



Escorregamento no Morro Quitandinha, Petrópolis, 2016

Felipe Gobbi

Gerente técnico, Geobrugg AG, Rio de Janeiro, Brasil, felipe.gobbi@geobrugg.com

Willy Alvarenga Lacerda

Professor, COPPE - UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, Willy.lacerda@gmail.com

RESUMO: Escorregamentos translacionais em solo e rocha caracterizam-se como eventos rápidos, com elevado potencial destrutivo. Estes tipo de movimento de massa é comum em encostas íngremes, tendo como limitantes e definidores das superfícies de ruptura: (i) em solos os contrastes de resistência ao cisalhamento e/ou condutividade hidráulica ao longo do perfil estratigráfico e (ii) em taludes rochosos estes movimentos ocorrem ao longo de feições estruturais, como por exemplo fraturas de alívio, com ocorrência ou não de perfis de intemperismo inverso. O intemperismo inverso consiste na ocorrência de rocha alterada, ou em casos mais severos solo, sotoposto a rocha sã, o que pode ocorrer pelo fluxo preferencial de água no maciço, como no caso das fraturas de alívio dos maciços de gnaisse e granito presentes nas regiões serranas do estado do Rio de Janeiro. Na madrugada entre os dias 15 e 16 de novembro de 2016 um deslizamento translacional ocorreu no bairro Quitandinha, em Petrópolis, Rio de Janeiro, causando cinco óbitos e a destruição de três residências. A inspeção de campo realizada no dia 17 de novembro daquele ano identificou as feições estruturais do maciço e a ocorrência de um perfil de intemperismo inverso com alteração significativa na fratura de alívio que condicionou a ruptura bem como presença de água nesta mesma discontinuidade. O movimento de massa foi caracterizado como evolução natural da encosta, deflagrado em função da elevação das poropressões no sistema de fraturas do maciço. O presente artigo traz as condicionantes locais (geologia estrutural, grau de alteração, etc) e o detalhamento do diagnóstico geotécnico desta instabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Estabilidade de taludes, ruptura translacional, intemperismo inverso, risco geotécnico.

ABSTRACT: Shallow landslides are fast and dangerous type of mass movements, normally related on steep slopes. Slip surfaces are conditioned by (i) abrupt changes in shear strength resistance and/or permeability along the geotechnical profile and (ii) structural controlled in rock slopes, usually relief fractures parallel to slope surface subjected or not to inverse weathering along the rockmass. Inverse weathering means the presence of altered rock or even soil under intact rock, caused by preferential flow along specific discontinuities, like relief fractures that commonly occur in gneissic and granitic rocks in Rio de Janeiro state. Between the night of 2016 November 15th and the morning of 16th a translational failure occurred in Quitandinha neighborhood, Petropolis, RJ, causing five fatalities and destroying three houses. A field inspection carried out on November 17th realized that the failure occurred along with relief fractures subjected to water flow (pore pressure) and was also identified the presence of inverse weathering along these discontinuities. This paper brings geotechnical landslide characterization and the instability diagnosis.

KEYWORDS: Slope stability, translational failure, inverse weathering, geotechnical risk.

1 INTRODUÇÃO

Instabilidades em taludes rochosos consistem em movimentos de massa tipicamente condicionados pelas discontinuidades presentes no maciço rochoso. Estas discontinuidades configuram diferentes geometrias para análise cinemática que acabam sendo adotadas na classificação destes movimentos, conforme apresentado por Cruden e Varnes (1996). A interpretação destes mecanismos e resistências envolvidas no processo tem como passo fundamental e definição da escala do problema em relação à escala do fraturamento do maciço (Hoek and Brown 1980). O tratamento dos problemas em mecânica das rochas podem ser abordados de maneira empírica através das classificações geomecânicas como apresentado por Bieniafsky (1974), Barton et al (1974), Hoek and Brown (1997), principalmente em escavações subterrâneas mas também com algumas aplicações em taludes rochosos, ou pela análise determinística de estabilidade utilizando critérios de ruptura específicos como os propostos por Barton e Bandis (1974) e Hoek and Brow (1980).



