



**Caracterização Geológico-Geotécnica do Movimento de Massa
Ocorrido entre as Praias da Prainha e Grumari, no Município do Rio de Janeiro, RJ**
Geological and Geotechnical Characterization of Mass Movement Occurred Between the Beaches
of Prainha and Grumari, in the City of Rio de Janeiro, RJ

Rubem Porto Jr.¹; Bruno Pinheiro Pires¹; Gabriella Rocha Gouveia¹;
Vitor Schwenck Brandão¹ & Nelson Meirin Coutinho²

¹Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Geociências
BR-465, Km7, 23890-000 Seropédica, Rio de Janeiro

²GeoRio-Secretaria Municipal de Obras

Campo de São Cristóvão, 268, 1º e 3º andares, São Cristóvão, Rio de Janeiro

Emails: rubempjr@gmail.com; brunopgeo@yahoo.com.br; gabriellargouveia@gmail.com;

vitorgeologia@yahoo.com.br; nelsonmeirim@hotmail.com

Recebido em: 06/02/2012 Aprovado em: 20/03/2013

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2012_2_05_13

Resumo

Este trabalho apresenta uma caracterização geológica-geotécnica de um escorregamento ocorrido na cidade do Rio de Janeiro. No local foram identificadas condições estruturais, geomorfológicas e litológicas favoráveis ao movimento como, juntas de alívio, fraturas com espaçamento e um forte processo de intemperismo químico, respectivamente. Os resultados e conclusões foram obtidos através de atividade de campo, análise estrutural e petrográfica (macro e microscópica) e testes em laboratório.

Palavras-chave: Escorregamento; Deslizamento; Movimento de Massa Gravitacional

Abstract

This paper presents a geological and geotechnical characterization of a large scale landslide in Prainha region, Rio de Janeiro. It has been identified in the region structural and lithological conditions favorable to landslide, as release joints, spaced fractures and strong chemical weathering process, respectively. The results and conclusions were obtained from fieldwork, structural and petrographic (macro and microscopic) analyses.

Keywords: Landslide; Movement of mass

1 Introdução

A região litorânea correspondente às praias de Grumari e Prainha, entre os dias 5 e 6 de abril de 2010, foi palco de um grande movimento de massa gravitacional. O local do movimento corresponde a uma APA (Área de Proteção Ambiental) municipal. A geologia local está caracterizada a partir de trabalhos de detalhe realizados desde os anos 1990, Correa & Porto Jr. (1999). Do ponto de vista geotécnico, a região apresenta várias intervenções, muitas realizadas ainda durante a abertura da estrada na década de 1970. Na área do escorregamento, havia (e ainda há resquícios) de intervenções de engenharia, deixando evidente, a existência de problemas geotécnicos desde a abertura da estrada.

1.1 Objetivo e Metodologia

O principal objetivo do trabalho foi avaliar e caracterizar os aspectos geológicos e geotécnicos envolvidos no acidente. O padrão geológico da área pode por suas características, ter contribuído na amplificação do acidente. Para o desenvolvimento da pesquisa, foi realizado trabalho de campo, onde amostras foram coletadas para a realização de análises petrográficas (macro e microscópicas). Deu-se ainda a coleta de dados estruturais das rochas referentes à estruturação dos litotipos encontrados (foliações, lineações e fraturas).

1.2 Localização e Acesso

A área estudada está localizada na zona oeste da Cidade do Rio de Janeiro, nos contrafortes do Maciço da Pedra Branca (Figura 1). O acidente ocorreu na Avenida Estado da Guanabara nos limites do Parque Ecológico da Prainha, uma área de Proteção Ambiental Permanente. O acidente interrompeu a principal ligação entre a cidade do Rio de Janeiro e a região de Grumari por um largo tempo, obrigando aos frequentadores a utilizar um caminho alternativo que aumentava o percurso em cerca de 20 Km. O acesso à área do acidente é feito a partir da Estrada do Pontal (Praia da Macumba) ou pela Estrada de Grumari a partir de Guaratiba. Coordenadas aproximada N: 7.450.506 E: 652.760 (UTM).

