

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/326812867>

RISCO DE RUPTURAS DE TALUDES ROCHOSOS EM RODOVIAS TRECHO DA SP-55 (RODOVIA RIO-SANTOS) - SÃO SEBASTIÃO (SP)

Conference Paper · September 2018

CITATIONS

0

READS

8

4 authors, including:



[Lucas Martins Nogueira de Castilho](#)

University of São Paulo

3 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Ginaldo Ademar da Cruz Campanha](#)

University of São Paulo

54 PUBLICATIONS 576 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Marcos Saito de Paula](#)

Systra Engenharia

12 PUBLICATIONS 89 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Tectonic terranes of the Ribeira Belt west of São Paulo Town [View project](#)



Segurança viária associada à riscos geológicos [View project](#)

16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

RISCO DE RUPTURAS DE TALUDES ROCHOSOS EM RODOVIAS TRECHO DA SP-55 (RODOVIA RIO-SANTOS) – SÃO SEBASTIÃO (SP)

Lucas Martins Nogueira de Castilho ¹; Ginaldo Ademar da Cruz Campanha ²; Marcos Saito de Paula ³; Márcio Angelieri Cunha ⁴

Resumo – O presente trabalho teve como objetivo avaliar a estabilidade dos afloramentos rochosos às margens da Rodovia SP-055 (Rio-Santos), entre os km 115+840 m e km 116+860 m, município de São Sebastião – SP, entre a Praia da Enseada e a Praia das Cigarras. Foram definidos trechos críticos através do índice RHRS (*Rockfall Hazard Rating System*), com o intuito de auxiliar na determinação de trechos prioritários para futuras intervenções na estrada. Os taludes do trecho analisado são compostos por biotita gnaisses bandados e localmente migmatizados, com foliação bem marcada pela orientação das micas. A análise cinemática do local mostrou que a foliação é a descontinuidade mais problemática para eventuais condições de instabilidade envolvendo cerca de 80% das potenciais rupturas em cunha e 70% das planares. A análise do risco por meio do índice RHRS conclui que entre os km 115+875 m e km 115+913 m, entre os km 116+390 m e km 116+416 m, e entre os km 116+472 m e km 116+607 m são necessárias medidas imediatas de estabilização para impedir que blocos de rocha provenientes de rupturas nos taludes possam atingir a estrada. Tais trechos indicam altos riscos aos usuários da via, de modo que uma eventual ruptura pode ocasionar grandes prejuízos materiais e físicos à população e aos veículos.

Abstract – The present work intends to evaluate the stability of a rock outcrop along the SP-055 Highway (Rio-Santos), between km 115+840 m and km 116+860 m, São Sebastião in the State of São Paulo, between the beaches “Enseada” and “Cigarras”. Critical sites were defined by RHRS (Rockfall Hazard Rating System) index, to assist in finding priority sites for future interventions on the highway. The slopes from the analysed sites are composed by banded biotite gneiss and locally with migmatites, with a well-marked foliation by mica’s orientation. Local kinematical analysis showed that the foliation is the most problematic discontinuity for eventual unstable conditions, involving about 80% of the potential wedge ruptures and 70% of the planar ruptures. Risk analysis using RHRS index concludes that between km 115 + 875 m and km 115 + 913 m, between km 116 + 390 m and km 116 + 416 m, and between km 116 + 472 m and km 116 + 607 m, immediate stabilization measures are required to prevent rockfalls from occurring and reaching the highway. These sites present risks to drivers and passengers, since a possible rupture would cause considerable damages to the population and vehicles.

