambiental - Sirga

Coordenador: Marcelo Fischer Gramani – Mestre, Geólogo - IPT

Nestor Kenji Yoshikawa – Doutor, Geólogo - IPT

Josue Rodrigues Fischer – Técnico Especializado - IPT

Thatiani Ferreira de Melo – Estagiária em Geologia e Meio Ambiente CIEE

Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas - SPRSF

Priscila Taminato Hirata – Mestre, Geóloga - IPT

Airton Marambaia Santa – Técnico Especializado - IPT

Apoio Administrativo

Leila Evangelista Silva – Técnica Administrativa - IPT

Luzia Matico Nagase – Secretária Administrativa - IPT

Susi Ferreira – Supervisora Administrativa - IPT

São Paulo, 17 de julho de 2025

CIDADES, INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
Seção de Investigações, Riscos e
Gerenciamento Ambiental

Assinado digitalmente

Oceanógrafa, Ma. Larissa Felicidade Werkhauer Demarco
Gerente Técnica
RE Nº 9135

CIDADES, INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE

Assinado digitalmente

Geól. Me. Fabrício Araujo Mirandola
Diretor Técnico
CREASP Nº 5062055808 – RE 8658

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Beck, H.E., T.R. McVicar, N. Vergopolan, A. Berg, N.J. Lutsko, A. Dufour, Z. Zeng, X. Jiang, A.I.J.M. van Dijk, D.G. Miralles High-resolution (1 km) Köppen-Geiger maps for 1901–2099 based on constrained CMIP6 projections Scientific Data 10, 724, doi:10.1038/s41597-023-02549-6 (2023)

CORSI, A. C.; MACEDO, E. S. . Mapeamentos de riscos para regulamentação fundiária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 17, 2022, Belo Horizonte. Anais [...]. São Paulo: ABGE, 2022. p. 1-9.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS 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.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **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, 2007.

PERROTTA, 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, 2006.

ROSSI, M. 2017. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. V.1. 118p. (inclui Mapas)

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