2 Características Geológico-Geotécnicas da Área

No período de verão, o fluxo de veículos nesta estrada é intenso devido à beleza cênica do local e a qualidade das praias da região (Figura

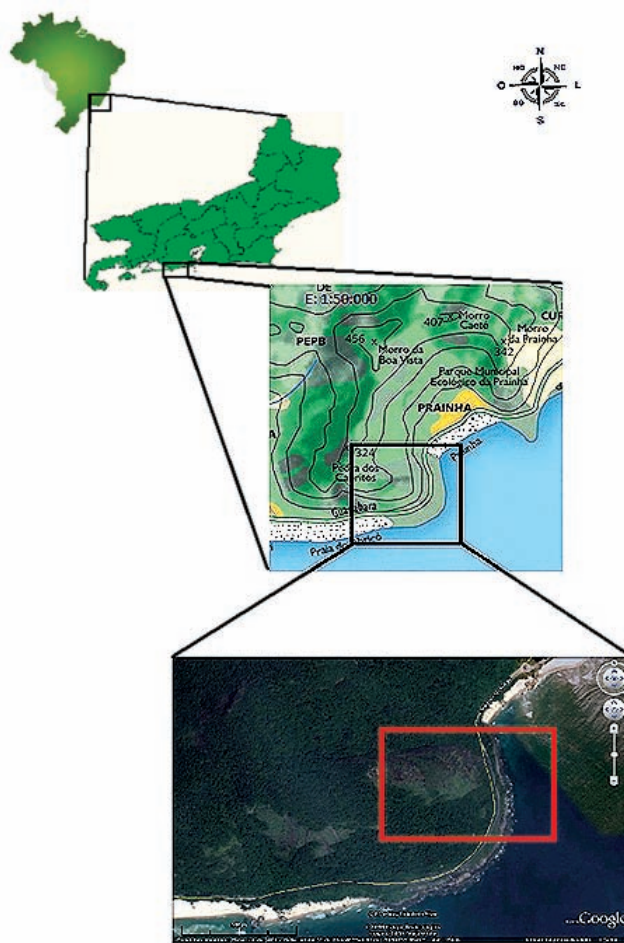


Figura 1 Localização da área de estudo

2). Boa parte da estrada foi implantada através de cortes e aterros no sopé da encosta do Morro Boa Vista, contornando o costão rochoso que se projeta diretamente sobre o mar.

Especificamente na área afetada pelo escorregamento, a presença de um conjunto de intervenções de engenharia, é indicativa da existência, desde a abertura da estrada, de problemas geotécnicos.

A declividade média do terreno onde a estrada foi implantada é alta. As cotas mais elevadas são superiores a 300 m, alcançando valores acima de 400 m na confluência dos morros Boa Vista, Caeté e das Piabas (Figura 3). Uma linha de cumeeada - no sentido leste-oeste - divide a área em duas principais bacias de captação das águas pluviais. Ao sul, onde as águas são direcionadas para o oceano, ocorre um divisor convexo - de sentido norte-sul - que forma a linha de cumeeada do Morro Boa Vista, separando os anfiteatros das bacias de drenagem da Praia de Grumari, a oeste, e da Prainha, à leste.

As rochas da região são divididas em dois conjuntos distintos: gnaisses encaixantes que se enquadram nos litotipos da Série Inferior, Helmbold *et al.* (1965) e por granitóides de composições e estruturas variadas, Correa & Porto Jr. (1999), Porto Jr. (2004). Do ponto de vista estrutural as rochas encaixantes mostram direções preferenciais com caimento para S/SW ($155^{\circ}/25^{\circ}$). Esta direção preferencial pode estar flexionada para SE/S ($220^{\circ}/20^{\circ}$).



Figura 2 Área afetada pelo escorregamento.



Figura 3 Características topográficas do terreno: linha cumeeada e quebra do perfil morfológico.

