

## ÁREAS DE ATINGIMENTO POR CORRIDA DE MASSA E ESCORREGAMENTOS NO MUNICÍPIO DE PRAIA GRANDE, SP

Alessandra Cristina Corsi <sup>1</sup>; Marcelo Fischer Gramani <sup>2</sup>; Omar Yazbek Bitar <sup>3</sup>

**Resumo** – O artigo discute a experiência de delimitação de prováveis áreas de atingimento em decorrência de eventuais fenômenos de corrida de massa, baseando-se em método desenvolvido no Japão. O método foi aplicado no contexto das atividades de elaboração da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do município de Praia Grande, litoral do Estado de São Paulo, região da Baixada Santista. Apesar do município de Praia Grande não contar com histórico significativo de eventos desses processos, tem-se registros de ocorrências similares em municípios situados na mesma região, que compreende encostas da serra do Mar, fato que motivou a delimitação efetuada. Objetivou-se delimitar as áreas de atingimento de modo a estabelecer diretrizes específicas ao planejamento territorial e urbano, especialmente no sentido de evitar a ocupação dessas áreas. Os resultados obtidos revelaram que o método adotado se mostra como uma ferramenta importante para estabelecer as diretrizes de ocupação nessas áreas, o que tende a ser válido também para situações de deslizamento localizado, embora neste caso haja dificuldades adicionais para delimitar a zona de maior impacto. Naturalmente, as encostas da serra do Mar no município possuem potencial para geração de corrida de massa, conforme as bacias de drenagem indicadas na Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações de Praia Grande. Para as áreas consideradas desfavoráveis ou impróprias à ocupação, em face do potencial atingimento por corrida de massa, recomendam-se estudos mais detalhados, de modo a apontar as condições necessárias para a ocupação segura nas bacias correspondentes.

**Abstract** – This paper discusses an experience of delimitation deposition areas related to the occurrence of possible debris flow event, based on a method developed in Japan. The method was applied in the context of the activities of elaboration of the Geotechnical Charter of Aptitude for Urbanization of the Municipality of Praia Grande, coast of the State of São Paulo, region of Baixada Santista. However, the municipality of Praia Grande does not have a significant history of events like those municipalities located in the same region, which comprise the Serra do Mar domains, a fact that motivated the delimitation. The objective was to delimit the sediment deposition areas in order to establish specific guidelines for territorial and urban planning, especially in the sense of avoiding the occupation of these areas. The results obtained showed that the adopted method is an important tool to establish occupancy guidelines in these areas, which tends to be valid also for situations of localized landslide, although in this case there are additional difficulties to delimit the zone of greatest impact. Naturally, the Serra do Mar slopes in the municipality have potential for debris flow generation, according to the drainage basins indicated in the Praia Grande Mass Movement and Flood Susceptibility Chart. For the areas considered unfavorable or inappropriate to the occupation, in view of the potential attainment by debris flow, more detailed studies are recommended in order to point out the necessary conditions for the safe occupation in the corresponding basins.

**Palavras-Chave** – Áreas de atingimento, corridas de massa, escorregamentos, município de Praia Grande.

---

<sup>1</sup> Geól., Dra., Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, (11) 3767-4352, accorsi@ipt.br

<sup>2</sup> Geól., MSc, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, (11) 3767-4642, mgramani@ipt.br

<sup>3</sup> Geól, Dr., Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, (11) 3767-4489, omar@ipt.br

## 1. INTRODUÇÃO

O município de Praia Grande apresentou um crescimento populacional significativo na década de 2000 a 2010, nesse período a população saltou de 193.582 para 262.051 habitantes. Resultando numa pressão para a construção de novas moradias, para atender a demanda imobiliária gerada. Assim o município visando atender as diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) elaborou a Carta Geotécnica de aptidão à Urbanização (CGAU) (IPT, 2016).

A elaboração da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização (CGAU) tem como referência as diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), conforme estabelecida pela Lei Federal 12.608/2012 (BRASIL, 2012a). A edição da PNPDEC foi motivada pelos eventos e desastres naturais ocorridos no início de 2011 na região serrana do estado do Rio de Janeiro, que resultaram em cerca de mil vítimas fatais e prejuízos materiais de grande monta. Dirigida especialmente a municípios sujeitos a processos como deslizamento, corrida de massa, inundação e enxurrada, a PNPDEC contempla as ações de mapeamento entre seus fundamentos e prevê sua integração às demais políticas setoriais, como as de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano e meio ambiente, visando à promoção do desenvolvimento sustentável no País. Dependendo do município, outros processos também poderão incluídos.

