

## Movimentos de massa ocorridos no evento de novembro de 2008, no entorno do Morro do Baú, Vale do Itajaí (SC): caracterização geológico-geomorfológica

Tomazzoli, Edison Ramos

Departamento de Geociências - UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil,  
edison@cfh.ufsc.br

Flores, Juan Antonio Altamirano

Departamento de Geociências - UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil,  
juan.flores@cfh.ufsc.br

Bauzys, Fernanda

Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil,  
fernandabauzys@yahoo.com.br

**Resumo:** Neste trabalho foram caracterizados os diversos tipos de movimentos de massa que ocorreram em novembro de 2008, no entorno do Morro do Baú, na região do Vale do Itajaí (SC) e suas relações com feições geológicas e geomorfológicas. Os escorregamentos translacionais rasos foram os movimentos de massa mais frequentes e que ocorreram, preferencialmente, no domínio das rochas do Complexo Granulítico, onde há solos espessos associados a elevadas declividades das encostas de vales que estão balizadas por falhas e cobertas por densa vegetação. Escorregamentos rotacionais e os fluxos de detritos também foram numerosos, embora menos frequentes. Afim de reduzir os efeitos catastróficos destes desastres recomenda-se o mapeamento prévio de áreas susceptíveis. Na elaboração dos mapas de susceptibilidade é de fundamental importância a caracterização dos tipos de deslizamentos e suas relações com elementos geológicos e geomorfológicos, que muitas vezes, controlam os processos de desenvolvimento e direcionamento dos movimentos gravitacionais de massa.

**Abstract:** This study characterizes the various types of movements of mass that affected this part of the state and their relations with geological and geomorphological characteristics. The shallow translational soil slides were the larger and most frequent mass movements that occurred and showed greater incidence in the domain of the Granulitic Complex rocks. This fact is related to the thick soil coverage and associated to very steep slopes over valleys bordered by faults and covered by dense vegetation. On the other hand, rotational soil slides were numerous and important, although smaller. It is recommended that previous mapping be conducted of areas of hazard susceptible to these events. In the preparation of the hazard mapping, it is very important to characterize the types of landslides and their relations with geological and geomorphological elements, because these often control the development and direction of gravitational movements of mass.

### 1 INTRODUÇÃO

Os escorregamentos ocorridos em novembro de 2008 no Vale do Itajaí deixaram um saldo de 135 mortos e 02 desaparecidos, centenas de feridos e milhares de desabrigados, além de grandes perdas materiais.

A grande maioria dos deslizamentos aconteceu nos dias 22 e 23 de novembro, período em que, ocorreram precipitações intensas e concentradas, totalizando mais de 400 mm, segundo dados meteorológicos da EPAGRI. Esse pico máximo de chuvas foi antecedido por um período de cerca de três meses de precipitações contínuas que

provocaram a saturação do solo e culminaram em numerosos movimentos de massa.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

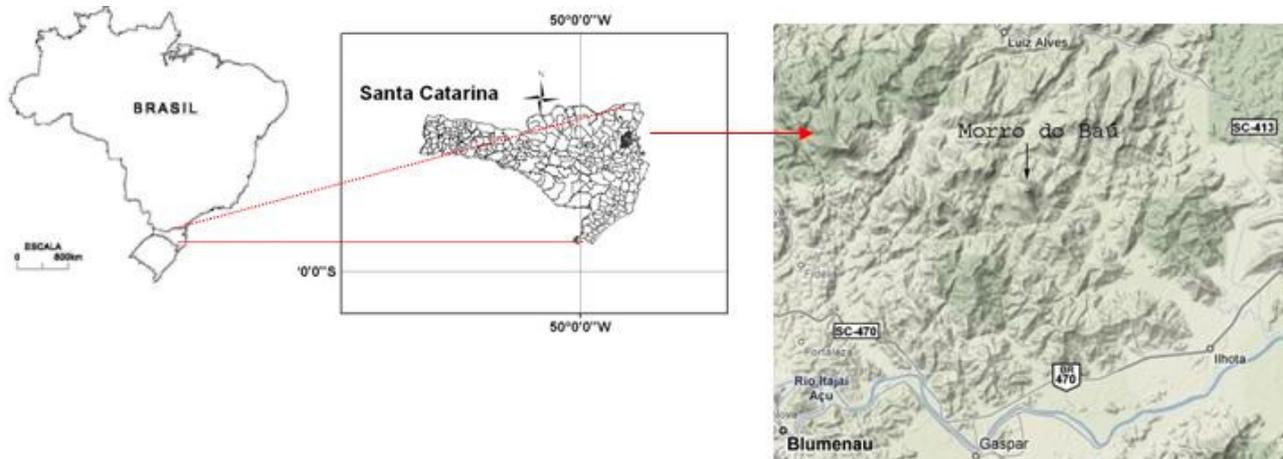


Figura 1: Mapa de localização.

