

**DETERMINAÇÃO DOS FATORES PREDISPONENTES E
DEFLAGRADORES DA AVALANCHE DE ROCHAS OCORRIDA EM 15 DE
NOVEMBRO DE 2011, BACIA DO RIO DO ENTUPIDO, QUELUZ-SP**

Ewerton da Silva Guimarães¹; Jefferson de Lima Picanço²; Celso Aluísio Graminha³

Resumo – No dia 15 de Novembro de 2011 ocorreu uma avalanche de rochas nos arredores do município de Queluz-SP, região da Serra da Mantiqueira, na bacia do Rio do Entupido e inserido no Maciço Alcalino de Passa-Quatro. Os principais fatores que condicionaram tal evento são as estruturas rúpteis juntamente com os processos que degradam as forças de coesão interna do maciço, como por exemplo, o acúmulo de água entre fraturas. Tal acúmulo resulta no aumento da pressão interna do maciço e, também, intensifica o intemperismo químico em seu interior, gerando argilominerais que, por sua vez, geram zonas de fraqueza. Adicionalmente, nos dias 14 e 15 de novembro de 2011, foram registrados consideráveis índices de chuva acumulada, que podem estar diretamente relacionados aos fatores deflagradores do evento. Foi também verificado que, apesar de raro, são encontradas evidências de que eventos semelhantes já ocorreram na região, mesmo que numa escala de tempo milenar.

Palavras-Chave – Avalanche de Rochas; Escorregamento de Rochas; Fatores Predisponentes; Fatores Deflagradores; Serra da Mantiqueira; Maciço Alcalino de Passa-Quatro

Abstract – On November 15th, 2011 a Rock Avalanche came to happen on the outskirts of the municipality of Queluz-SP, in the region of the Mantiqueira Mountain Range and within the Passa-Quatro Massif Alkaline. The main factors that led to this event were the brittle structures together with internal cohesion forces degrading processes such as water accumulation within fractures. Such accumulation increased internal pressure in the massif as well as intensified chemical weathering, producing clayey-minerals, which in turn, created weak zones. Additionally, on November 14th and 15th, 2011 considerable amounts of rainfall were registered, which could be directly related to the triggering factors of this event. It was also verified that, although rare, evidences of similar events can be found in the region.

Keywords – Rock Avalanche; Rockslide; Predisposing Factors; Triggering Factors; Mantiqueira Mountain Range; Passa-Quatro Alkaline Massif

¹ Geól. Universidade Estadual de Campinas, ewerton.sguimaraes@gmail.com

² Geól. Dr, Universidade Estadual de Campinas, jeffpicanco@ige.unicamp.br

³ Geól. Msc, Universidade Estadual de Campinas, celsoaluisio@ige.unicamp.br

1. INTRODUÇÃO

Os escorregamentos envolvendo blocos de rocha, tais como os escorregamentos planares ou em cunha, queda ou tombamento de blocos merecem, pelo risco oferecido, um cuidado especial em seu estudo e estabelecimento de trajetórias de caminamento (*runout paths*). Quedas e tombamentos de blocos podem desestabilizar os solos ou rochas nas áreas atingidas, gerando *debris flows* ou avalanches (Hung, 2016). Movimentos translacionais de rocha podem, por sua vez, dar origem a movimentos mais complexos, como escorregamentos de rocha/avalanches (Hung *et al.*, 2014).

A ocorrência destes movimentos gravitacionais de massa (MGM) está relacionada com a perda de coesão e diminuição da fricção interna dos maciços rochosos (Eberhardt *et al.*, 2016). Longe de serem estáveis, os maciços rochosos estão em contínuo processo de perda de resistência interna, que pode levar à ruptura. Tais processos podem ser milenares, como o estabelecimento das fraturas de extensão e o fraturamento inicial do maciço. Ou podem ser transientes, como perdas de coesão durante terremotos ou por rompimento de pontes rochosas (*rock bridge failures*). Perdas transientes também podem ocorrer por perda de resistência por redução da fricção interna das fraturas. Outros processos de perda de resistência interna de maciços rochosos podem ser sazonais, como variações de tensão em fraturas devido a flutuações do lençol freático (Eberhardt *et al.*, 2016; Figura 1).

