

# IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE ÁREAS DE DEPÓSITO DE CORRIDAS DE DETRITOS ATRAVÉS DE TÉCNICAS FOTOINTERPRETATIVAS EM FOTOGRAFIAS ÁREAS: ESTUDO DE CASO NA BACIA SANTO ANTÔNIO, CARAGUATATUBA (SP)

Claudia Vanessa dos Santos Corrêa<sup>1</sup>, Fábio Augusto Gomes Vieira Reis<sup>2</sup>, Lucília do Carmo Giordano<sup>3</sup>,  
Hermes Dias Brito<sup>4</sup>, Marcelo Fischer Gramani<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Cemaden – Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais, Estrada Dr. Altino Bondensan, 500 - Distrito de Eugênio de Melo, São José dos Campos/SP, claudia.correa@cemaden.gov.br ; <sup>2</sup>Unesp Rio Claro, IGCE, DGA - Departamento de Geologia Aplicada, Av. 24-A, 1515, Jardim Bela Vista, Rio Claro/SP, fabioreis@rc.unesp.br; <sup>3</sup>Ecóloga, Eng. Ambiental, Dra. Geociências e Meio Ambiente, lcg@ecogeologia.com.br; <sup>3</sup>Unespetro, Unesp Rio Claro, IGCE, Av. 24-A, 1515, Jardim Bela Vista, Rio Claro/SP, hermesdb@rc.unesp.br; <sup>4</sup>IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, mgramani@ipt.br

## RESUMO

Em 18/03/1967 na região de Caraguatubá (SP) escorregamentos e corridas de detritos generalizadas foram deflagradas nas encostas da Serra do Mar, em função de fortes chuvas que assolaram a região. Assim, neste trabalho foram mapeadas e identificadas zonas de depósito referentes às corridas de detritos deste evento na bacia Santo Antônio, além de terem sido inferidas suas espessuras. A identificação e delimitação dos depósitos foram realizadas através de técnicas de sensoriamento remoto em fotografias aéreas, complementada por dados bibliográficos. As espessuras foram inferidas através dos trabalhos de campo, subsidiados pela literatura. Foram encontradas 5 zonas de depósitos, relativos ao evento de 1967, distribuídas nos rios tributários e no canal principal da bacia. A configuração do leque de deposição sugere que o processo se cessou na porção distal do primeiro alvéolo esquerdo da bacia Santo Antônio (primeiro morro esquerdo da bacia, considerando o sentido litoral- Serra do Mar).

**Palavras-chave** — corridas de detritos, fotografias aéreas, técnicas fotointerpretativas, mapa de isópacas, Serra do Mar.

## ABSTRACT

*On March 18, 1967, in Caraguatubá, Brazil, landslides and debris flows were triggered on the slopes of Serra do Mar, due to heavy rains that devastated the region. In this work, deposit zones were identified and mapped regarding the debris flows of this event in the Santo Antônio basin, and their thickness was inferred. The identification and delineation of the deposits were carried out using remote sensing techniques in aerial photos, complemented by bibliographic data. The thicknesses were inferred through the fieldworks and complemented by the literature. Five zones of deposits of debris flows were found, related to the event occurred in 1967, distributed in the tributary rivers and the main channel of the watershed. The configuration of the deposition fan suggests that the debris flows process*

*probably ceased in the distal portion of the first hill of the basin, considering the coastal direction- Serra do Mar.*

**Key words** — Debris flows, aerials photos, photointerpretative techniques, map of isopacs, Serra do Mar.

## 1. INTRODUÇÃO

As corridas de detritos são movimentos de massa que se desenvolvem ao longo de redes de drenagem e envolvem fluidos densos, compostos por materiais de diferentes granulometrias e composições, bem como quantidades variáveis de água, identificados como processos naturais da dinâmica e da modelagem da paisagem (Takahashi, 2014) [1]. As áreas mais susceptíveis a sua ocorrência no Brasil estão no sopé da Serra do Mar, da Serra da Mantiqueira e da Serra Geral, e no litoral norte do Estado de São Paulo foi registrado um grande evento de escorregamentos e corridas de detritos generalizadas em 18/03/1967, que afetou a região de Caraguatubá e São Sebastião, onde se encontra uma malha dutoviária associada a Unidades de Tratamento da Petrobras, outros empreendimentos e uma grande área urbana em crescimento.