## 3 ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS DA REGIÃO

O Complexo Granulítico de Santa Catarina é composto por rochas metamórficas da fácies granulito, retrometamorfisadas ou não para as fácies anfíbolito e xisto verde. Possuem idade arqueana (mais de 2,5 bilhões de anos), com eventos retrometamórficos relacionados ao paleoproterozóico e neoproterozóico. Os litotipos mais comuns são gnaisses quartzo-feldspáticos com hiperstênio. Subordinadamente ocorrem também núcleos de rochas ultramáficas, gnaisses calcissilicáticos, kinzigitos anortositos, quartzitos e formações ferríferas (Hartmann et al., 1979, in Caldasso et al., 1995). Estas rochas mostram-se capeadas por um manto de intemperismo bastante espesso, atingindo profundidades muitas vezes superiores a 30 metros.

O Complexo Granulítico está cortado por numerosas falhas e zonas de cisalhamento, com destaque para o lineamento ou zona de cisalhamento Perimbó, com direção N55°E, que coloca as rochas deste complexo em contato com as rochas dos grupos Brusque e Itajaí, respectivamente. Ocorrem também falhas e zonas de cisalhamento nos quadrantes N80°E, N20°E e N30°W. Estas estruturas controlam os vales fluviais profundos e retilíneos que apresentam encostas com alta declividade, onde ocorreram grandes movimentos de massa condicionados pelo relevo acidentado

Este trabalho enfoca uma área no entorno do Morro do Baú, abrangendo parte dos municípios de Gaspar, Ilhota e Luiz Alves (Figura 1). Essa área foi escolhida por ter sido uma das mais atingidas pelos movimentos de massa no evento de 2008 e por ser, de certa forma, representativa das demais áreas atingidas do Vale do Itajaí.

associado a grandes espessuras no manto de intemperismo. Estes vales, muitas vezes, são preenchidos por depósitos sedimentares aluvionares.

O Grupo Itajaí é constituído, predominantemente, por rochas metassedimentares anquimetamórficas (com metamorfismo incipiente), representadas principalmente por argilitos, siltitos e arenitos de natureza turbidítica, associadas com rochas vulcânicas e sub-vulcânicas de composição riolítica dominante sobre os termos básicos, com raras camadas de tufo finos. O Conglomerado Baú, que integra esse grupo, está representado por conglomerados petromíticos. Essas rochas ocorrem em camadas superpostas com pequenas a médias inclinações para sul-sudeste, constituindo elevações do tipo mesa, estes raros, ou em forma de cuesta, devido às inclinações mais pronunciadas. O próprio Morro do Baú pode ser interpretado como uma elevação desse tipo. É constituído pela superposição de camadas inclinadas de conglomerado e arenito que, nesse caso, estão mais fortemente cimentadas por sílica, conferindo grande resistência dessas rochas à erosão diferencial. Constitui-se, assim, num morro-testemunho, destacado devido a sua maior elevação.

Os depósitos aluvionares quaternários são constituídos por sedimentos argilosos, sílticos, arenosos ou cascalhos inconsolidados, depositados no fundo dos vales.