Dentre estas classificações, rupturas planares em rocha consistem em movimentos rápidos e consequentemente de elevada energia, o que resulta em um tipo de movimento de massa com elevado risco potencial. Fraturas de alívio são normalmente estruturas geológicas que condicionam este tipo e movimento de massa. Hecncher et al (2011) apresentam uma importante revisão sobre o assunto, e Marques et al (2009) apresentam os efeitos de intemperismo nas propriedades das rochas, ambos aspectos relevantes ao caso apresentado neste artigo.

As condições geológicas – geotécnicas de encostas em granitos e gnaisses da Serra do Mar, mais especificamente nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, apresentam, via de regra, um fenômeno denominado intemperismo inverso. O intemperismo inverso consiste em zonas de maior grau de alteração junto as fraturas de alívio, ou seja, culminando em camadas de rocha alterada ou até mesmo solo residual, abaixo de camadas de rocha sã. Este efeito específico de intemperismo contribui para ocorrência de um movimento de massa com elevado potencial de dano, pois rocha sã desliza sobre uma banda de solo residual ao longo das fraturas de alívio paralelas à superfície do terreno.

O mês de novembro do ano de 2016 consistiu em um período chuvoso na cidade de Petrópolis, RJ, demandando várias ocorrências para a defesa civil do município (Defesa Civil, 2016). Na madrugada entre os dias 15 e 16 de novembro de 2016 um movimento de massa ocorrido a montante da rua Uruguai ocasionou a destruição total de duas casas, detenção parcial de uma terceira casa resultando em cinco vítimas fatais.

Após o resgate das vítimas e interdição do entorno pela defesa civil, ações de diagnóstico e mitigação foram demandadas pelas autoridades. Para diagnóstico preliminar e indicação de ações emergenciais foi realizada inspeção de campo para mapeamento da área do acidente, utilizando acesso por corda nas porções de crista e caminhamento nas regiões do pé.

O presente artigo consiste na contextualização do movimento de massa identificado, e no diagnóstico traçado à época.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 Geologia Regional

De acordo com o Mapa Geológico da Folha Baía de Guanabara (Figura 1), o ponto de interesse fica situado sob influência da Faixa Ribeira, em específico no Complexo Rio Negro (Und. Bingen à norte e indiviso a sul), estas unidades correspondem a um conjunto de rochas de arco magmático neoproterozóico. Na região de Petrópolis predomina uma associação de *migmatitos* heterogêneos e de rochas graníticas/ortognaissicas.

Associada a estas unidades, destacam-se expressivos lineamentos estruturais decorrentes de eventos tectônicos ocorridos durante o Pré-Cambriano, com sistemas de falhas e fraturas de direção preferencial NW-SE, N-NE, NNE-SSW e EW que, por vezes, se interceptam, conferindo um alto grau de fraturamento às litologias, condicionando também a morfologia local e desenvolvimento do sistema de drenagens, além de promover uma maior suscetibilidade à movimentos de massa. (Valeriano et al., 2012 e Lara et al., 2024).