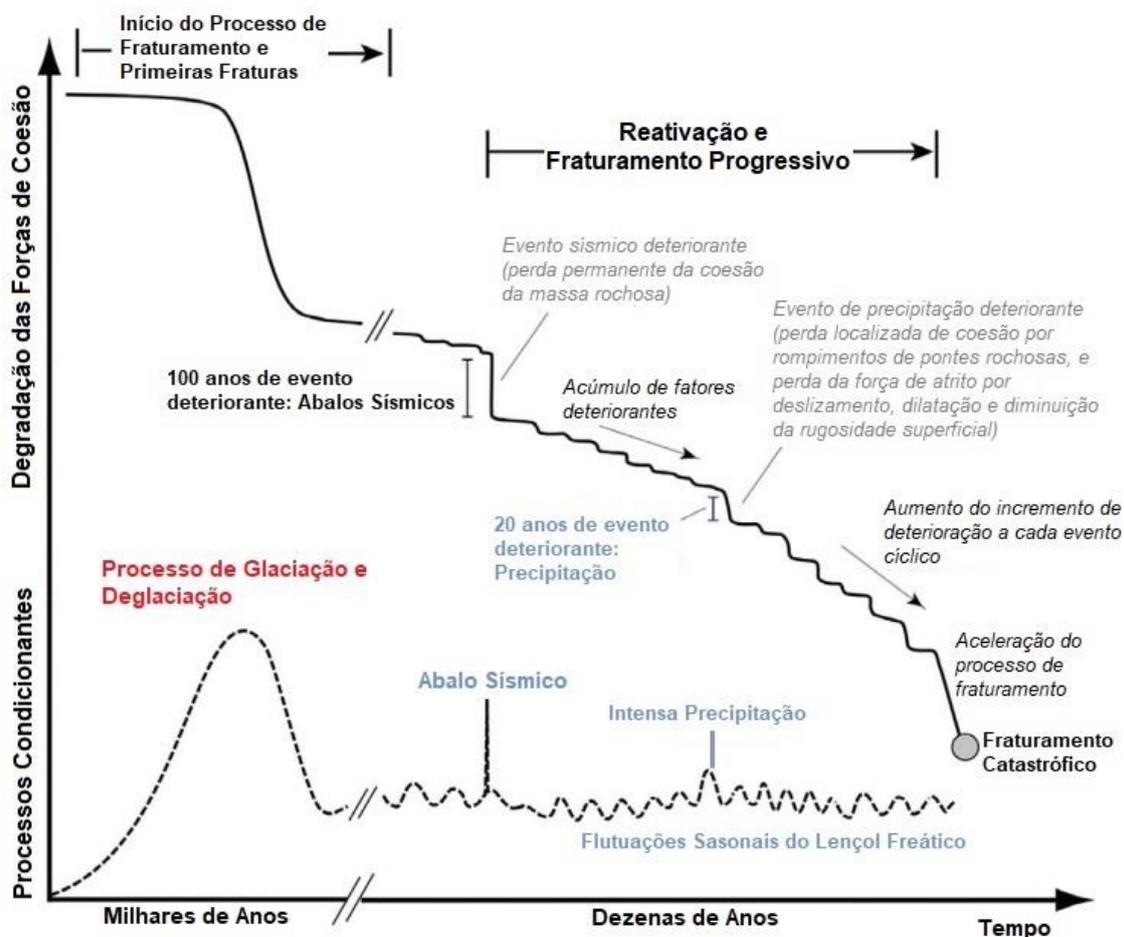


Figura 1: O papel dos processos condicionantes cíclicos (e.g., terremotos, mudanças na pressão de água) na degradação das forças de coesão de uma encosta, resultando em falhamento catastrófico. Os fatores deteriorantes são acumulados devido a eventos sazonais ou eventos extremos de curta duração. Adaptado de Eberhardt *et al.*, 2016. Tradução própria.

A existência de movimentos de massa que combinam um ou mais tipos de movimento são denominados por Hung *et al.*, 2014 de movimentos compostos. Um dos tipos discutidos neste artigo são os escorregamentos de rocha/avalanches. Nesta situação há a combinação de escorregamento de grandes massas rochosas em encostas íngremes que acabam por perder sua

coesão por atrito entre blocos, com a geração de avalanches de rocha com grande mobilidade (Hungre et al., 2016). Em geral, a superfície de ruptura ocorre pela interconexão de fraturas pré-existentes com fragmentos intactos de rocha (*rock bridges*) (Eberhardt et al., 2016).

Estes grandes escorregamentos de rocha podem gerar uma fragmentação tão intensa do material que dão origem a avalanches. Estas avalanches são fluxos extremamente rápidos de material fragmentado. Estes fluxos podem ocorrer sem a presença de grande quantidade de água e alcançam uma mobilidade muito grande. Estas avalanches movem-se sob uma camada de ar próxima a superfície, em geral carreando depósitos de solo e detritos que encontram pelo caminho. Estes materiais são liquefeitos à passagem da avalanche por carregamento estático não drenado (Sassa e Wang, 2005; Hungre, 2016).

Entender os processos condicionantes e deflagradores é uma maneira que encontramos de entender e realizar o zoneamento de zonas de suscetibilidade destes fenômenos. Ainda entendemos pouco sobre os processos de formação e desencadeamento destes tipos de fenômeno nas regiões serranas brasileiras, como por exemplo, a Serra da Mantiqueira.

Este trabalho busca identificar e discutir os fatores predisponentes e deflagradores de um evento deste tipo ocorrido em 15 de novembro de 2011, na região rural ao norte do município de Queluz-SP (Figura 2).