Entre as mudanças regulatórias introduzidas pela PNPDEC, salientam-se as alterações no Estatuto da Cidade - Lei Federal 10.257/2001 (BRASIL, 2001), estabelecendo-se a obrigatoriedade de elaboração de plano diretor nos municípios que possuem áreas suscetíveis a processos geológicos ou hidrológicos que podem gerar desastres naturais. A PNPDEC define que o plano diretor desses municípios deve conter o mapeamento das áreas suscetíveis (cujo produto deve ser o mapa ou carta de suscetibilidade), além de requerer que a identificação e o mapeamento de áreas de risco leve em conta as cartas geotécnicas. No caso do Estado de São Paulo, de acordo com a Constituição Estadual em vigor, todos os municípios estão obrigados a elaborar o plano diretor e, para tanto, em razão da PNPDEC e do Estatuto da Cidade, devem considerar as diretrizes contidas nas cartas geotécnicas correspondentes.

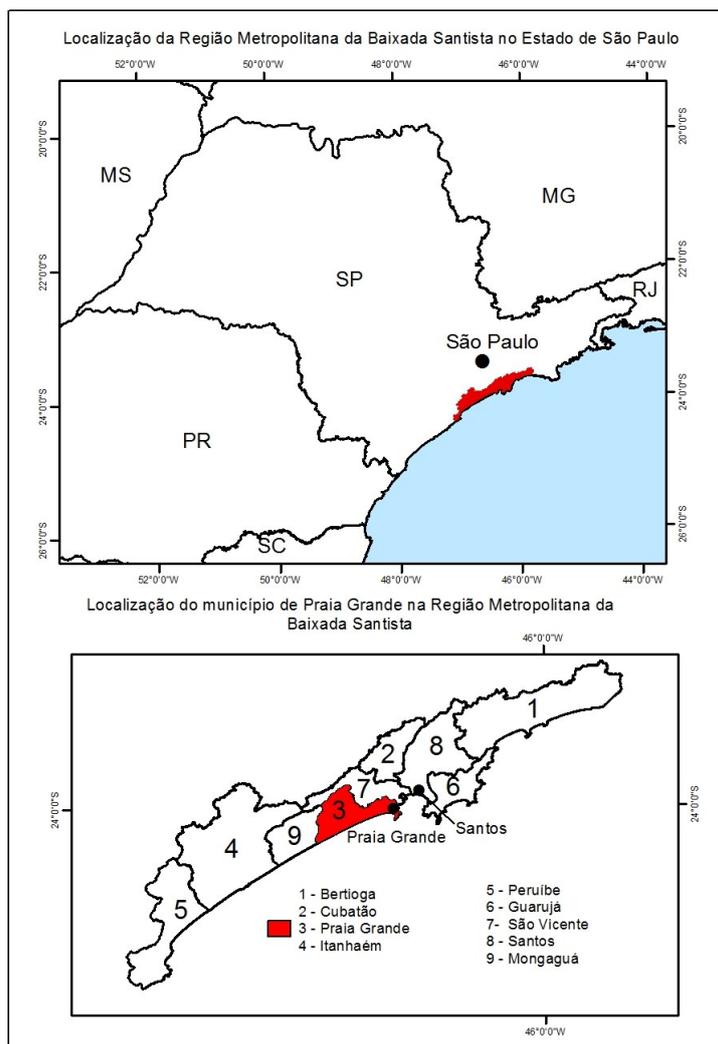
Na denominada Lei Lehmann - Lei Federal 6.766/1979 (BRASIL, 1979), que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, a PNPDEC introduziu novo dispositivo que vincula, no caso dos municípios que abrigam áreas suscetíveis a processos geológicos e/ou hidrológicos que podem gerar desastres naturais, a aprovação de novos projetos de parcelamento do solo (loteamento e/ou desmembramento) ao atendimento dos requisitos contidos na CGAU.