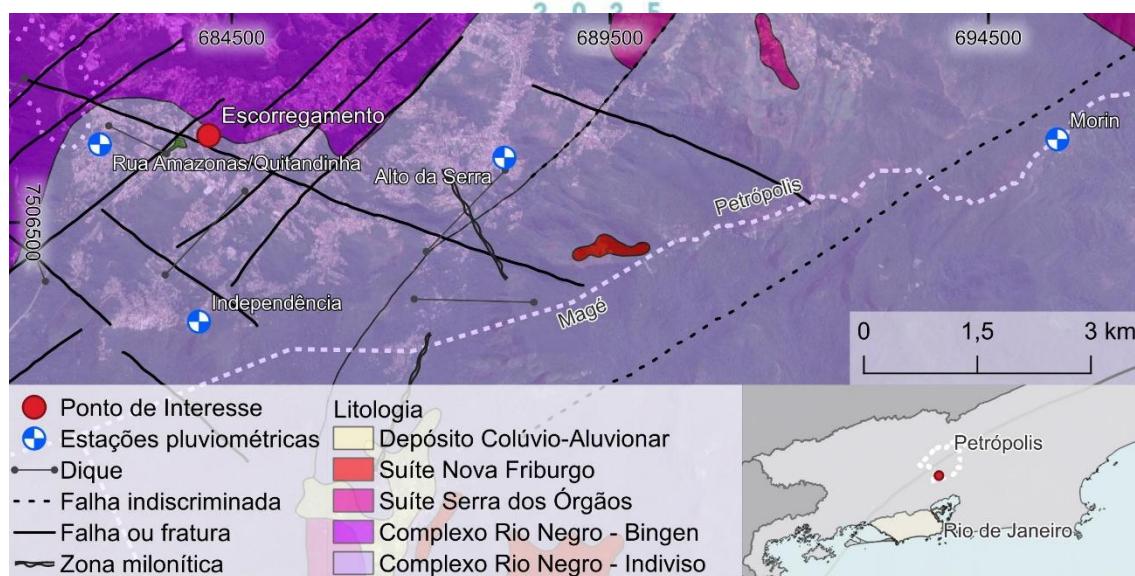


Figura 1. Recorte do mapa geológico de Valeriano et al 2012, com a localização das área de interesse e estações pluviométricas próximas.

2.2 Pluviometria do período

A Figura 2 é apresenta o gráfico da precipitação diária de quatro estações próximas ao bairro Quitandinha, referente a novembro de 2016.

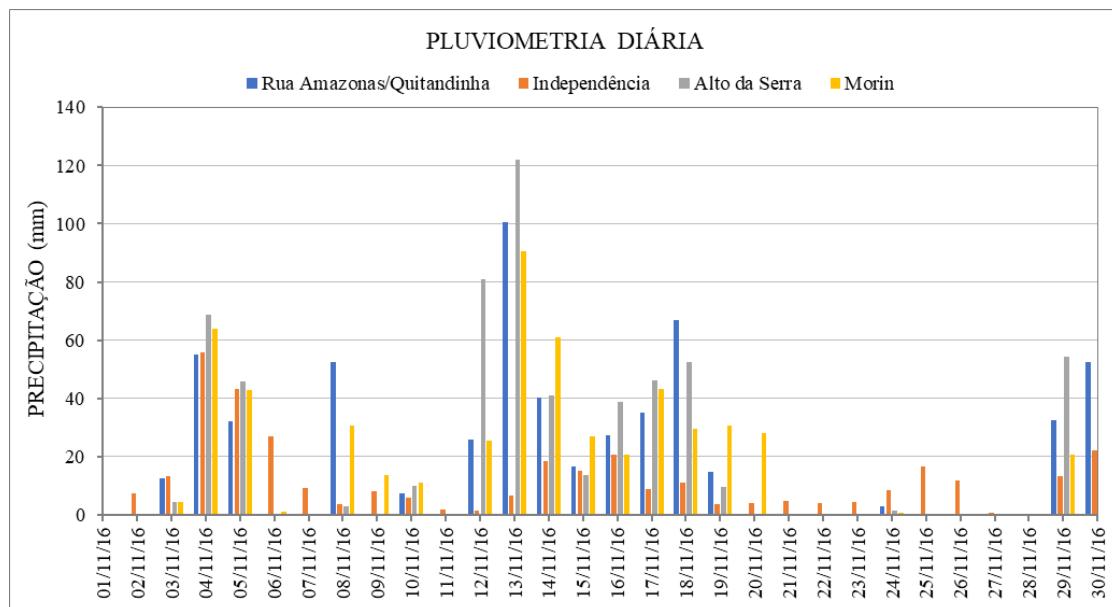


Figura 2. Gráfico da precipitação diária de novembro de 2016.

Verifica-se que o mês de novembro de 2016 foi um mês bastante chuvoso, destaca-se a elevada intensidade de chuvas entre os dias 12 e 14, com registro de precipitações na faixa de 100mm no dia 13 de novembro de 2016.

O acidente ocorreu na madrugada do dia 15 para o dia 16, quando ainda ocorriam precipitações, entretanto menos intensas. A cronologia é um indicativo do retardado da frente de saturação até o momento da geração das poropressões críticas ao movimento de massa evidenciado.



2.3 Imagens do evento

Realizando-se uma análise de imagens disponíveis no programa Google Earth é possível uma verificação do cenário de 2016 (foto da esquerda) e de 2017 (foto central), onde é possível se ter uma ideia da dimensão do movimento de massa. As fotografias apresentadas à direita e abaixo são de alguns dias após o evento.