O escorregamento de rochas seguido de avalanche ocorreu no canal do Rio do Entupido, localizada no Maciço Alcalino de Passa-Quatro (MAPQ), na Serra da Mantiqueira. Egas et al. (2015) estimaram um volume de aproximadamente 100.000 m³ de material escorregado, que após atingir a calha do rio se deslocou por cerca de 600 m ao longo do vale (Figura 3).

2. METODOLOGIA

Este trabalho envolveu trabalhos de campo e escritório (Figura 4). As informações foram coletadas em mapas, imagens e modelos digitais de elevação (MDE). As fotos da cicatriz e dos depósitos foram tiradas no dia 22/11/2011, logo após a sua ocorrência. As fotos foram feitas pelo Sr. Cosme, funcionário da SABESP, que esteve no local logo após a ocorrência.

As Estações cujos dados pluviométricos foram aqui discutidos estão localizadas na Figura 2. Estes dados foram fornecidos pelo CEMADEN. Foram analisados dados das estações pluviométricas Passa-Quatro (Estação Passa-Quatro A-529, INMET), Piquete (Estação Piquete INPE-OIKOS) e das estações Cruzeiro, Brejetuba e Queluz. Estas estações, pertencentes ao DAEE-SP, encontram-se atualmente desativadas.

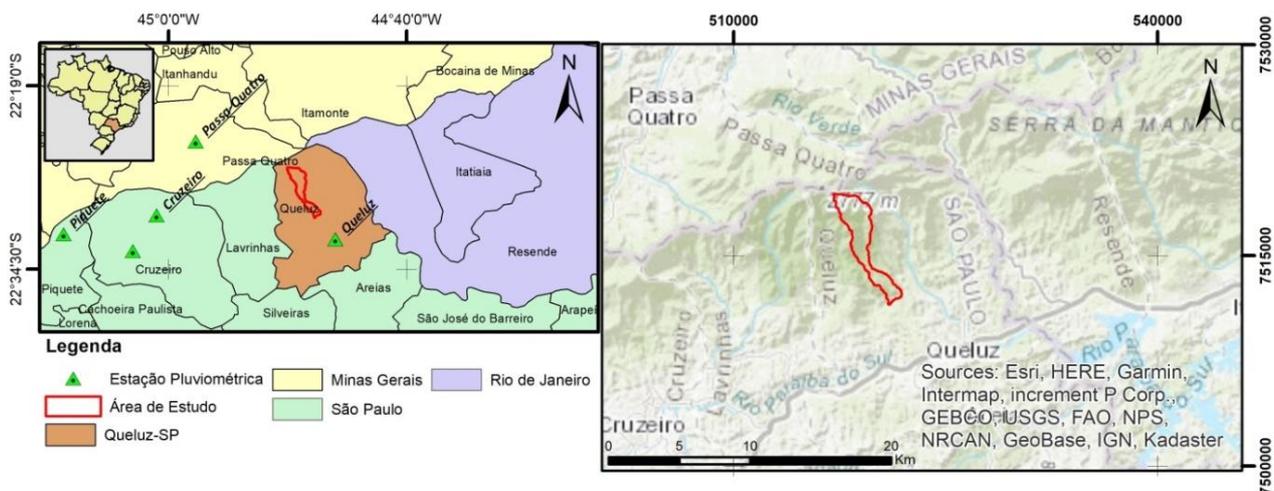


Figura 2: Mapa de localização da bacia do rio Entupido (Queluz-SP), com a localização dos pluviômetros cujos dados estão discutidos no texto.

A análise do acumulado de chuva diária para as estações Passa-Quatro e Piquete abrange o período de 01/10/11 a 30/11/11. Os dados são das estações do INMET (Passa-Quatro) e INPE-

OIKOS (Piquete) para os anos de 2008 a 2014, e das estações já desativadas do DAEE (Cruzeiro, Brejetuba e Queluz) para os anos de 1957 a 1995 (Cruzeiro), 1972 a 1996 (Brejetuba) e 1956 a 1994 (Queluz).

Foram elaborados diversos mapas a partir de um MDE (modelo digital de elevação) com resolução espacial de 5 m fornecido pela EMPLASA (Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A). Resumidamente, a Figura 4 apresenta o fluxograma explicativo da elaboração dos mapas.