2.1 Caracterização dos Litotipos Ocorrentes

Como dito, as rochas afetadas pelo movimento de massa correspondem a gnaisses encaixantes e a granitóides de tipos variados. Os gnaisses são do tipo ortoderivados de composição variável (diorítica a granodiorítica) (Figura 4).

As rochas de composição diorítica são rochas ricas em plagioclásio, biotita, hornblenda

e quartzo com titanita. São rochas bandadas com texturas lepidoblásticas. As de composição granodiorítica apresentam ortoclásio, plagioclásio, quartzo e biotita. São rochas granoblásticas com bandamento metamórfico pouco desenvolvido. A descrição detalhada de cada um dos litotipos gnáissicos foi apresentada por Porto Jr *et al.* (1991).

As rochas graníticas presentes correspondem as faciologias do denominado Granito Pedra Branca, Porto Jr & Valente (1988). Ocorrem formando corpos tabulares em contatos intrusivos com as encaixantes gnáissicas (Figura 5). Trata-se de rocha leucocrática, de textura inequigranular que, na faciologia predominante, apresenta textura levemente foliada, sendo que esta foliação está associada a fluxo magmático e não a tectônica, sendo portanto, diferente das foliações encontradas na rocha gnáissica. Sua mineralogia é dada pela presença de microclina, plagioclásio, quartzo e muito pouca biotita (Figura 6).



Figura 4 Gnaiss de composição diorítica à granodiorítica.



Figura 5 Corpos tabulares em contatos intrusivos com as encaixantes gnáissicas.



Figura 6 Rocha granítica da área do escorregamento.

aproximadamente 10.000 m², constituindo este o maior movimento de massa local registrado nos últimos anos. Apesar da magnitude do acidente, não houve vítimas nem danos materiais além da destruição da estrada no trecho atingido e de parte das obras de contenção previamente existentes (Figura 8).



Figura 8 Vista da área após o escorregamento.

2.2 O Escorregamento da Prainha: Caracterização

Como consequência da intensa precipitação ocorrida na noite de 05 e madrugada de 06/04/2010, com um acumulado de 232,6 mm entre às 17:30h do dia 05 e às 17:30h do dia 6, e um pico de 33,6 mm em uma hora, às 17:40h do dia 05 (dados da estação pluviométrica da Grota Funda), ocorreu um movimento de massa de grandes proporções, que mobilizou aproximadamente 10.000 m³ de blocos de rocha e material terroso (Figura 7).



Figura 7 Vista da área antes do escorregamento.

Parte da massa escorregada ultrapassou a Av. Estado da Guanabara alcançando as águas do mar e o restante se espalhou numa área de

A partir dos levantamentos efetuados no local do acidente, após sua ocorrência, pode-se reconstituir a cronologia do evento, Gouveia *et al.* (2011).

1) o movimento se deu pelo deslocamento de um gigantesco bloco de rocha (cerca de 6.000 m³), que na queda se fragmentou em seis outros blocos de grandes dimensões;

2) este deslocamento se deu em função do enorme volume de águas pluviais registrado na madrugada do dia 6 de abril, que, levando à saturação do solo, provocou o aumento do empuxo na camada do material terroso acumulado na fenda existente por trás do bloco;

3) a decomposição química na área de apoio do bloco principal, e a ação da força da gravidade, em consequência do deslocamento do centro de gravidade desse bloco, foram fatores importantes e decisivos na deflagração do movimento;

4) ao tombar, o bloco principal impeliu outro bloco de rocha, com cerca de 800 m³ e forma arredondada, que se encontrava isolado na sua frente, projetando-o para o mar (Figura 9 e Figura 10);

5) esse processo iniciou um escorregamento que mobilizou enormes massas de material quase que totalmente de composição granítica e um considerável volume de solo avaliado entre 10.000 a 12.000 m³;