Na Lei Federal 12.340/2010 (BRASIL, 2010), que dispõe sobre a transferência de recursos da União a estados e municípios, para que estes possam atuar na prevenção de desastres naturais e aumentar sua resiliência perante as consequências de possíveis eventos de alta severidade, a PNPDEC fixou cinco requisitos básicos que as prefeituras devem possuir para acessar esses recursos. Esses cinco requisitos são resumidos a seguir: mapeamento de áreas suscetíveis (expresso na carta geotécnica de suscetibilidade); plano de contingência de proteção e defesa civil (que deve incluir a carta geotécnica de risco); plano de implantação de obras e serviços; mecanismos de controle e fiscalização; e a CGAU. Portanto, além de obrigatória, a CGAU é necessária também para que o município obtenha recursos financeiros destinados à prevenção de desastres.

A premissa básica para a elaboração da CGAU compreende a necessidade de desenvolver um modelo básico que possa ser aplicado a diferentes municípios, com as adaptações necessárias a cada caso. Considera-se, ainda, a perspectiva de propiciar a comparabilidade entre os municípios mapeados, de modo a subsidiar a formulação e implantação de políticas públicas municipais, estaduais e federais voltadas à prevenção de desastres naturais e ao planejamento territorial. Nesse contexto, utiliza-se, como referência geral aos trabalhos apresentados neste relatório, o documento IPT (2015), que discorre sobre os três tipos de cartas geotécnicas requeridos pela PNPDEC.

O objetivo deste trabalho é apresentar o método adotado para delimitação das áreas de atingimento por corrida de massa e escorregamentos na escala 1:10.000, de modo a subsidiar as ações voltadas a garantir a segurança da população, nas ações de planejamento e gestão

territorial e de prevenção de desastres naturais, particularmente em áreas urbanas ou de expansão urbana, no município de Praia Grande (**Figura 1**).



**Figura 1** – Localização do município de Praia Grande no estado de São Paulo e Baixada Santista.

## 2. MÉTODO DE DELIMITAÇÃO ÁREAS DE ATINGIMENTO

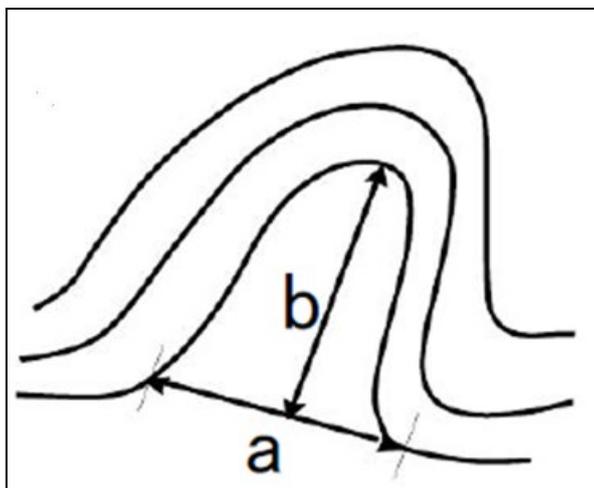
Para a delimitação da área de atingimento por deslizamento e fluxo de detritos, foram adotados os procedimentos e métodos empregados pelo Governo Japonês (KUNITOMO, 2003), em adaptação para as condições locais. Esses métodos baseiam-se na morfologia do terreno, considerando declividade, área e altura. Estão apresentados, inicialmente, os métodos para determinação das áreas de atingimento devido ao fluxo de detritos ou corridas de massa e, também, a escorregamentos. Ao final, são mostrados os resultados obtidos para o município de Praia Grande.

### 2.1. Corrida de massa

A metodologia para delimitação das bacias com potencial para gerar enxurradas ou corridas de massa está disponível em Bitar et al. (2013) e Corsi et. al. (2015). Elas são delimitadas a partir