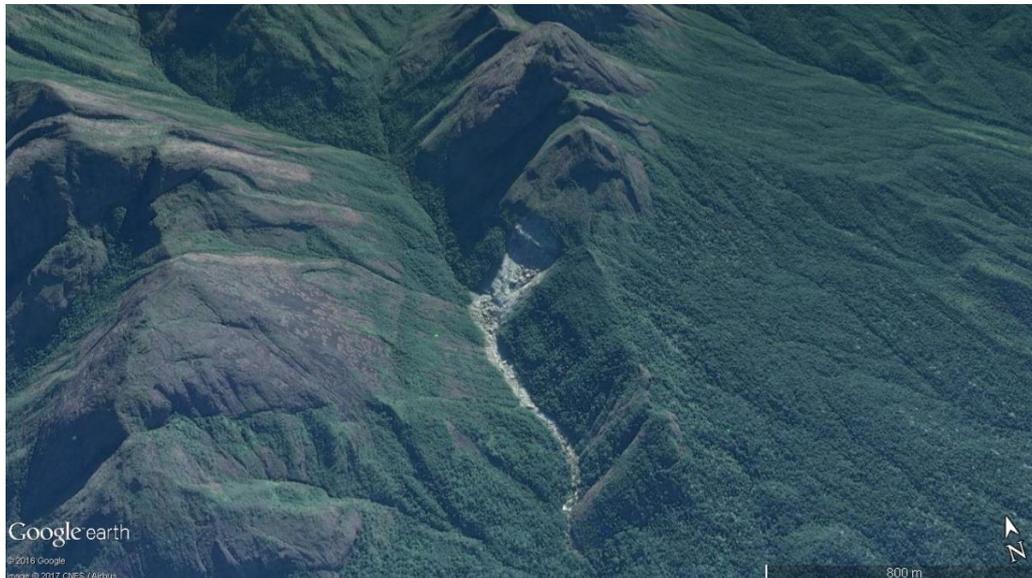


Figura 3: Vista geral do MGM. Fonte: *Google Earth Pro*.

Primeiramente, utilizou-se a ferramenta *ArcHydro* da plataforma *ArcGIS 10.5* para selecionar e recortar a Bacia Hidrográfica do Rio do Entupido. Em seguida, foram extraídos os lineamentos através da análise do próprio recorte do MDE utilizando a técnica de sombreado de relevo. Para tanto foram realizadas quatro análises, sendo que em cada uma a aplicação de luz foi feita em uma posição diferente, sendo tais posições 315°, 225°, 135° e 45° de azimute e 45° de elevação. Após este processo, utilizou-se a ferramenta *Line Density (Spatial Analyst)* para produzir o mapa de densidade de lineamentos. Já o mapa de declividade foi obtido aplicando-se a ferramenta *Slope (Spatial Analyst)*.



Figura 4: Fluxograma dos processos operacionais realizados.

3. A BACIA DO RIO ENTUPIDO

A bacia do rio Entupido, no município de Queluz está localizada no Maciço Alcalino de Passa-Quatro (MAPQ). Este maciço é uma estrutura intrusiva de idade mesozóica-cenozóica, composta em grande parte por rochas sieníticas, encaixada em rochas pré-cambrianas do embasamento da porção central da Faixa Ribeira (Hasui & Oliveira, 1984). O MAPQ, junto com os maciços alcalinos do Itatiaia e de Poços de Caldas, está inserido no contexto do Alinhamento Magmático de Cabo Frio (Riccomini *et al.*, 2004).

Na área superior da bacia do Rio do Entupido, as rochas são principalmente sienitos acinzentados, com granulação média a grossa. Grandes blocos de sienito são descritos nos talus e colúvios de sopé da serra. Na porção inferior, mais plana, ocorrem gnaisses do embasamento da Faixa Ribeira.

A região do MAPQ é também significativamente afetada pelos esforços neotectônicos, que são importantes agentes na evolução da Serra da Mantiqueira e estão intimamente relacionados ao evento de formação do Rife Continental do Sudeste do Brasil. Evento este que foi classificado em cinco diferentes estágios, sendo que o último (estágio compressional E-W) se iniciou no Holoceno e continua ativo no presente (Riccomini, 1989; Salvador & Riccomini, 1995).

A atuação dos esforços neotectônicos na região do MAPQ pode ser vista na forma de facetas trapezoidais ou triangulares nas vertentes regionais (Egas *et al.* 2015). Estas podem favorecer a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa devido à presença de zonas de fraquezas (Hamblin & Christiansen, 2004).

Assim como os esforços neotectônicos, as condições climáticas no Quaternário também tiveram atuação fundamental na evolução da geomorfologia da região. Assim como explica Neto *et al.* (2015), o clima oscilava entre períodos glaciais e interglaciais. Essas oscilações tiveram um papel fundamental na evolução da Serra da Mantiqueira devido aos processos de hidrofraturamento (ciclos de congelamento e derretimento), assim como demonstrado por Modenesi (1992).

4. RESULTADOS

4.1. Dados Pluviométricos

Como pode ser observado na Tabela 1, verifica-se um acumulado de chuva de 68,8mm/48h na estação Passa-Quatro, entre os dias 14/11 e 15/11 (período da ocorrência). Na estação Piquete, observou-se um acumulado de chuva de 95 mm/48h para o mesmo período. Calculando-se a média do valor acumulado de chuva em ambas as estações e para o mesmo período, obtém-se o valor de 81,9 mm (Tabela 1).