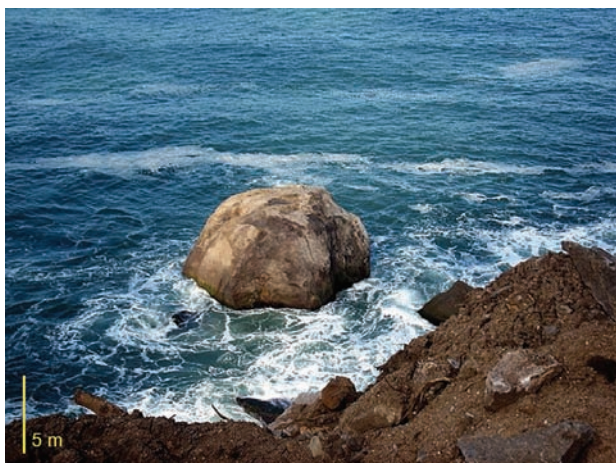


Figura 9 Bloco de granito lançado ao mar.

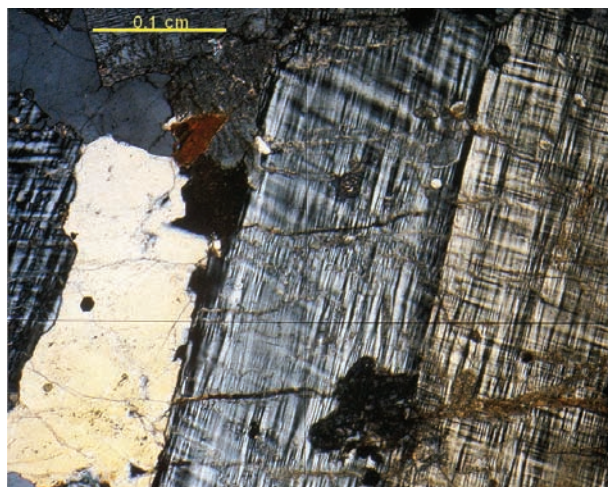


Figura 11 Processo de alteração química no interior dos cristais de microclima.



Figura 10 Estrutura de impacto ocasionada pelo bloco lançado ao mar.



Figura 12 Blocos ortogonais sustentados apenas pelo próprio peso.

6) é evidente que toda a área passa por um forte processo de intemperismo químico, em associação com a fragmentação de boa parte do material existente à meia encosta (Figura 11).

7) a investigação realizada comprovou que todo o movimento de massa se deu no domínio de ocorrência do Granito Pedra Branca. A totalidade dos blocos analisados é da rocha granítica.

8) ficou evidente, ainda, a existência de depósitos de blocos localizados a meia encosta, possivelmente associados a um movimento de massa remoto (Figura 12);

9) deve-se destacar que existe um padrão estrutural bem definido, associado aos litotipos encontrados que aponta para uma estrutura de padrão ortogonal, o que facilita a formação de blocos de tamanhos variados, mas com tendência a gerar blocos retangulares e/ou arredondados, que permanecem dispostos na encosta (Figura 13);



Figura 13 Bloco apresentando o padrão ortogonal das estruturas.

10) juntas de alívio e fraturas com espaçamentos de até 10 cm (média de 4 cm), em associação às feições geradas pela foliação de fluxo, devem ser motivo de investigação mais detalhada e

devem, necessariamente, ser consideradas quando da opção de solução de obra estabilizante

2.3 As Condicionantes Geológicas

Como condicionantes geológicas foram considerados todos os fatores ligados a aspectos geológico/geomorfológicos da área que tenham tido influência direta ou indireta no desencadeamento do movimento de massa gravitacional como:

1) Intervenções de engenharia pretéritas (Figura 14a);

2) A alta declividade do terreno, que favorece a mobilização do material à meia encosta (Figura 14b);

3) “Set” de fraturas com direções ortogonais (N 30 E; N 70 E e N 30 W), que dão origem aos blocos cúbicos/quadrados/arredondados. Isso ocorre porque a litologia dominante, caracterizada por uma composição granítica é uma rocha que

apresenta relativa isotropia. Este fator condiciona uma alteração com desgaste relativo similar em todas as suas direções, gerando um padrão de arredondamento;