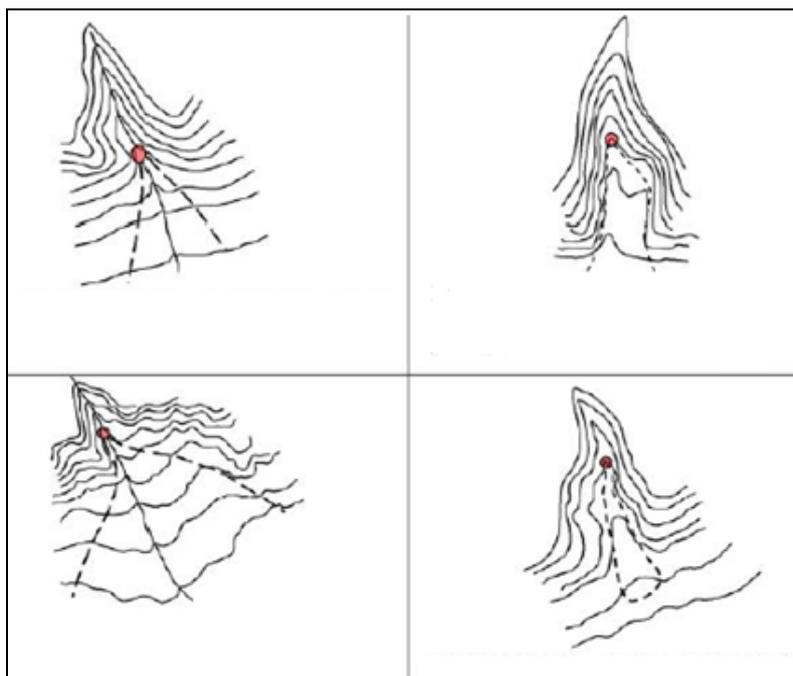
dos modelos digitais de terreno e dos critérios: tamanho de área, amplitude e localização em relevo montanhoso e de escarpas.

Com as bacias delimitadas, são analisadas as condições de contorno do vale a partir da base topográfica em escala adequada ou do modelo digital de terreno. A **Figura 2** exemplifica a forma de vale com maior ocorrência de fluxos de detritos em regiões montanhosas, onde “a” é a largura do vale e “b” a profundidade do mesmo. Foram selecionadas as bacias para o estudo que atenderam ao critério “ $a < b$ ”; e bacias com “ $b > a$ ”, com histórico de ocorrência de escorregamentos, enxurradas e corridas de massa (HORI, 2015).



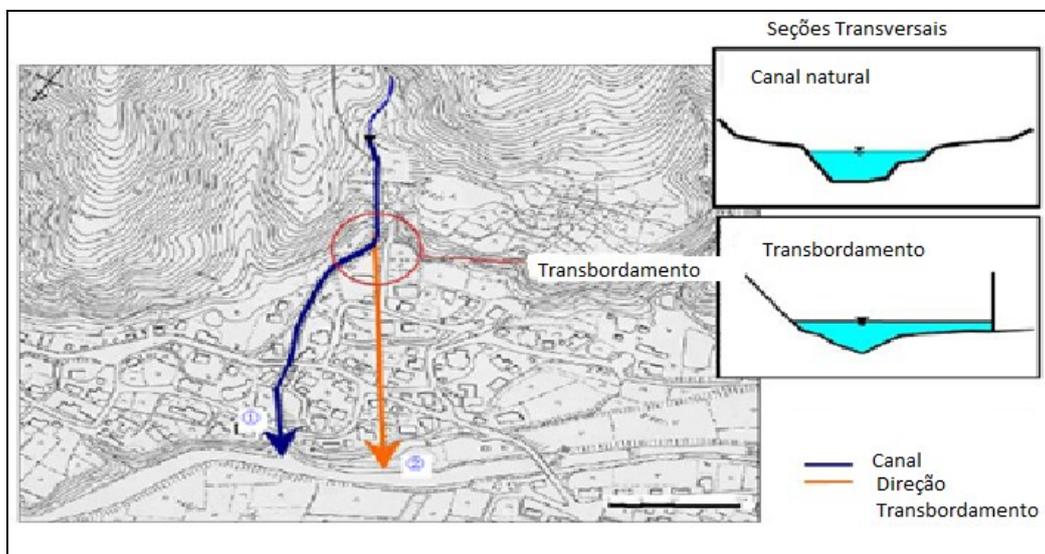
**Figura 2** – Forma de vale da drenagem onde  $a < b$ .

A definição da área de atingimento foi iniciada com a demarcação do ponto de referência, alocado onde o fluxo passa a depositar e a extravasar o canal. Para isso, analisaram-se as condições topográficas, o perfil longitudinal da bacia, o perfil transversal do canal, a ocupação da área e o histórico de ocorrência de fluxos de detritos. A **Figura 3** ilustra a seleção de alguns pontos de referência (HORI, 2015).