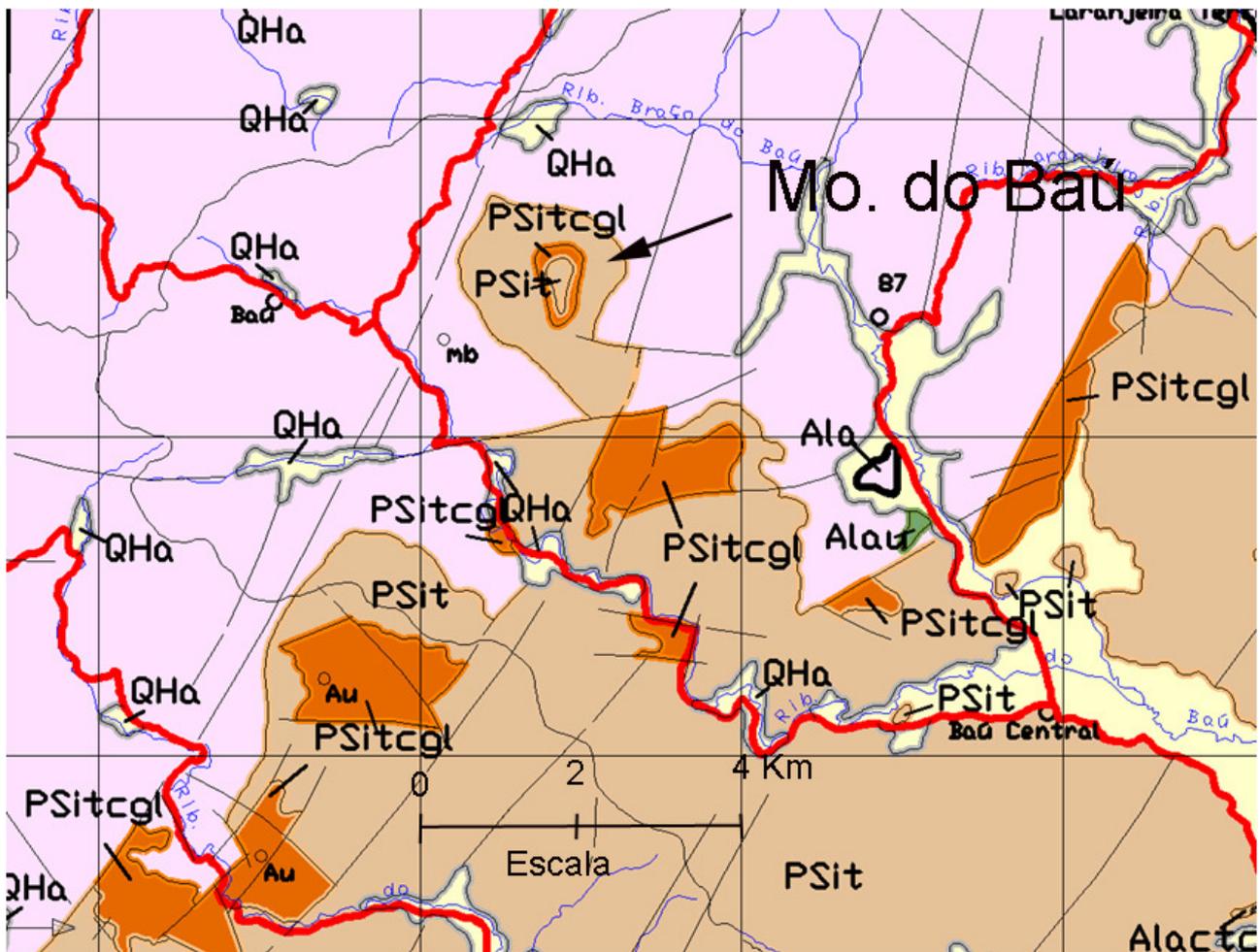


Figura 2: Mapa geológico da área de estudo. Legenda: cor lilás – Complexo Granulítico; PSitcgl – Grupo Itajaí/Conglomerado Baú; PSit – Grupo Itajaí/metassedimentos turbidíticos; QHa – depósitos aluvionares quaternários.

#### 4 TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSA

Os fenômenos relacionados a movimentos de massa podem ser classificados, genericamente, em 4 categorias principais: quedas de blocos (rock fall), escorregamentos (landslide), que podem ser divididos em translacionais e rotacionais, corridas (debris flow) e rastejos (creep), sendo importante salientar que muitas vezes ocorrem, também, combinações de dois ou mais processos. Esta classificação é utilizada pelo IPT em suas publicações, por Augusto Filho (1994), e pelo Manual de Desastres da Defesa Civil Nacional (Castro, 2003) e será adotada também para este trabalho. Na área de estudo ocorreram predominantemente movimentos de massa do tipo escorregamentos translacionais rasos, rastejos,

escorregamentos rotacionais e corridas de lama e de detritos.

Movimentos do tipo queda de blocos (Figura 3) não são muito comuns e ocorreram, predominantemente, em áreas do Grupo Itajaí. Estão relacionados, principalmente, a corte de taludes em encostas onde as camadas de turbiditos intercaladas a arenitos mergulhavam no mesmo sentido da inclinação da encosta, como mostra o desenho esquemático da Figura 3, facilitando assim o escorregamento de uma camada sobre a outra para fora do talude. Além da queda de blocos de arenito/siltito, essa situação provocou, algumas vezes, pequenos fluxos de lama e detritos, principalmente quando o material apresentava mais avançado estágio de intemperismo.