4) Alteração química, representada principalmente por sericitização e saussuritização (Figura 14c);

5) Presença de juntas de alívio e foliação esferoidal (Figura 14d);

6) Presença detectada de intemperismo químico e físico, presente nos litotipos identificados, evidenciado pela oxidação dos minerais ricos em ferro (biotita). Por se tratar de um íon de raio pequeno, este é assimilado no início da cristalização destes minerais e quando expostos a condições diferentes daquelas de sua formação em conjunto com ambientes propícios a hidratação, apresentam tendência a sofrerem lixiviação química (Figura 14e).

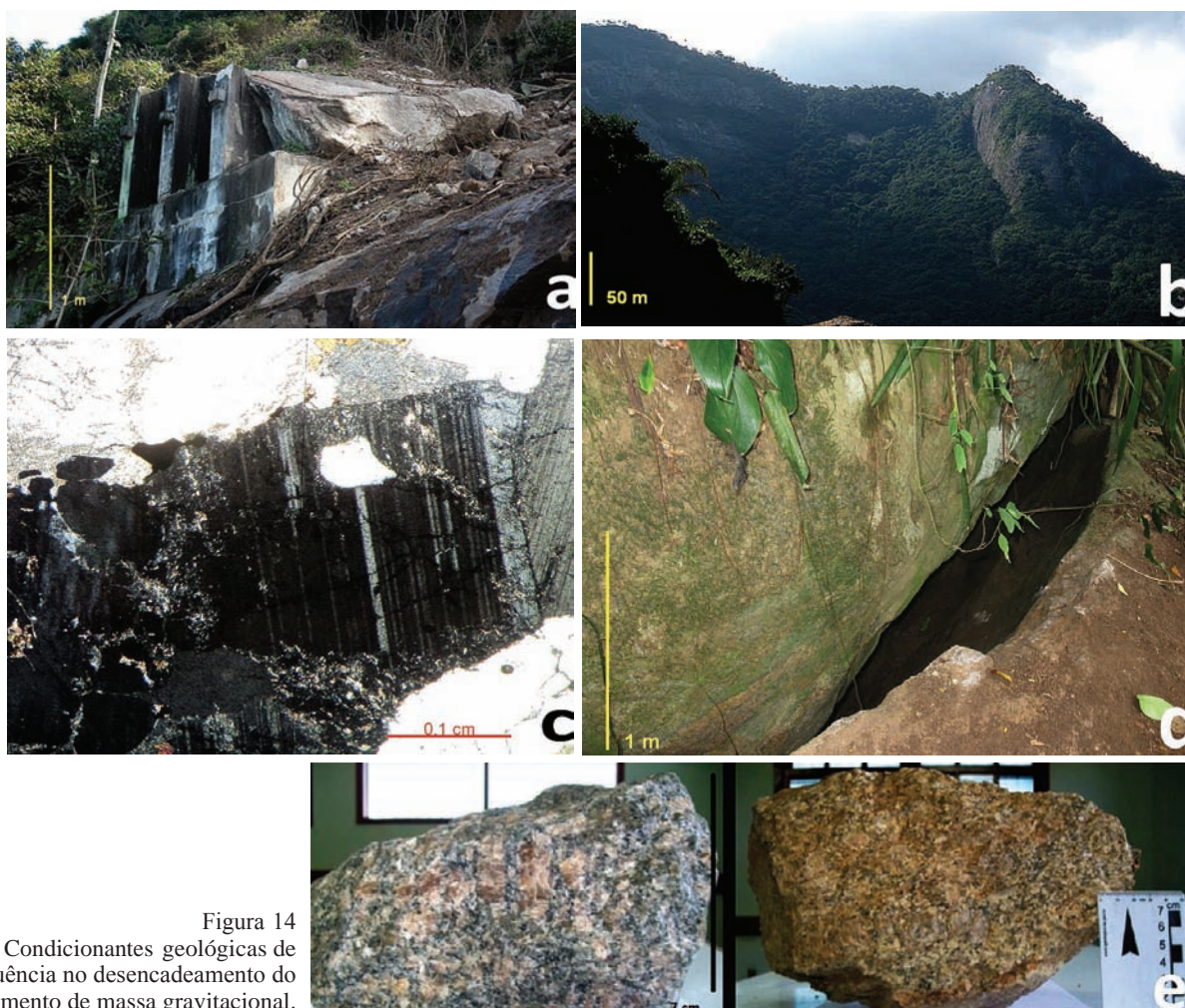


Figura 14
Condicionantes geológicas de influência no desencadeamento do movimento de massa gravitacional.

3 O Ensaio de Resistência

As amostras coletadas na etapa de campo foram submetidas a ensaio de compressão uniaxial para determinação de sua resistência. Este foi realizado no LAMAGE (Laboratório de Mapeamento Geológico) da UFRRJ, onde foi usado o martelo de Schimidt (Tipo L) ou esclerômetro de recuo para obtenção dos resultados (Figura 15).



Figura 15 Amostras usadas no ensaio e martelo de Schmidt.

Para realização do ensaio foi necessário o processamento das amostras de forma que através de corte a laminar obtenham-se duas faces planares, uma para apoio e fixação da mesma e outra para o choque com o esclerômetro.

As amostras foram separadas em três tipos, de acordo com a alteração observada: *rocha sã*, onde os cristais euédricos de microclina estavam preservados e a biotita não apresentava alteração por hidratação; *rocha alterada*, onde os grãos de microclina apresentavam menor brilho do que os da rocha sã e, a vista desarmada, já era possível observar alteração nos grãos de plagioclásio e biotita; e *rocha muito alterada*, onde há forte alteração hidrotermal e intempérica, evidenciada pela presença de capa ferruginosa. Neste caso, os grãos estavam menos compactos o que caracterizava maior fragilidade na porção amostrada. Foi possível ainda observar uma mudança na coloração dos grãos de microclina, que passaram a ter tons mais acinzentados (Figura 16).

Com a individualização das amostras nestes três segmentos, o ensaio foi realizado com um intervalo de 5 a 15 impactos por amostra, sendo assim possível a determinação da dureza superficial e a resistência à compressão uniaxial da rocha, com o resultado sendo a média dos resultados obtidos.