O mapa de isópacas corresponde ao mapeamento e inferência de depósitos quaisquer e suas respectivas espessuras, através do emprego de fotointerpretação de imagens de sensoriamento remoto, trabalhos de campo e complementação de estudos de retro-análise (Corrêa, 2018) [2]. Nery (2016), baseando-se em literaturas a respeito da área de deposição de corridas de detritos, salientou que o reconhecimento destes fenômenos é realizado pela morfologia do seu depósito, observando um par de diques ou depósitos laterais ao longo do sulco principal e/ou lóbulos frontais no término do trajeto (Van Steijn, 1996; IPT, 2002) [3;4;5]. Segundo Van Steijn (op.cit.) estes elementos podem ser detectados no campo e a partir de fotografias aéreas, através de critérios fotointerpretativos como a tonalidade, pela largura do canal e por sua deposição em locais com declividades inferiores a 15° (Vandine, 1985) [4;6].

Assim, este trabalho objetiva apresentar o resultado do mapeamento das isópacas das corridas de detritos de 1967 ocorridos na bacia do Rio Santo Antônio, em Caraguatatuba (SP), com a finalidade de compreender a dinâmica do respectivo evento no local.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração do mapa de isópacas das corridas de detritos de 1967 na Bacia Santo Antônio foi realizada mediante a utilização de fotografias aéreas de 1973 (VASP, 1973) (Figura 1) e dados bibliográficos de Petri e Suguio (1971), Cruz (1974), Fúlfaro et al. (1976), Gramani (2001) e Nery (2016) [7;8;9;10;11;3]. Quanto aos procedimentos metodológicos, inicialmente as fotografias aéreas foram georreferenciadas e mosaicadas em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica/ *software ArcGis 10.2.2*). Posteriormente o delineamento da área de depósito foi efetuado a partir da fotografia aérea supracitada, utilizando-se as premissas Van Steijn (1996), IPT (2002) e os critérios fotointerpretativos de Vandine (1985), complementada com dados de Nery (2016) e Cruz (1974) [4;5;6;3;9]. Não obstante, as espessuras foram inferidas através dos trabalhos de campo efetuados e pelas observações e relatos de Cruz (1974), além de dados produzidos por Petri e Suguio (1971) [9;8]. Ademais, as considerações de Gramani (2001) e de Fúlfaro et al. (1976) também contribuíram para a delimitação do depósito e estimativas das espessuras [11;10].



Figura 1. Fotografia aérea da VASP (1973) utilizada para delimitação das áreas de depósito de corridas de detritos do evento de 18/03/1967 em Caraguatatuba (SP).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram encontradas 5 zonas de depósitos de corridas de detritos, relativos ao evento ocorrido em 1967, distribuídas nos rios tributários e no canal principal da bacia (Figura 2).

A delimitação das áreas de depósito seguiu critérios fotointerpretativos, baseados em sua morfologia, tonalidade, largura do canal e localização, que dar-se-à em zonas de baixa declividade. A tonalidade de depósito foi exibida como esbranquiçada para o caso da fotografia área utilizada, as áreas de deposição do material se deram em zonas menores de 5°, de maneira geral, e a morfologia identificada foi a de um leque (Figuras 1 e 2).

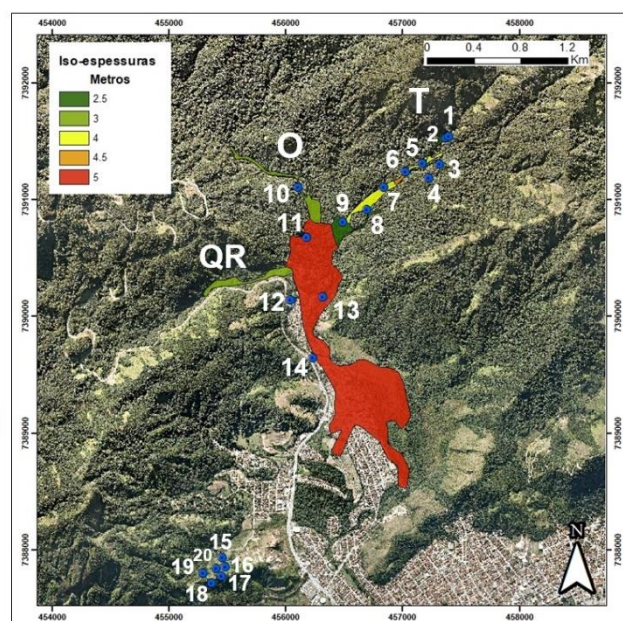


Figura 2. Mapa de isópacas do depósito dos fluxos de detritos de 1967 na Bacia Santo Antônio (Caraguatatuba/ SP). A área em verde escuro tem 2.5 metros de espessura de depósito, em verde claro 3 metros, em amarelo 4 metros, laranja 4.5 metros e a área de deposição ao longo do rio principal da bacia, em vermelho, possui 5 metros.