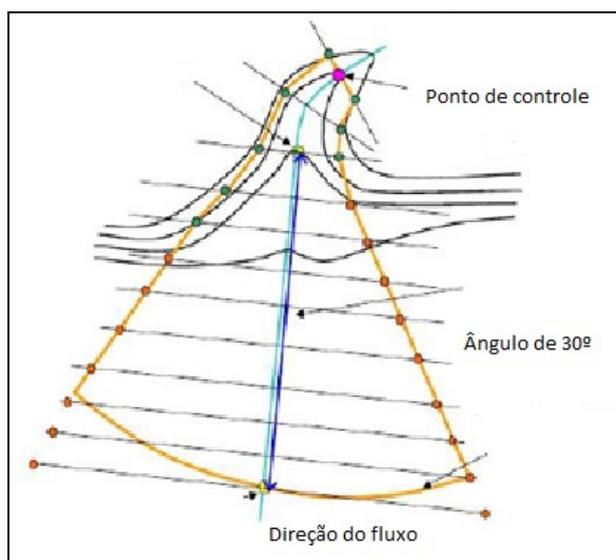
**Figura 3** – Exemplos de seleção do local dos pontos de referência.

Posteriormente, foi definida a direção do fluxo a partir da seção transversal do canal de drenagem (**Figura 4**). Nos canais com profundidade superior a 5 m, o transbordamento de fluxo tende a não ocorrer e, assim, a direção provável pode seguir confinada no próprio canal da drenagem considerada na análise. Nos casos em que a profundidade do canal de drenagem seja inferior a 5 m, o fluxo tende a transbordar e seguir um caminho diferente do canal principal. Quando a drenagem mostra mudança acentuada na direção do canal, pode haver transbordamento de fluxo (HORI, 2015).



**Figura 4** – Definição da direção preferencial do fluxo.

A partir da direção preferencial do fluxo, calcula-se uma linha com  $30^\circ$  para cada lado da direção de fluxo formando um cone. Esse ângulo foi determinado a partir de estudo de corridas de massa no Japão, onde se determinou o ângulo de dispersão do fluxo. Essa área se estende até  $2^\circ$  de inclinação do terreno (HORI, 2015) e corresponde ao cone de atingimento por corridas de massa e enxurradas (**Figura 5**).



**Figura 5** – Delimitação do cone de atingimento.

A **Figura 6** sintetiza o fluxo de trabalho para a delimitação da área de atingimento por corridas de massa e enxurradas.