Tabela 1: Chuva acumulada em 48h, entre os dias 14 e 15/11/2011 nas Estações Piquete e Passa-Quatro e sua respectiva média

<i>Estação</i>	<i>Chuva acumulada (48h)</i>
Piquete	95
Passa-Quatro	68.8
Média	81.9

Foram também analisados dados históricos de chuva para o mês de novembro (Tabela 2), calculado a partir dos dados históricos do DAEE, INMET e INPE. Com estes dados foram analisadas as tendências regionais de pluviosidade. A média do total de chuva obtida para o mês de novembro/2011 (Tabela 1) corresponde a 43,7% do total de chuva esperada para todo o mês de novembro (Tabela 2).

Tabela 2: Média do total de chuva (mm) para o mês de novembro

<i>Estação</i>	<i>Chuva média (mm)</i>
Cruzeiro	199.22
Brejetuba	179.9
Queluz	165.03
Piquete	246.46
Passa-Quatro	145.49
Média	187.22

Análises qualitativas de imagens instantâneas de radar do Pico do Couto, fornecidas pelo CEMADEN, para o período da ocorrência (novembro/2011) permitiram estimar que, em um período de 72h, o acumulado de chuva na região pode ter alcançado um valor próximo a 100 mm (Egas *et al.*, 2015). Este valor é semelhante ao de chuva acumulada em 48h registrado na estação de Piquete.

4.2. Declividade

A bacia do Rio do Entupido apresenta duas porções bem distintas (Figura 5). Ao Norte, apresenta relevo mais alto, com declividades altas a muito altas (> 30°), com drenagens encaixadas. Na sua porção Sul até o exutório, na sua barra no rio Paraíba do Sul o relevo é mais plano, com declividades entre 30° até próximo de zero. Na Figura 5B é possível observar essa distinção entre o setor Norte e Sul da bacia através de um perfil longitudinal. Egas *et al.* (2015) classificaram tais setores como trecho serrano (setor Norte, onde se encontra o MGM) e trecho do Vale do Rio Paraíba do Sul (setor Sul), com inclinações médias de 14° e 5°, respectivamente.

É possível notar, também, que a calha do rio apresenta uma forma de “V” (Figura 5C). Isto poderia estar associado ao maior poder erosivo do Rio do Entupido devido à declividade do seu perfil longitudinal nesta área, de aproximadamente 14°. Também pode estar relacionado ao fato do canal estar encaixado em estruturas geológicas. Segundo NETO *et al.* (2015), drenagens encaixadas são comuns na área devido ao neotectonismo regional.

A inclinação média da encosta que colapsou tem um valor de declividade em torno de 30°. O cálculo foi feito através da fórmula $\sin \alpha = \frac{\Delta H}{\Delta L}$, onde α é a declividade média em graus, ΔH é a variação de altitude do MGM entre topo e base e ΔL é a distância horizontal entre topo e base.

4.3. Estruturas Rúpteis

As estruturas rúpteis na bacia do rio Entupido são fraturas que cortam as rochas sieníticas do Maciço Alcalino de Passa-Quatro. A análise das estruturas rúpteis realizada em ambiente SIG (Figura 6) mostrou várias regiões onde a densidade de fraturas é maior nas vertentes da bacia do Rio do Entupido. A densidade de estruturas varia de média a alta na área onde se encontra a cicatriz do MGM na Figura 7.