## Deslizamento causado por corte em encosta formada por camadas inclinadas

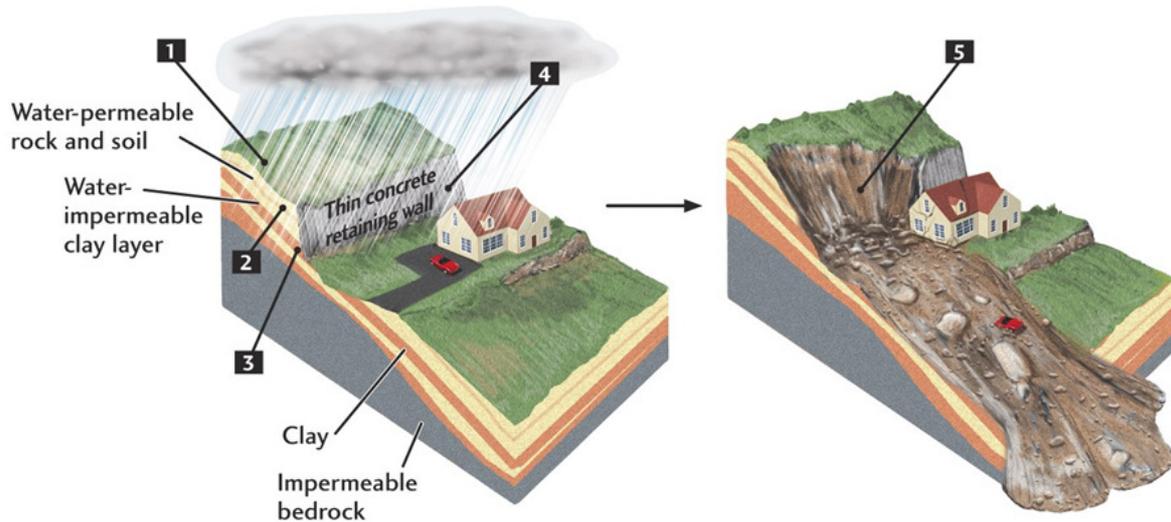


Figura 3: Figura exemplificando um movimento de massa provocado pelo escorregamento entre camadas sedimentares que mergulham no mesmo sentido da encosta. Fonte: Press, et alii (2004).

Augusto Filho (1994) e Castro (2003) definem os rastejos como movimentos lentos de encosta que não apresentam, via de regra, uma superfície de ruptura definida (plano de movimentação). Estes processos podem abranger grandes áreas e massas de materiais e solos. Na área de estudo, esse tipo de movimento foi muito comum e ocorreu em todas as unidades geológicas. Eles são evidenciados pela inclinação de árvores e outros objetos fixos e pelo aparecimento de rachaduras no solo, chamadas de fendas de abatimento (Figura 4). A essas rachaduras, muitas vezes estão associados degraus de abatimento, isto é, blocos de solo escalonados, dispostos de forma rebaixada, junto às fendas, formando degraus.

Quando o processo de rastejo envolve maiores volumes de solo, formam-se, em certos locais, feições de intumescência ou inchamento do solo na frente de rastejo, provocando o surgimento de elevações em áreas antes planas (Figura 5).



Figura 4: Exemplo de degrau de abatimento.



Figura 5: Elevação de frente de rastejo em estrada, exibindo fendas de tração devido ao soerguimento.

Outras vezes, nos limites laterais da massa de solo em movimento de rastejo, observa-se o deslocamento direcional de cercas ou estradas como pode ser visto na Figura 6.



Figura 6: Estrada deslocada lateralmente pelo movimento de uma massa de solo em rastejo. A massa que movimentou (movimento da direita para a esquerda) é a que está abaixo da linha de descontinuidade da estrada.

Conforme Fernandes e Amaral (2003), os escorregamentos rotacionais (*slumps*, em inglês)

apresentam uma superfície de ruptura côncava para cima, ao longo da qual ocorre um movimento rotacional do manto de alteração. A presença de mantos de alteração espessos e homogêneos facilita sua ocorrência.

Ainda de acordo com os autores, a gênese dos escorregamentos rotacionais está frequentemente vinculada a cortes na base das vertentes, sejam artificiais (implementação de estradas) ou naturais (erosão fluvial). Muitas vezes, o bloco que deslizou preserva a camada superficial do solo, com arbustos e árvores preservados, porém todos em posição levemente inclinada no sentido contrário ao caimento da encosta. Esses blocos escorregados estão rebaixados, formando degraus de abatimento, muitas vezes escalonados (Figura 7). Outras vezes, dependendo das condições de saturação do solo, ocorre solifluxão do solo, gerando corridas de lama e detritos (troncos, matações e blocos de rocha) associadas ao deslizamento rotacional. Na área de estudo, esse tipo de movimento mostrou-se frequentemente relacionado a problemas como cortes de taludes muito íngremes ou sobrecargas no topo da encosta e provou a destruição de um grande número de residências em áreas mais urbanizadas.