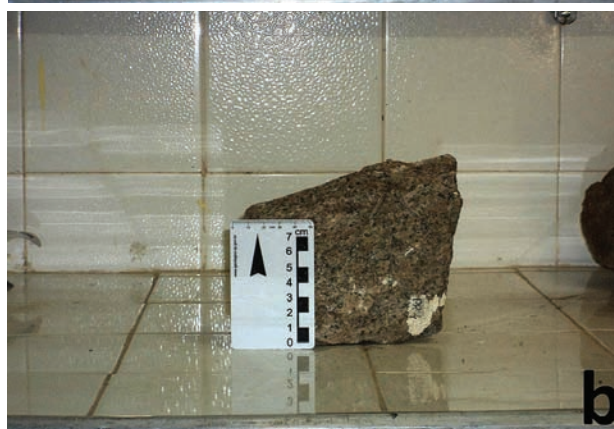
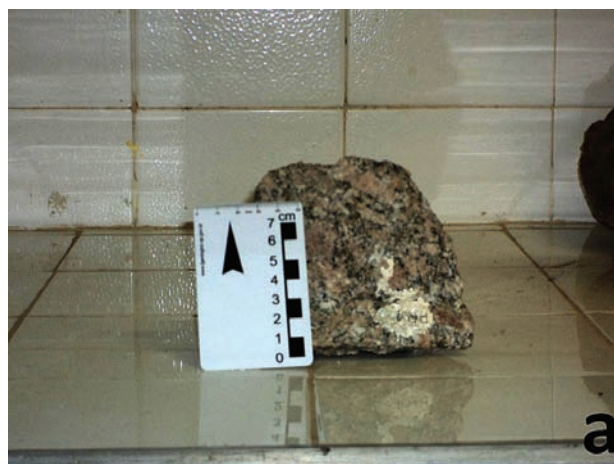
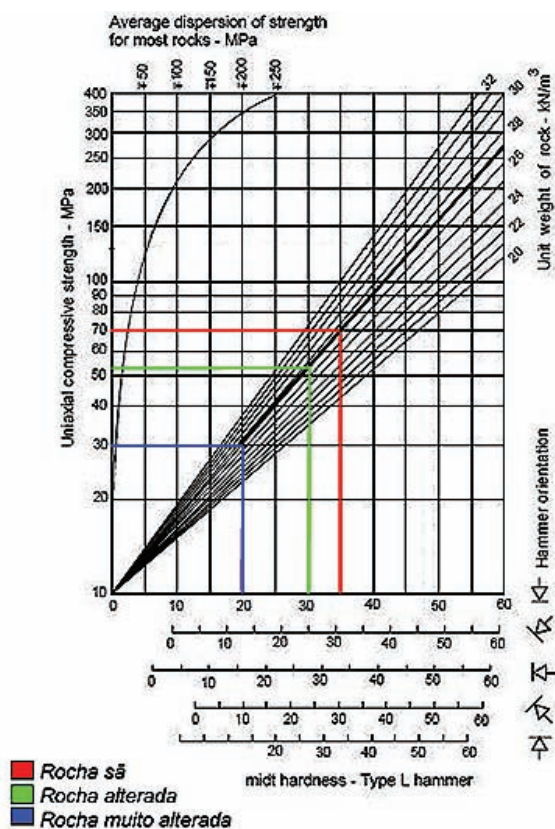


Figura 16 a. Rocha sã; b. Rocha alterada; c. Rocha muito alterada.

O ensaio com esclerômetro nos forneceu o valor da Dureza de Schmidt. Os valores obtidos foram então plotados (dados na tabela abaixo). Com isso em associação com os valores da densidade da rocha (no caso do litotipo estudado o valor atribuído foi de $2,7\text{g/cm}^3$), foi possível determinar o MPa relativo à cada uma das amostras analisadas (Figura 17).



GEP/DGE OUFRURAJ		
Análise de Rocha - Parâmetros Geotécnicos		
Rocha	Granito	
Densidade	2,7g/cm ³	
Amostra	Dureza Schmidt	Resist. Comp. Uniaxial
Rocha sã	35	70 MPa
Rocha alterada	30	53 MPa
Rocha muito alterada	20	30 MPa

Figura 17 Resultado do ensaio de compressão uniaxial, tabela de Schmidt.

Verificou-se uma diminuição dos valores de resistência à compressão uniaxial com o incremento do grau de alteração. Logo, temos que a *rocha sã* é a mais resistente, enquanto que a *rocha muito alterada* é menos resistente a compressão uniaxial, com comportamento igual ao que seria esperado antes da realização dos testes, Schwenck *et al.* (2010).

4 Recuperação da Área

Durante todo o período de desmonte e recuperação da área afetada pelo movimento de massa (oito meses), a Estrada da Guanabara foi mantida fechada por questões de segurança. A mesma somente foi reaberta ao uso quando finalizada sua recuperação e com o término da realização da contenção da área (Figura 20).

Como parte da solução de obra teve de ser levado em conta que o movimento de massa deixou dois grandes blocos, localizados na parte alta do local afetado pelo movimento de massa, muito instáveis e apresentando forte descalçamento em suas bases. Estes blocos, com volume de até 2.000 m² cada um, foram então desmontados a fogo e o material lançado na parte da encosta que termina no mar (Figura 18) dando mais segurança ao local.