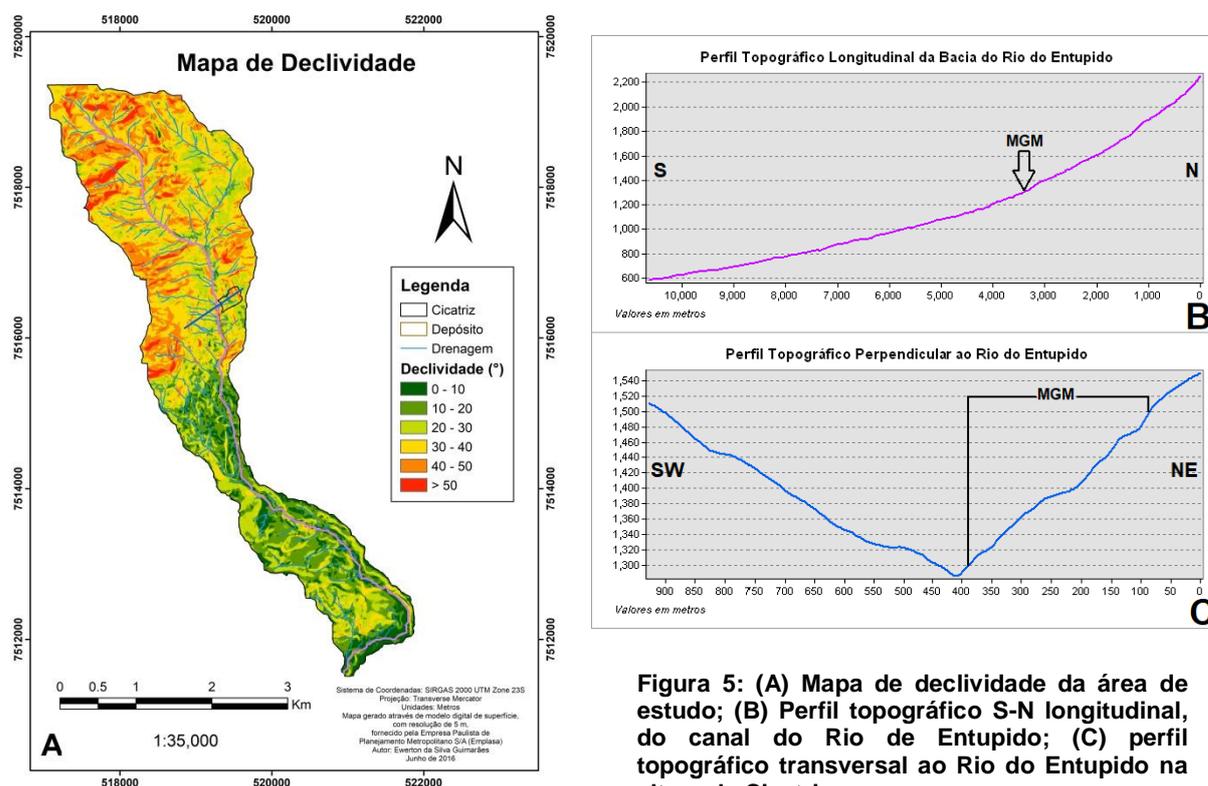


Figura 5: (A) Mapa de declividade da área de estudo; (B) Perfil topográfico S-N longitudinal, do canal do Rio de Entupido; (C) perfil topográfico transversal ao Rio do Entupido na altura da Cicatriz.

Foram observadas duas famílias principais de fraturas. Ambas as famílias têm direção NW-SE. Uma das famílias tem direção paralela à vertente, com caimento médio de 30°. A persistência destas fraturas é grande, ultrapassando a área da cicatriz. Foram estimadas persistências de mais de 50 metros. Estas famílias de fraturas são provavelmente fraturas de descompressão extensionais. A segunda família de fraturas tem alto mergulho com rumo de caimento ortogonal à vertente (Egas *et al.*, 2015). Também possui elevada persistência, atingindo valores de até 20 m. A intersecção destas duas famílias de fraturas forma blocos quadrangulares com dimensões métricas e grandes volumes (Figuras 7 e 8). A disposição destes blocos é favorável à superfície de escorregamento com caimento perpendicular à vertente. A associação destas duas famílias de fraturas é responsável pelo padrão em degraus observado na superfície de deslizamento da cicatriz do escorregamento (Figura 8).

São observáveis muitas fraturas vivas em rocha sã na superfície principal de escorregamento e em diversos blocos rolados (Figura 8B). Estas fraturas em rocha sã são possivelmente pontes de rocha (*rock bridges*) rompidas durante o colapso da encosta.

As estruturas rúpteis permitem a entrada de água no maciço, que age diretamente na rocha através do intemperismo químico, contribuindo para a redução da fricção interna do maciço. Este processo é evidenciado por zonas intemperizadas do maciço. Estas zonas estão visíveis também nas faces intemperizadas dos blocos de rocha rolados durante o MGM (Figura 9). As porções em rocha viva nos blocos do sopé podem evidenciar as pontes de rocha (*rock bridges*) existentes ao longo da superfície principal.

5. DISCUSSÃO

Processos de escorregamentos de rocha estão relacionados com a perda de coesão interna do maciço. Estes processos envolvem: a) fraturas grandes e persistentes formando blocos isolados com caimento para a vertente; b) diminuição do atrito pela intemperização das superfícies fraturadas e diminuição da resistência ao atrito das superfícies rochosas; e c) alterações sazonais na pressão de água nas fraturas (Eberhardt *et al.*, 2016).

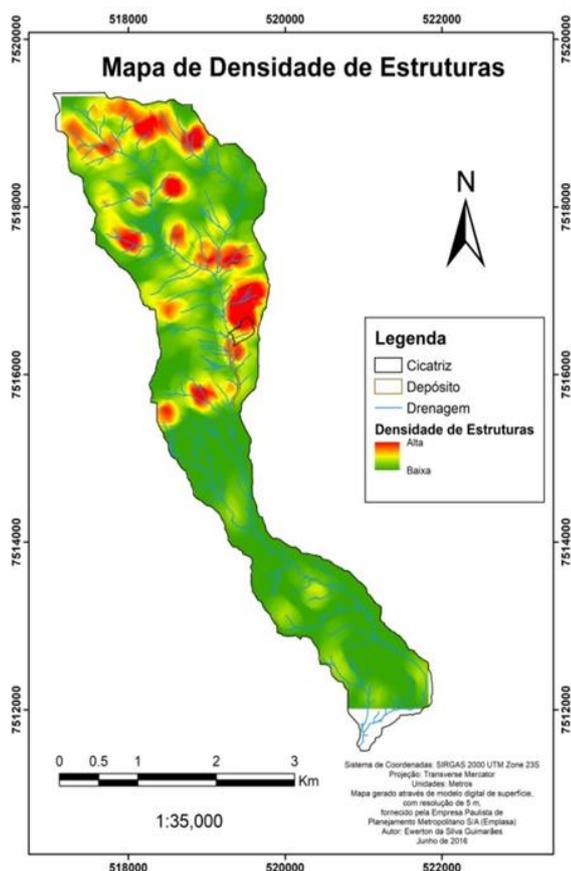


Figura 6: Mapa de densidade de lineamentos.