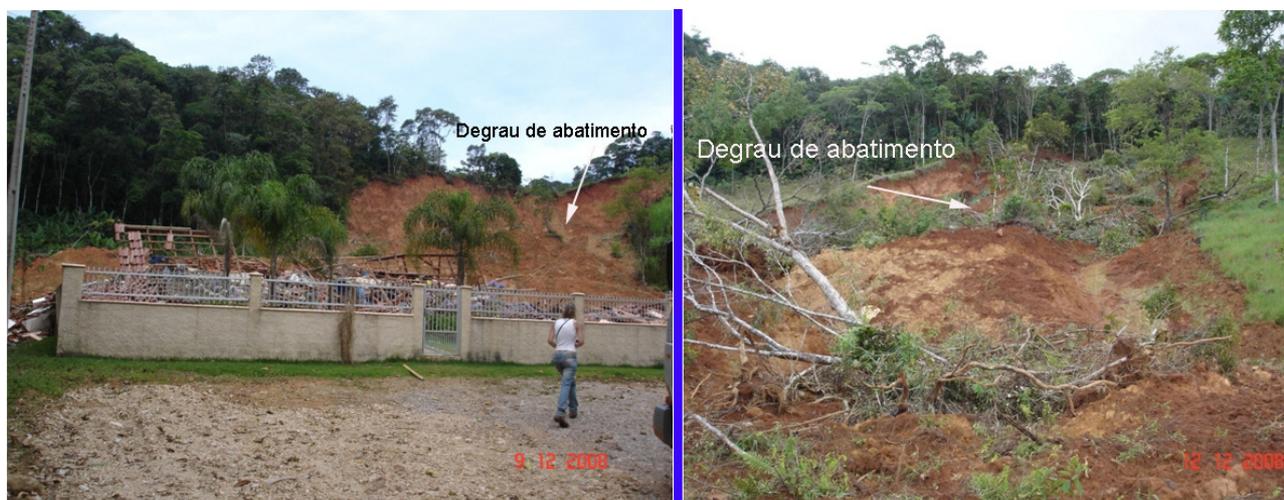


Figura 7 : Deslizamentos rotacionais, mostrando degraus de abatimento.

Os escorregamentos translacionais rasos (ou planares) foram os movimentos de maior porte e mais importantes na área de estudo porque deslocaram os maiores volumes de solo, rochas e detritos.

Santos, A.R. (2004) faz uma excelente caracterização desse tipo de movimento na Serra do Mar do estado de São Paulo. Considera esse o único tipo de escorregamento provocado por causas naturais. Pondera que, devido a sua grande área de distribuição e pela frequência em que ocorrem, são

os que inspiram maior cuidado. Esse tipo de deslizamento mobiliza quase que exclusivamente o horizonte superior de solos, logo abaixo das raízes das plantas. Somente na sua cabeceira, chamada de raiz por ser o local de sua origem ou início, há a mobilização de horizontes mais profundos. O movimento inicia sempre na porção superior de vertentes com declividades superiores a 30° e costuma evoluir sob a forma de vigorosas corridas de lama e detritos (troncos, blocos e matações de rocha) que, na área de estudo, alcançaram

relativamente finas extensões lineares com vários quilômetros de comprimento, atingindo, muitas vezes, as áreas planas no sopé dos morros. Segundo o autor, movimentos desse tipo costumam ocorrer em áreas montanhosas com solos espessos, como é o caso da região do Morro do Baú sob as seguintes condições:

- Onde ocorrem:

Logo abaixo de rupturas de declive positiva em encostas retilíneas com inclinação superior a 30°;

- Quando ocorrem:

Com probabilidade crescente a partir de chuvas de 100 mm/dia antecedidas por chuvas de saturação nos 3 a 4 dias precedentes;

- Como ocorrem:

Por formação de trincas de tração de rastejo na zona de ruptura de declive positiva;

Após chuvas intensas, volumosa entrada de água para o horizonte abaixo do solo superficial e desmonte hidráulico da raiz do escorregamento do solo superficial a jusante da raiz é mobilizado por arraste e sobrepeso.

Nas Figuras 8 e 9, são apresentados desenhos esquemáticos desse tipo de movimento.