5 Conclusões

Com base no apresentado, podemos concluir que a situação de instabilidade da encosta na região da Prainha-Grumari está associada a presença de material rochoso intemperizado física e quimicamente e relacionado a rocha de composição granítica. O início do movimento se associa a ocorrência de fortes e concentradas chuvas, fato que permitiu a rápida e intensa lixiviação do material alterado que sustentava os grandes blocos presentes. Estes blocos, localizados à meia encosta, tem sua formação subordinada a presença de uma família de fraturas que, combinadas, facilitaram a formação de blocos retangulares a arredondados de volumes variados que se mantêm em frágil equilíbrio no local. Com base nos dados obtidos, observou-se que a maior parte dos blocos movimentados apresentavam-se fortemente intemperizados e com baixa resistência. Observou-se ainda que o deslizamento ocorreu exclusivamente na área de predomínio de rocha granítica e que, portanto, as contenções pretéritas presentes na área foram capazes de sustentar as rochas gnáissicas presentes na base do talude e que, efetivamente, não contribuíram para este acidente. A realização das obras dá segurança ao local, entretanto, a não retirada de parte dos depósitos ainda presentes nas partes laterais da encosta deve ser motivo de preocupação e de monitoramento permanente.

Deve ser realçado um ponto: o grande volume de material que foi empurrado encosta abaixo, na direção do mar. Deve-se ter o cuidado de manter um procedimento de constante avaliação com relação a eventuais impactos que este material possa a vir provocar na sedimentação da Prainha mudando sua forma (perfil de praia) bem como a qualidade de suas ondas (Figura 19), já que trata-se de um local de forte apelo pela beleza da paisagem e pela qualidade das ondas, sendo um dos principais pontos da prática do surfe na cidade.



Figura 18 Desmonte do bloco na área do movimento de massa.



Figura 19 Bloco que pode modificar a morfologia local.



Figura 20 Obra finalizada.

Outro fator de relevância é que foram detectados, pelos estudos de campo realizados na região, situações geológico/geomorfológicas similares àquelas que estão associadas a detonação do movimento de massa aqui descrito. Recomenda-se, portanto, a manutenção de uma contínua observação da área do entorno do acidente, para que nela seja realizada uma contínua avaliação que permita a realização de intervenções que minimizem novas incidências de acidentes no local.

6 Referências

- Correa, R.P. & Porto Jr., R. 1999. Modelamento geoquímico aplicado às rochas da região Prainha-Grumari, complexo granítico Pedra Branca (CGPB), Rio de Janeiro, RJ. In: *Anais CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA*, 5, Ed. SBGq, *Anais*, p. 476-478.
- Gouveia, G.R.; Pires, B. P.; Schwenck, V. & Porto Jr, R. 2011. Caracterização geológico- geotécnica do Movimento de Massa da Região da Prainha, Município do Rio de Janeiro, RJ. In: *SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE*, 12, (versão

digital), Nova Friburgo, RJ, 2011.

- Helmbold, R.; Valença, J.G. & Leonardos Jr., O.H. 1965. Mapa geológico do Estado da Guanabara, esc. 1: 50000. 3 Folhas. MME/DNPM.
- Porto Jr., R. 2004. *Petrogênese das Rochas do Complexo Granítico Pedra Branca*, Rio de Janeiro, RJ. Programa de Pós-Graduação em Geologia, 224p.
- Porto Jr, R. & Valente, S.C. 1988. As rochas granitóides do norte da Serra da Pedra Branca e suas relações com as encaixantes gnaissicas na região de Bangu, Rio de Janeiro, RJ. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 35, Belém, *Anais* 3:1066-1079.
- Porto Jr, R. & Valente, S.C & Duarte, B.P. 1991. Geologia do Pontal de Barra de Guaratiba: implicações petrogenéticas relacionadas ao Batólito da Serra da Pedra Branca, Rio de Janeiro, RJ. In: *SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE*, 2, *Anais* (versão digital). São Paulo, SP.
- Schwenck, V.; Pires; B. P.; Gouveia; G. R. & Porto Jr, R. 2010. Movimento de Massa na Região da Prainha-Grumari, Município do Rio de Janeiro: Caracterização Geológico-Geotécnica. In: *JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRRJ* 20, (versão digital). Seropédica, RJ.