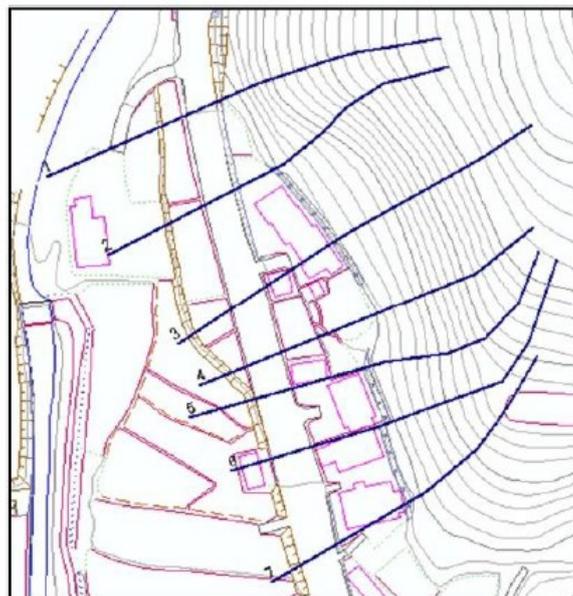


**Figura 6** – Fluxograma de trabalho.

## 2.2. Escorregamento

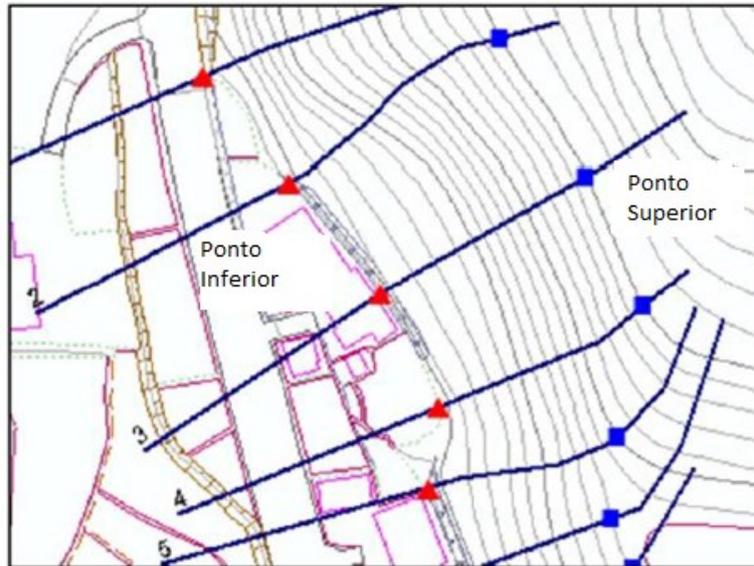
O método utilizado para a delimitação da área de atingimento provável por deslizamento segue também a metodologia desenvolvida pelo Governo do Japão, o qual pressupõe que os escorregamentos ocorrem em declividades acima de 30°, que é o caso do Japão, porém no Brasil esse valor pode ser acima de 20°. Nessa delimitação da área de atingimento, passa-se por algumas etapas de modo a determinar o topo e base da “zona vermelha” e posteriormente da “zona amarela”. A “zona vermelha” é a área da encosta onde ocorre o deslizamento e a porção de maior impacto, enquanto a “zona amarela” é a área de atingimento. Os passos para delimitação da área de atingimento segue o descrito em Hori (2015). Convém observar que essas cores não correspondem às mesmas adotadas na síntese da CGAU, as quais possuem outra finalidade.

Inicialmente, foram definidas as seções transversais, a partir da direção da drenagem e da maior inclinação do talude (**Figura 7**).



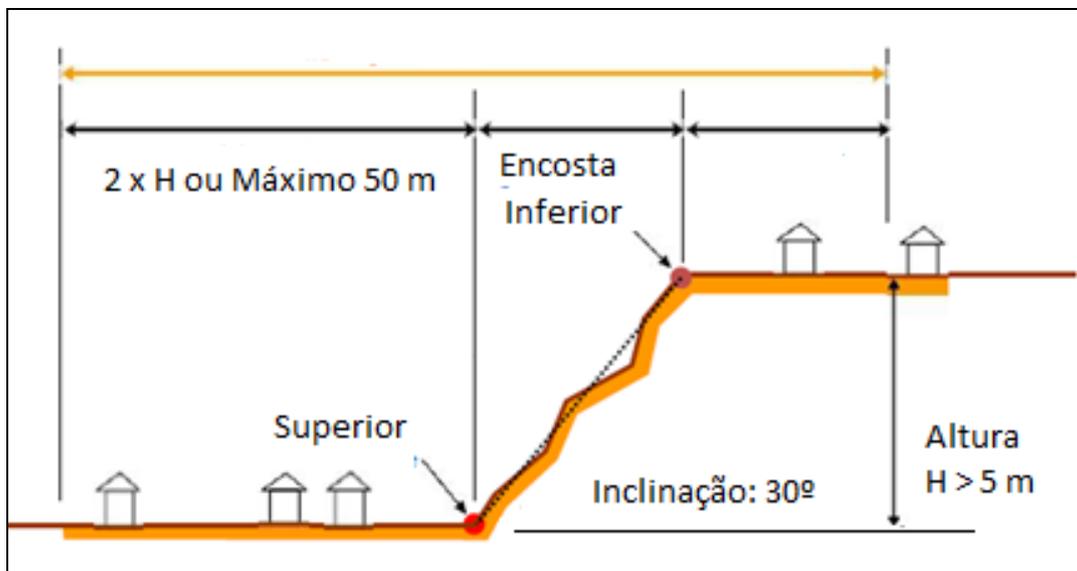
**Figura 7** – Traçado das seções transversais.

Em seguida, demarcou-se o topo, a base do talude e as suas extremidades. A partir do perfil de cada seção, determinou-se o ponto superior e inferior de cada seção onde ocorre a mudança da inclinação da mesma (**Figura 8**).



**Figura 8** – Determinação dos pontos superiores e inferiores.

A delimitação da zona de atingimento foi feita mediante determinação da altura no perfil da seção transversal, definida a partir da linha de base (distância H). Caso a altura da encosta seja superior a 50 m, deve-se adotar esse mesmo valor, ou seja, a zona de atingimento terá, nesse caso, 50 m de largura a partir da linha de base (**Figura 9**), como acontece no caso de Praia Grande.