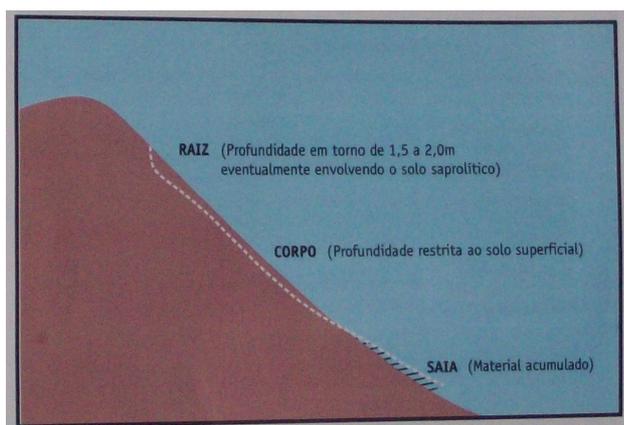


Figura 8: Seção típica do escorregamento translacional raso (planar) A raiz constitui o local de início do escorregamento, com profundidade sempre superior aquela apresentada no corpo do escorregamento. O corpo do escorregamento é mobilizado pelo material proveniente da raiz. Na saia, ocorre a acumulação do material remobilizado. Fonte: Santos, A. R. (2004).

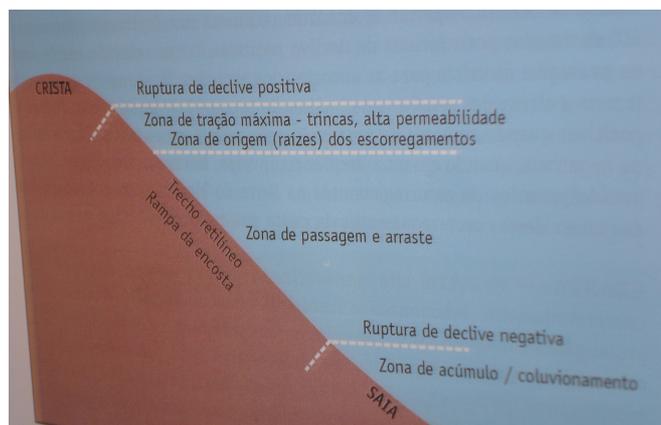


Figura 9: Feições de um escorregamento translacional raso (planar). Fonte: Santos, A. R. (2005).

## 5 OS TIPOS DE DESLIZAMENTO NO CONTEXTO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO

Na Figura 10 é apresentada imagem do satélite Landsat de janeiro de 2009, cujo processamento (composição colorida RGB 431) deu destaque aos deslizamentos que ocorreram em novembro de 2008 na área de estudo. Os deslizamentos aparecem nessa imagem destacados como feições lineares de cor branca (quatro deles estão destacados por setas). Sobre a imagem Landsat, foi inserido o mapa geológico da Figura 2, sob a forma de uma imagem semitransparente para evidenciar o aspecto de relevo das unidades geológicas.

Embora essa imagem não seja a mais adequada a esse tipo de estudo, visto que sua resolução espacial (*pixels* de 30m x 30m) não permite a visualização dos movimentos de massa de menor porte, ela mostra-se bastante eficiente na visualização dos movimentos maiores, principalmente os escorregamentos translacionais rasos associados a fluxos de detritos. Esses escorregamentos aparecem na imagem como linhas ou faixas brancas, lineares (seta 3 da Fig. 10) ou curvas (seta 2 da Fig. 10), cuja extensão, em alguns casos, é de quase dois quilômetros. Situam-se, preferencialmente, no Complexo Granulítico, cujo terreno é marcado por vales retilíneos profundos, encaixados em falhas e fraturas de direções predominantes N40°E, N80°E, N60°W, com encostas íngremes de elevadas declividades. Estas feições podem ser mais bem visualizadas na Figura 11. Foi nas encostas íngremes desses vales que ocorreu a maior parte dos grandes escorregamentos translacionais rasos (Figura 12), dos quais, alguns seguiram num curso retilíneo, alcançando a base da encosta segundo sua máxima direção de declividade. Em outros, o fluxo

de lama e detritos sofreu desvios significativos, encaixando-se em talvegues secundários antes de chegar ao fundo do vale (seta 2 da Fig. 10). Em alguns casos (seta 4 da fig. 10), o fluxo de lama e detritos ao atingir o pé da encosta, prosseguiu para jusante do vale principal, fluindo mesmo sob

declividades mais baixas. Em outros, como o mostrado pela seta 1 da Fig.10, o fluxo de lama e detritos avançou pelo vale, alimentado por deslizamentos translacionais rasos em ambas encostas, soterrando casas e causando diversas vítimas, na localidade de Alto Baú (Figura 13).