O mapeamento realizado por Cruz (1974) foi utilizado com cautela, pois no setor jusante da bacia, na planície aluvial e costeira, a autora também delimitou depósitos de corridas de lama e da enchente [9]. De modo a facilitar a discussão dos resultados, os canais/ vales tributários da drenagem principal da bacia foram denominados de “T” (tributário), “O” (correspondente ao Ribeirão do Ouro) e “QR” (Córrego Quinhentos Réis) (Figura 2).

No vale da drenagem “T” foram realizados nove pontos de campo, no qual foram estabelecidas 3 zonas de espessuras, de montante à jusante: 2.5, 4, 4.5, 4 e 2.5 metros (Figura 2).

No ponto um e dois (zona de isópacas de 2.5 metros) foram encontrados muitos blocos, que em sua maioria possuíam tamanhos métricos em seu eixo maior. Assim, foi

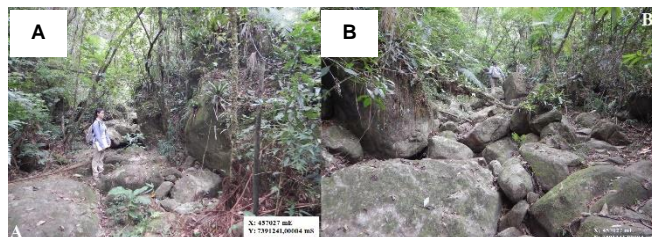
observado que uma das margens do rio no ponto um possuía uma espessura de deposição de material de cerca de 2.5 metros (Figura 3).



**Figura 3.** Observações de campo evidenciando espessuras de depósitos do processo de fluxo de detritos de 1967 e tamanhos dos blocos. As fotografias A e B referem-se ao ponto um, ao passo que a C foi registrada no ponto dois. No ponto um observa-se uma deposição com espessura estimada de pelo menos 2.5 metros. Na figura A é possível notar o imbricamento dos blocos e o seu tamanho, cujo eixo maior varia entre centimétrico a métrico. No ponto dois são observados blocos com maior tamanho em eixo. Fonte: Arquivo pessoal Fábio Augusto Gomes Vieira Reis.

A zona de espessura de 4 metros foi estimada a partir de 3 pontos de campo, com complementação de outros 2: cinco, sete, três e quatro, sendo que os dois últimos foram coletados em uma porção mais superior do talude. Nestes pontos foram também observadas a deposição de muitos blocos, no leito e nas margens do rio tributário.

A zona de espessura de 4.5 metros foi delimitada a partir das observações de campo do ponto seis, localizado no vale do tributário “T” (Figura 2). Na zona de espessura 2.5 metros foram realizadas duas observações em campo: pontos oito e nove (Figura 2). O ponto nove corresponde ao exutório da drenagem “T”, cuja confluência se dá posteriormente ao canal principal da bacia Santo Antônio e o ponto oito está inserido em uma das drenagens tributárias do mesmo rio (Figura 4).



**Figura 4.** Registro de campo do ponto seis. Nas fotografias A e B é possível observar um grande acúmulo de bloco, com tamanhos variáveis (centimétricos a métricos), porém há predominância de blocos de eixo maior maiores. Na figura A é possível estimar em 4.5 metros a altura do bloco. Fonte: Arquivo pessoal Fábio Augusto Gomes Vieira Reis.

A zona de espessura de 3 metros, situada no vale do tributário “O” (Ribeirão do Ouro) foi delimitada e estimada por fotointerpretação, atividades de campo (ponto 10) e bibliografias [11;13;9] (Figura 5).

A zona de espessura de 3 metros no vale do tributário “QR” (Córrego Quinhentos Réis) foi estimada a partir de dados bibliográficos, uma vez que em campo não foi

possível visitar o local, devido ao seu difícil acesso. Assim, baseado em relatos de Cruz (1974), nas quebras de relevo, no formato do vale e cicatrizes de Fúlfaro et al. (1976), foi estabelecida a espessura de 3 metros para a região [9;10].



**Figura 5.** Deposição dos depósitos nos rios tributários do Santo Antônio. Segundo Cruz (1974), (A) O baixo vale do Rio Mantegueira, localizado na porção superior à direita da bacia (tributário do Ribeirão do Ouro) transformou-se em um “rio de pedras”, (B) formando vastos taludes de detritos em poucas horas, com blocos de mais de 3 metros de eixo maior (CRUZ, 1974). Segundo a mesma autora, os blocos maiores foram depositados nos pés das escarpas, formando grandes taludes de detritos.

A zona de espessura de 5 metros, localizada na planície aluvial do Rio Santo Antônio foi delimitada e estimada a partir de alguns pontos de campo realizados no local (11, 12 e 14), além de complementações por parte da bibliografia existente [9;11;3]. Cabe destacar que o ponto 13 foi obtido em relevo de meia encosta e os resultados encontrados foram referentes ao processo de escorregamento, e não de fluxo de detritos.