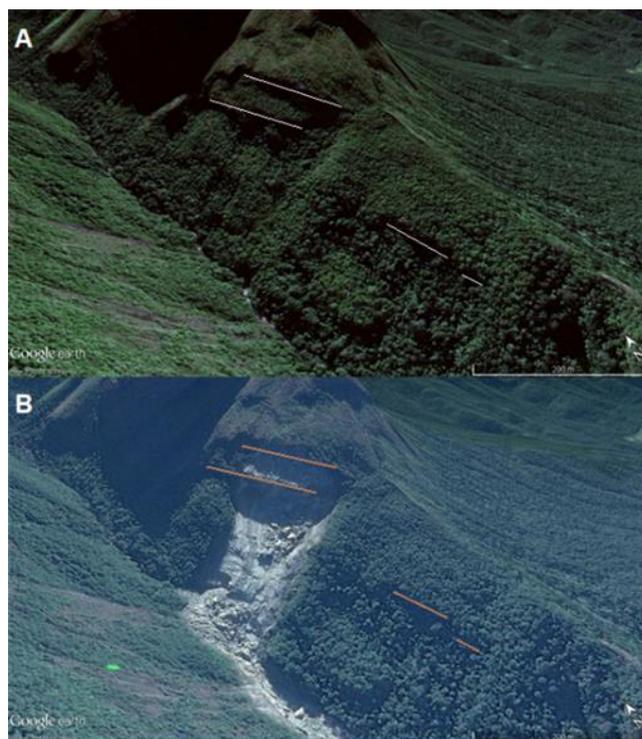


Figura 7: A) antes do MGM mostrando as fraturas principais e B) depois do MGM Extraído de: Google Earth Pro.



Figura 8: Vista frontal da cicatriz do escorregamento, mostrando estruturas Geológicas. Imagem A: orientação da principal família de fraturas; Imagem B: fraturas vivas em rochas sãs (setas alaranjadas). Fonte: Cosme/SABESP (22/11/2011).

Para o surgimento de uma grande superfície planar de ruptura, é necessário que as pontes de rocha sejam todas rompidas. Isso pode acontecer pelo rompimento súbito das pontes de rocha, levando a um colapso do maciço (Hungar, 2016).

A presença de água no sistema demonstra ser um dos agentes deflagradores mais importantes. A quantidade de chuva acumulada durante os dias 14 e 15/11/11 sugerem uma relação direta com a deflagração do MGM. A água acumulada entre as estruturas da encosta colapsada aumenta pressão interna do maciço rochoso. A presença da água também atua na diminuição da resistência ao cisalhamento da encosta, relacionada também à existência de argilominerais nas fraturas da rocha.

Após o colapso inicial, o material adquire grande energia, e ao descer a encosta acaba por provocar o rompimento dos materiais subjacentes. Tanto blocos de rocha quanto antigos depósitos de tálus podem ser rompidos e liquefeitos por processo de saturação não drenada (Sassa, e Wang, 2005), incorporando-se ao material que desce a vertente. A subsequente avalanche é formada por blocos de rocha e fragmentos de diversas naturezas, com um comportamento não newtoniano. A cauda do material fluidificada, desta forma, viajou por cerca de 600 metros até cessarem as forças atuantes.

Este fenômeno é relativamente raro, mesmo nestas encostas serranas. Entretanto, o formato em degrau, encontrado em várias vertentes, mostram que tal fenômeno ocorre dentro destes vales íngremes, mesmo que em escalas temporais milenares. Sempre que a estabilidade do maciço alcançar um limiar próximo da ruptura, pequenas variações cíclicas de água nas fraturas do maciço como verificado nos dias anteriores, podem desencadear o fenômeno (Eberhardt *et al.*, 2016).



Figura 9: Vista frontal da cicatriz do escorregamento. As setas pretas indicam as faces que apresentam capa de intemperismo; as setas de cor branca apontam as faces ainda sãs ou com capa de intemperismo pouco desenvolvida (prováveis pontes de rocha). Fonte: Cosme/SABESP (22/11/2011).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O evento estudado ocorreu devido à diminuição da estabilidade do maciço. Esta redução de estabilidade está ligada principalmente ao fraturamento, que provoca o surgimento de blocos isolados em superfícies prontas a deslizar. A diminuição do atrito por intemperismo de fraturas e diminuição de rugosidade dos materiais também é importante. A água, entretanto, pode ser um dos fatores responsáveis pelo colapso final do maciço.