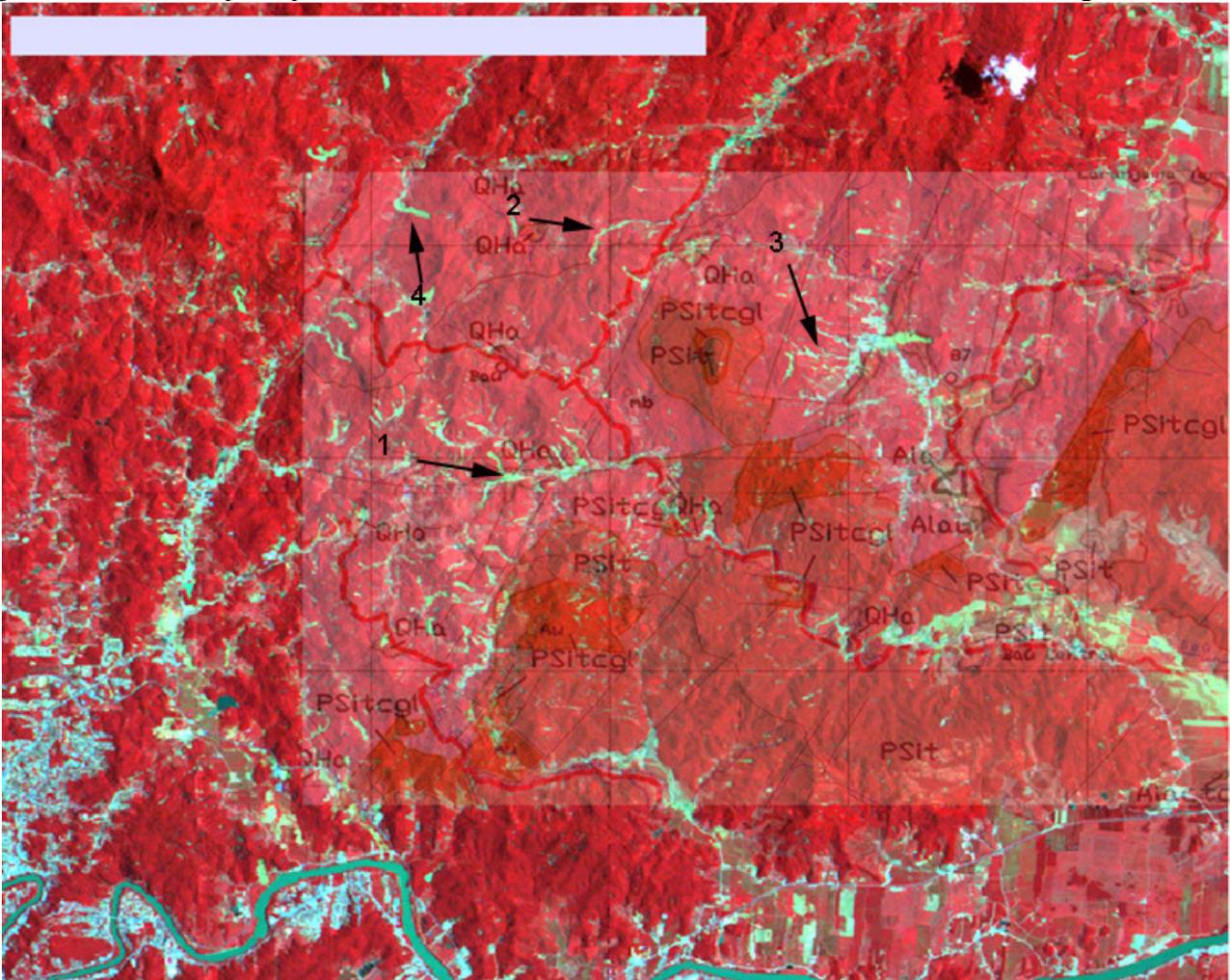


Figura 10: Imagem Landsat de janeiro de 2009 (RGB 431), com o mapa geológico da Figura 2 superposto sob forma de imagem semitransparente. Observam-se os deslizamentos sob formas lineares, na cor branca. Quatro deslizamentos translacionais rasos estão marcados com setas. Nessa imagem, a cor vermelha corresponde a áreas vegetadas.