Adicionalmente, está registrada nas obras de Cruz (1974) e de Gramani (2001) que ao longo da bacia Santo Antônio, em sua planície aluvial, foram criados depósitos de 4 a 5 metros de espessura, com blocos de 5 metros de eixo maior [9;11]. Nesse sentido, foi verificado em campo que a deposição de blocos provavelmente se cessou na porção distal do primeiro alvéolo esquerdo da Bacia Santo Antônio (primeiro morro esquerdo da bacia, considerando o sentido litoral- Serra do Mar), e, portanto, a planície a qual os autores se referem é a zona de espessura de 5 metros, uma vez que a sua jusante ocorreu o processo de fluxo de lama e enchente. Assim, a configuração final da respectiva zona também seguiu estas assertivas.

Destaca-se que nos pontos de campo de 15 a 20 foram registrados indícios apenas de eventos relacionados aos escorregamentos, uma vez que estes foram realizados no relevo de meia-encosta e no topo do primeiro alvéolo direito da Bacia Santo Antônio. Assim, a etapa de fotointerpretação das fotos aéreas de 1973 e as cicatrizes de escorregamento elaboradas por Fúlfaro et al. (1976) corroboraram tal afirmativa [10].

## 5. CONCLUSÕES

As corridas de detritos que ocorreram na bacia do rio Santo Antônio, em Caraguatatuba (SP) foram deflagradas por escorregamentos nas encostas da Serra do Mar, que atingiram os canais tributários da respectiva bacia, e, posteriormente, a drenagem principal. De maneira geral, observou-se que as zonas de deposição dos fluxos dão-se preferencialmente em regiões de baixa declividade ( $<5^\circ$ ).

Pela configuração do leque de deposição o fluxo de detritos de 1967 provavelmente se cessou na porção distal do primeiro alvéolo esquerdo da bacia Santo Antônio (primeiro morro esquerdo da bacia, considerando o sentido litoral - Serra do Mar). Outros autores sugerem outras configurações, porém, acredita-se que estes tenham considerado os processos consequentes que ocorreram no local (corrida de lama e enchente). O volume mobilizado envolveu materiais de diferentes composições, tais como materiais de alteração advindos das encostas, blocos rochosos e troncos lenhosos.

## 6. REFERÊNCIAS

[1] Takahashi, T., “Debris flow: mechanics, prediction and Countermeasures”, London: Taylor & Francis Group, 2014.

[2] Corrêa, C.V.S., “Modelagem morfométrica para avaliação da potencialidade de bacias hidrográficas a corridas de detritos: proposta aplicada em Caraguatatuba (SP) e São Sebastião (SP)”, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, IGCE – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 275 pp., 2018.

[3] Nery, T.D., “Dinâmica das corridas de detritos no Litoral Norte de São Paulo”, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 164 pp., 2016.

[4] Van Steijn, H., “Debris-flow magnitude-frequency relationships for mountainous regions of Central and Northwest Europe”, *Geomorphology*, v. 15, 259-273 pp., 1996.

[5] IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, “Reconhecimento, caracterização e monitoramento de locais potencialmente sujeitos a instabilizações na Serra do Mar na área de influência dos diversos Sistemas de Captação e Abastecimento de Água e de Tratamento de Esgoto”, IPT: São Paulo, Relatório n. 59123, 2002.

[6] Vandine, D.F., “Debris flows and debris torrents in the Southern Canadian Cordillera”, *Canadian Geotechnical Journal*, v. 22, 44-68 pp., 1985.

[7] VASP - Viação Aérea São Paulo. “Fotografias Aéreas em escala 1:25.000”, 1973.

[8] Petri, S.; Suguio, K., “Características granulométricas dos materiais de escorregamentos de Caraguatatuba, São Paulo, como subsídio para o estudo da sedimentação Neocenozóica do Sudeste

Brasileiro”, *Congresso da Sociedade Brasileira de Geologia*, 25., 71-82 pp., 1971.

[9] Cruz, O., “A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba-SP – contribuição à geomorfologia litorânea tropical”, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1974.

[10] Fúlfaro, V.; Ponçano, W.L.; Bistrichi, C.A.; Stein, D.P., “Escorregamentos de Caraguatatuba: expressão atual, e registro na coluna sedimentar da planície costeira adjacente”, *Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia*, 1., v. 2, 341-350 pp., 1976.

[11] Gramani, M.F., “Caracterização geológica-geotécnica das corridas de detritos (‘Debris Flows’) no Brasil e comparação com alguns casos internacionais”, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Solos, EPUSP - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 372 pp., 2001.