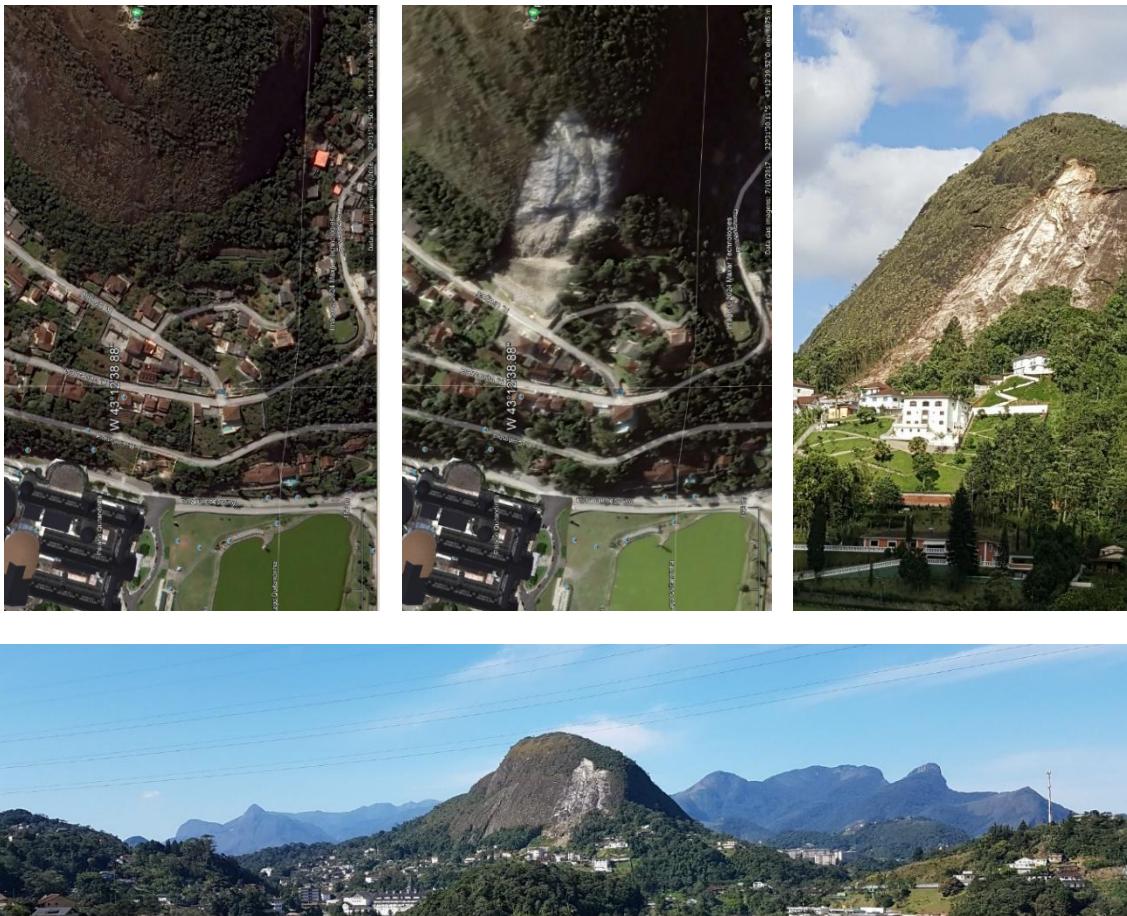


Figura 3. (esq.) imagem de satélite da região do evento em 2016, (centro) imagem de satélite da região do evento em 2017 e (direita e abaixo) fotografia da região da instabilidade.

3 DIAGNÓSTICO DO MOVIMENTO

Pela geometria já identificada à distância, é possível classificar o movimento de massa como um deslizamento planar e análise dos escombros no pé do talude indica uma predominância de material rochoso (Figura 4 esq.), o que é convergente à geomorfologia da região com delgadas camadas de solo residual nas econotas íngremes.

Tendo em vista a importância da análise da crista, foi realizada uma vistoria no topo da encosta utilizando acesso por corda. A Figura 4 (dir.) apresenta uma vista em detalhe do topo da ruptura indicando os pontos visitados e a nomenclatura adotada para descrever a inspeção.

Foi realizado acesso por corda na crista da ruptura de talude rochoso na localidade de Quitandinha com a principal finalidade de validar hipóteses do diagnóstico inicial e avaliar, qualitativamente, o risco de novos movimentos de massa.