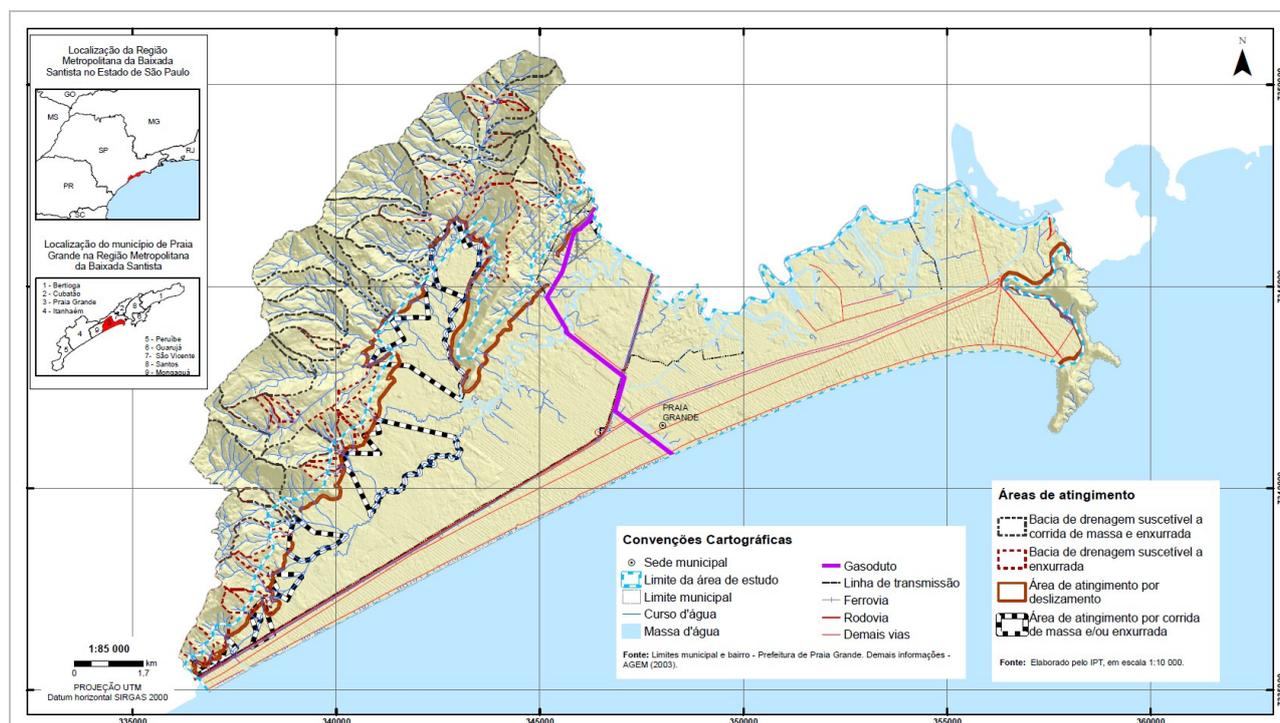


**Figura 9** – Delimitação da área de atingimento.

Cabe ressaltar que a delimitação da zona de atingimento vermelha de maior impacto não é possível em função da necessidade de dados de fatores que ainda não estão disponíveis como, por exemplo, resistência das moradias atingidas (que se associa a aspectos de vulnerabilidade dos elementos expostos) e força de impacto do deslizamento.

### 3. RESULTADOS

A partir da aplicação dos procedimentos mencionados, foram definidas as áreas de atingimento para corridas de massa e/ou enxurrada e para escorregamentos, como mostra a **Figura 10**. Para o atingimento por fluxo de detritos (corridas de massa e/ou enxurrada) foram delimitadas dez áreas poligonais e, ainda, oito áreas para deslizamento.



**Figura 10** – Mapa com as áreas de atingimento provável, para corridas de massa e/ou enxurrada e escorregamentos no município de Praia Grande.

Historicamente não há registros de ocorrência de corridas de massa no município de Praia Grande. No entanto, nos trabalhos de campo observaram-se blocos de rocha decimétricos a métricos situados no canal de drenagem (**Figuras 11 e 12**). Para as áreas de atingimento por corrida de massa e/ou enxurrada, duas foram consideradas inaptas para ocupação, em virtude da localização das moradias situarem-se no pé da encosta. O sobrevoo com o drone permitiu uma visão ampla das bacias com potencial alto para geração desses fenômenos. Nessas fotos é possível verificar a existência de escorregamentos translacionais rasos e paredões de rocha, que corroboram a possibilidade de recorrências na região (**Figuras 11, 12, 13 e 14**).