Durante os dias 14 e 15/11/2011, foi registrado um acúmulo de chuva de aproximadamente 80 mm, ou seja, aproximadamente 40% do valor de chuva acumulada esperado para o mês de novembro. Não é possível afirmar que esta quantidade de chuva acumulada foi anormal, porém, pode-se afirmar que foi suficiente para desencadear o processo. Com a instabilização do maciço, houve provavelmente o rompimento das pontes de rocha e o maciço rochoso isolado deslizou ao longo de uma superfície relativamente plana e homogênea. Com a energia dissipada, o material foi carregado na forma de uma avalanche.

Estas observações trazem consequências para o estabelecimento de zoneamentos de risco para avalanches relacionadas com escorregamentos e quedas de blocos de rochas nas nossas regiões serranas. A presença de vertentes íngremes e com degraus escalonados mostram que o mecanismo pode ter-se repetido mais vezes ao longo dos últimos milhares de anos. No entanto, a raridade desta avalanche mostra que são fenômenos de baixa periodicidade, ou que ocorrem em áreas remotas que só agora podemos observar mais de perto.

Está ainda longe o momento em que possamos monitorar encostas deste tipo. No entanto, poderemos em um futuro próximo modelar tais fluxos para que possamos construir mapas de suscetibilidade para estes fenômenos nas diferentes regiões serranas brasileiras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos geólogos Harideva Marturano Egas, Marcio Roberto M. de Andrade e Marcelo Oliveira Romão e ao CEMADEN pelo compartilhamento de dados que possibilitaram o desenvolvimento deste estudo. Os autores agradecem também ao geólogo Cláudio Ferreira do IG de São Paulo por fornecer o MDE da área estudada e, igualmente, ao Sr. Paulo Sérgio Sampaio pelo apoio à atividade de campo e ao Sr. Cosme, funcionário da SABESP, por gentilmente conceder o valioso material fotográfico da área de ocorrência do fenômeno aqui estudado.

REFERÊNCIAS

- EBERHARDT, E.; PREISIG, G.; GISCHIG, V. (2016). Progressive failure in deep-seated rockslides due to seasonal fluctuations in pore pressures and rock mass fatigue. In *Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice: Proceedings of the 12th International Symposium on Landslides* (Napoli, Italy, 12-19 June 2016) (p. 121). CRC Press;
- EGAS, H.M.; GRAMINHA, C.A.; ANDRADE, M.R.M.; ROMÃO, M.O. (2015). Análise Preliminar da Ocorrência de Avalanche de Rocha na Bacia do Rio do Entupido, Município de Queluz, SP. Resumo, 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental;
- HAMBLIN, W. K.; CHRISTIANSEN, E. H. (2004). *Earth's dynamic systems*. 10. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall. 759 p. ISBN 0131420666. Disponível em: <http://earthds.info/>;
- HASUI, Y.; OLIVEIRA, M.A.F. (1984) A Província da Mantiqueira – Setor Central. Almeida, F.F.M.; Hasui, Y. (Ed.) *O Pré-cambriano do Brasil*, São Paulo: Edgard Blücher. P. 378.
- HUNGR, O.; LEROUEIL, S.; PICARELLI, L. (2014) The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides*, 11(2), 167-194
- HUNGR, O. (2016). A review of landslide hazard and risk assessment methodology. *Landslides and engineered slopes. Experience, theory and practice*, 3-27.
- MODENESI, M.C. (1992) Depósitos de vertente e evolução quaternária do Planalto do Itatiaia. São Paulo, v. 13 (1), p. 31-46.
- NETO, R.M.; FILHO, A.P.; DE OLIVEIRA, T.A. (2015) Itatiaia Massif: Morphogenesis of Southeastern Brazilian Highlands. B.C. Vieira et al. (eds.), *Landscapes and Landforms of Brazil, World Geomorphological Landscapes*. Chapter 27. p. 299-388;
- RICCOMINI, C. (1989) O Rift Continental do Sudeste do Brasil. Ph. D. thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo;
- RICCOMINI, C.; VELÁZQUEZ, V.F.; GOMES C.B. (2004). Tectonic controls of the Mesozoic and Cenozoic alkaline magmatism in the central-southeastern Brazilian Platform. In: COMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C.B. (Eds), *Mesozoic to Cenozoic alkaline magmatism in the Brazilian Platform*, São Paulo: Edusp/Fapesp, p. 31-56.
- SALVADOR, E.D.; RICCOMINI, C (1995). Neotectônica da região do alto estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 25, n. 3, p. 151-164.
- SASSA, K. & WANG, G., 2005. Mechanism of landslide-triggered debris flows: Liquefaction phenomena due to the undrained loading of torrent deposits. In *Debris-flow hazards and related phenomena* (pp. 81-104). Springer, Berlin, Heidelberg.
- STROM, A. (2006) Morphology and internal structure of rockslides and rock avalanches: grounds and constraints for their modelling. In: *Landslides from Massive Rock Slope Failure*. Springer, Dordrecht, P. 305-326.