A ruptura teve como condicionantes principais:

Intemperismo inverso, condicionado pelo fluxo d'água nas fraturas de alívio, sendo evidenciado maior grau de alteração junto à fratura de alívio por onde ocorreu a ruptura;

O eixo da ruptura coincide com um direcionamento natural de drenagem. Presença abundante de água vertendo da primeira fratura de alívio, e também em uma porção central alinhadas com veios de pegmatito.

Em suma, processo natural de evolução da encosta ocasionou ruptura de grande massa de rocha devido ao desenvolvimento de poropressões nas descontinuidades da rocha, notadamente o conjunto de: fraturas de alívio, uma subvertical longitudinal ao eixo da ruptura (alinhada com a falha lateral) e a trinca de tração no topo da lasca (provável);



Figura 4. vistos (esq.) do pé para montante e (dir) frotal da crista, da instabilidade.



Figura 5. Plano de ruptura no flanco direito, presença de água no plano de ruptura, crista da ruptura com planos oxidados/intemperizados.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo trata do estudo de um movimento de massa do tipo planar em rocha. A inspeção e campo identificou a ocorrência de intemperismo inverso, com a região da junta de alívio em um nível de intemperismo superior à rocha sotoposta. Este fator foi determinante para degradação da resistência ao cisalhamento da descontinuidade ao longo do tempo.

O gatilho da instabilidade foi a saturação, com geração de poropressões ao longo das descontinuidades suficientes para que as condições de equilíbrio não fossem mais satisfeitas e culminassem na ruptura do talude.

A condição geomorfológica do caso Quitandinha, reportada neste artigo, não é um caso isolado, mas representa parte significativa do relevo da região serrana do estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Se por



um lado geram cenários atrativos, por outro lado representam riscos geotécnicos que devem ser considerados e avaliados quando da ocupação e intervenção humana.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as empresas e instituições de fomento que suportaram estes estudos. Agradecimento ao Geólogo Fabiano Madrid e a engenheira Nataly Ayumi pela contribuição na geração de mapas e figuras apresentadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bieniawski, Z.T. (1974) Geomechanics classification of rock masses and its application in tunnelling, Proc. Third international congress on rock mechanics, ISRM, Denver, Volume 11A, 1974, p 27-32.
- Bieniawski, Z.T. (1976) Rock mass classification in rock engineering. Exploration for rock engineering. A.A.Balkema: Cape Town, p. 97-107.
- CPRM – Serviço geológico do Brasil. *Relatório de atividades de mapeamento de áreas de risco*. Brasília: CPRM, 2006.
- Cruden,D.M.,Varnes, D.J.,1996, Landslide Types and Processes, Transportation Research Board, U.S. National Academy of Sciences, Special Report, 247: 36-75 January 1996 Special Report - National Research Council, Transportation Research Board 247:36-57
- Defesa Civil, 2016. Boletim da Defesa Civil.
<https://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/index.php/noticias/item/4751-boletim-da-defesa-civil-16-11-2016-18h50Relatório de atividades de mapeamento de áreas de risco>. Petrópolis, RJ.
- Hench, S.R., Lee, S.G., Carter, T.G. Richards, L.R. Sheeting Joints: Charactrisation, Shear Strength and Engineering. Rock Mechanics and Rock Engineering (2011). DOI 10.1007/s00603-010-0100-y.
- Hoek E., Brown E.T. (1980) Underground excavations in rock, The Institution of Mining and Metallurgy, London, p. 527.
- Hoek, E. (1983) Strength of jointed rock masses, 23rd. Rankine Lecture. Geotechnique. vol. 33 n0 3 p. 186-223.
- Hoek, E., Brown, E.T. (1997) Practical estimates of rock mass strength, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, vol 34, N 8, 1997, p. 1165-1186.
- Lara, A.A. *Cartografia de Risco a Escorregamentos em Encostas no Município de Petrópolis*. Relatório Técnico DRM-RJ, 155p. 2024.
- Marques, E.A.G. ; Barroso, E.V. ; Menezes Filho, A.P. ; Vargas JR., E. Do A. ; Weathering zones on metamorphic rocks from Rio de Janeiro: Physical, mineralogical and geomechanical characterization. Engineering Geology **JCR**, p. 1-18, 2009.
- Valeriano, C.M. et al. *Geologia e recursos minerais da folha Baía de Guanabara SF.23-Z-B-IV, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000*. Belo Horizonte: CPRM, 156p. 2012.