Quanto ao atingimento por deslizamento, verificou-se que nas porções de base das encostas, blocos e também deslizamento ocorrem na área do Morro do Xixová. Todavia, as ocorrências não atingiram moradias (**Figura 15**). Essas áreas estão localizadas nas áreas de risco mapeadas no município (CPRM, 2014), devendo ser monitoradas seguidamente.



**Figura 11** – Exemplo de blocos de rocha situados no canal de drenagem em Praia Grande.



**Figura 12** – Exemplo de blocos de rocha situados no canal de drenagem em Praia Grande.



**Figura 13** – Notar a cicatriz de deslizamento planar raso na encosta (Seta Vermelha).



**Figura 14** – Observar a linha de drenagem bem definida na imagem e as encostas vegetadas.



**Figura 15** – Cicatriz de escorregamento na encosta no terreno do Clube Português. Notar ao fundo a proximidade das moradias da encosta.

#### 4. CONCLUSÕES

O método utilizado para delimitação das áreas sujeitas a atingimento por corrida de massa mostrou-se uma ferramenta importante para estabelecer as diretrizes de ocupação nessas áreas,

o mesmo de certo modo é válido para o escorregamento apesar das dificuldades para se delimitar a zona de maior impacto.

Apesar do município de Praia Grande não contar com um histórico de corridas de massa, já ocorreram eventos similares em regiões próximas na Baixada Santista. Naturalmente, as encostas da Serra do Mar que estão inseridas no município possuem potencial para geração de corridas de massa. Para as áreas consideradas desfavoráveis ou impróprias à ocupação recomenda-se, estudos mais detalhados nessas bacias para verificar as condições necessárias para a ocupação segura dessas bacias.

## AGRADECIMENTOS

Registram-se os agradecimentos a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação (SDECTI)/Programa de Apoio Tecnológico aos Municípios (Patem) e à Prefeitura da Estância Balneária de Praia Grande, pela viabilização dos trabalhos e cooperação permanente. Agradece-se, também, às diversas instituições e profissionais da Prefeitura da Estância Balneária de Praia Grande que contribuíram direta ou indiretamente na execução das atividades, em particular às equipes municipais que disponibilizaram dados e informações essenciais aos trabalhos realizados.

## REFERÊNCIAS

BITAR, O. Y. (Coord.). *Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000: Nota Técnica Explicativa*. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2014. (Publicação IPT, 3 016 - livro eletrônico).

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. *Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC*. Diário Oficial da União, Brasília, 11 abr. 2012<sup>a</sup>.

CORSI A. C., GRAMANI M. F., OGURA A. T. *Método para delimitação de bacias suscetíveis a corrida de massa e enxurrada em regiões serranas*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E AMBIENTAL, 9., 2015, Cuiabá. Anais... Cuiabá: ABGE, 2015.

HORI, T. *Metodologia japonesa para delimitação das áreas de atingimento por fluxo de detritos e deslizamento*. Nova Friburgo: 2015. (Comunicação Oral).

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Guia cartas geotécnicas – orientações básicas aos municípios*. São Paulo: IPT, 2015. (IPT Publicação, 3 022). Disponível em: [http://www.ipt.br/centros\\_tecnologicos/CTGeo/la.boratorios\\_e\\_sessoes/43-laboratorio\\_de\\_recursos\\_hidricos\\_e\\_avaliacao\\_geoambiental\\_\\_\\_labgeo.htm](http://www.ipt.br/centros_tecnologicos/CTGeo/la.boratorios_e_sessoes/43-laboratorio_de_recursos_hidricos_e_avaliacao_geoambiental___labgeo.htm). Acesso em: 12 set. 2016.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Elaboração da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização de Praia Grande, SP*. Relatório Final, 2016 (Relatório Técnico Nº 148.719-205).

KUNITOMO, M. *Applications and advantages of hazard maps for sabo in Japan*. In: INTERNATIONAL TRAINING PROGRAM ON TOTAL RISK MANAGEMENT, 2003, Kobe. Proceedings... Kobe: ADRC, 2003. 6 p.