Figura 11: Fotografia aérea em infravermelho, ano de 1978, da área de estudo destacando os vales retilíneos e profundos, encaixados em falhas/fraturas (algumas destacadas com retas brancas), com direções predominantes N40°-45°E, N80°E e N60°W que ocorrem, preferencialmente entalhando áreas do Complexo Granulítico.



Figura 12 : Escorregamentos translacionais rasos em áreas de mata.



Figura 13: Localidade de Alto Baú, atingida por fluxo de lama e detritos que escoou, mesmo sob baixa declividade, pelo vale principal, alimentado por escorregamentos translacionais rasos laterais em suas encostas. Ao fundo, observa-se lago/barragem formado pelo barramento da drenagem por deslizamento lateral. Posição do vale: seta 1 da Fig. 10.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os escorregamentos translacionais rasos (ou planares) foram os movimentos de massa mais frequentes e de maior porte que ocorreram no entorno do Morro do Baú, no episódio de novembro de 2008. Embora tenham ocorrido em praticamente todas as unidades geológicas, esse tipo de movimento mostrou incidência bem maior no domínio do Complexo Granulítico, devido ao fato dessa unidade possuir coberturas pedogenéticas muito espessas associadas às elevadas declividades das encostas de vales encaixados em falhas e fraturas. Embora possam ter sido em parte induzidos por procedimentos antrópicos como agricultura em encostas, desmatamento ou retirada seletiva de árvores de maior porte da mata, considera-se aqui que esses movimentos tiveram causas naturais, haja vista sua numerosa incidência em áreas de floresta densa, sem evidências de nenhuma ação humana, como mostram as Figuras 10 e 12. Por outro lado, observou-se também que muitas vezes esses

escorregamentos se assentam sobre extensos depósitos coluviais, no pé da encosta (Figura 14), que foram formados provavelmente por deslizamentos do mesmo tipo, porém de idade bem anterior ao início da colonização da área. Essa é outra evidência de que se trata de um processo natural.

Os escorregamentos rotacionais foram também movimentos de massa importantes e bastante numerosos, embora de menor porte, quando comparados aos anteriores. Ocorreram quase sempre relacionados a ações antrópicas como cortes de talude inadequados, ou sobrecarga da encosta devido ao peso de construções. Ocorreram principalmente nas áreas mais urbanizadas.

Um dos procedimentos básicos relacionados à prevenção dos danos causados por desastres de deslizamentos é o mapeamento prévio de áreas de risco e de áreas susceptíveis a esses eventos, como mostram Carvalho et al. (2007). Na elaboração desses mapas, é de fundamental importância a consideração dos diversos tipos de deslizamentos

relacionados às feições e elementos geológico-geomorfológicos aqui apresentados que muitas vezes controlam o desenvolvimento fluxo e direcionamento dos movimentos.



Figura 14: Residência danificada por escorregamento translacional raso (ao fundo). Observa-se que o escorregamento assentou-se sob depósito coluvial rico em matacões, formado por deslizamentos antigos, provavelmente do mesmo tipo.

## 7 REFERÊNCIAS

Augusto Filho, O. (1994). Cartas de risco a escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP. 1994. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Caldasso, A.L.S, Krebs, A.S.J., Silva, M.A.S, Camozzato, E., Ramgrab, G.E. (1995) Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Brusque, Folha SG 22-Z-D-II-1, Santa Catarina, Escala 1:50.000. CPRM. Brasília. 272p

Carvalho, C. S., Macedo, E. S. e Ogura, A. T. (orgs.). (2007) Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios – Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, Brasília, 176 p.

Castro, A. L. C. (2003). Manual de Desastres. Volume 1: Desastres Naturais. Brasília: MPO, 2003. 177 p.

Fernandes, N. F.; Amaral, C. P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia e meio ambiente. 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 123-194.

Hartmann, L.A., Silva, L.C., Orlandi F°, V. (1979) O Complexo Granulítico de Santa Catarina: Descrição e Implicações Genéticas. Acta Geológica Leopoldensia. São Leopoldo (RS). 3(6): 93-112.

Kaul, P.F.T, Fernandes, E., Santos Neto, A. (2003) Projeto Gerenciamento Costeiro – GERCO (3ª fase) – Geologia. Mapa Geológico Itajaí. 1:100.000. IBGE, Florianópolis (SC), 63p

Press, F, Siever, R, Grotzinger, J. e Jordan, T. H. (2004). Understanding Earth. W. H. Freeman and Co., New York.

Santos, Álvaro Rodrigues dos (2004) A Grande Barreira da Serra do Mar – da Trilha dos Tupiniquins à Rodovia dos Bandeirantes. O Nome da Rosa Ed. São Paulo, 122p.