Palavras-Chave – *Rockfall Hazard Rating System (RHRS); Instabilidade de encosta; Serra do Mar; Instabilidade de talude*

¹ Geól., Bureau Veritas: São Paulo - SP, (11) 95435-6022, lucas.castilho@usp.br

² Geól., PhD, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo: São Paulo - SP, (11) 3091-3946, ginaldo@usp.br

³ Geól., MSc, Systra Engenharia: São Paulo - SP, (11) 3075-3840, msaito@systra.com

⁴ Geól., Msc, Geomac Geologia Geotecnica e Meio Ambiente; São Paulo – SP, (11) 99994-9344, geomacunha@uol.com.br

1. INTRODUÇÃO E HISTÓRICO DE QUEDAS DE BLOCOS

O estudo de estabilidade em taludes rochosos à beira de rodovias é fundamental para que se possa propor medidas de prevenção e mitigação de riscos, e evitar que possíveis instabilidades tragam prejuízos à população local e aos veículos. A grosso modo, a ruptura de taludes em maciços rochosos está associada à presença de descontinuidades, como fraturas, falhas, juntas, planos de foliação e estratificações. A obtenção de modelos geológico/geomecânicos ajuda na identificação e caracterização dessas descontinuidades.

O RHRSS (*Rockfall Hazard Rating System*), método desenvolvido por Pierson *et al.* (1990), permite avaliar o grau de exposição de uma rodovia quanto ao risco de quedas de blocos em regiões próximas à taludes rochosos. Trata-se de um método simples para a determinação de encostas perigosas para o tráfego. Budetta (2004) modificou o índice para incluir as características geológicas da área, por meio do parâmetro SMR (*Slope Mass Rating*). Por meio da análise de nove parâmetros (Tabela 2) chega-se a uma pontuação final que indicará a magnitude do perigo aos usuários da estrada em caso de queda de blocos na via.

O estudo foi realizado em taludes rochosos da rodovia SP-055 (Rio-Santos), no município de São Sebastião, litoral norte de São Paulo (Figura 1). O trecho delimitado tem tráfego intenso de automóveis e caminhões, apenas uma faixa de rolamento para cada sentido e acostamento estreito.



Figura 1 - Localização da área de estudo (Fonte: Google Earth Pro (2017). Satelite: DigitalGlobe. Imagens de 28/09/16).

Apesar de não haver registros oficiais sobre a frequência de quedas de blocos na área e suas características, a região tem apresentado alguns eventos de destaque nos últimos anos, noticiados pelas mídias locais. Nas Figuras 2 a 7 podem-se observar rupturas nos taludes que formaram grandes blocos e atingiram a Rodovia Rio-Santos em áreas muito próximas à área estudada.



Figuras 2 e 3 – Talude rompido no km 119 - março de 2015. (Portal G1, 2015; Folha do Litoral Norte, 2015a).

Figura 4 – Ruptura de talude no km 120 – março de 2016 (Portal Fotos Públicas, 2016).



5



6



7

Figura 5 – Rompimento de talude no km 120 – março de 2016 (Portal Fotos Públicas, 2016).

Figuras 6 e 7 – Rompimento de talude no km 117 – setembro de 2015 (Folha do Litoral Norte, 2015 b).

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

A área de estudo está localizada no Complexo Costeiro (BISTRICHI et al., 1981), atualmente considerado de idade Neoproterozóica (CAMPOS NETO e FIGUEIREDO, 1985; DIAS NETO, 2001), inserido na porção central da Província Mantiqueira (ALMEIDA et al., 1981) e é composto fundamentalmente por rochas gnáissico-migmatíticas, além de corpos graníticos. A área de estudo enquadra-se no contexto geológico-estrutural definido por Maffra (2000) como Complexo Gnáissico-Migmatítico (Figura 8). Foram identificados na área de estudo fundamentalmente biotita gnaisses bandados de textura granolepidoblástica fina a grossa, compostos por quartzo, biotita, muscovita, plagioclásio, K-feldspato, localmente enriquecidos com granadas. A foliação é formada pela orientação preferencial das micas (em menor escala silimanita) dando à foliação gnáissica um aspecto muitas vezes xistoso quando a concentração de mica é maior. Localmente são identificadas bandas enriquecidas em quartzo e feldspato e/ou bandas mais migmatizadas, quando passa a exibir granulação média a grossa.

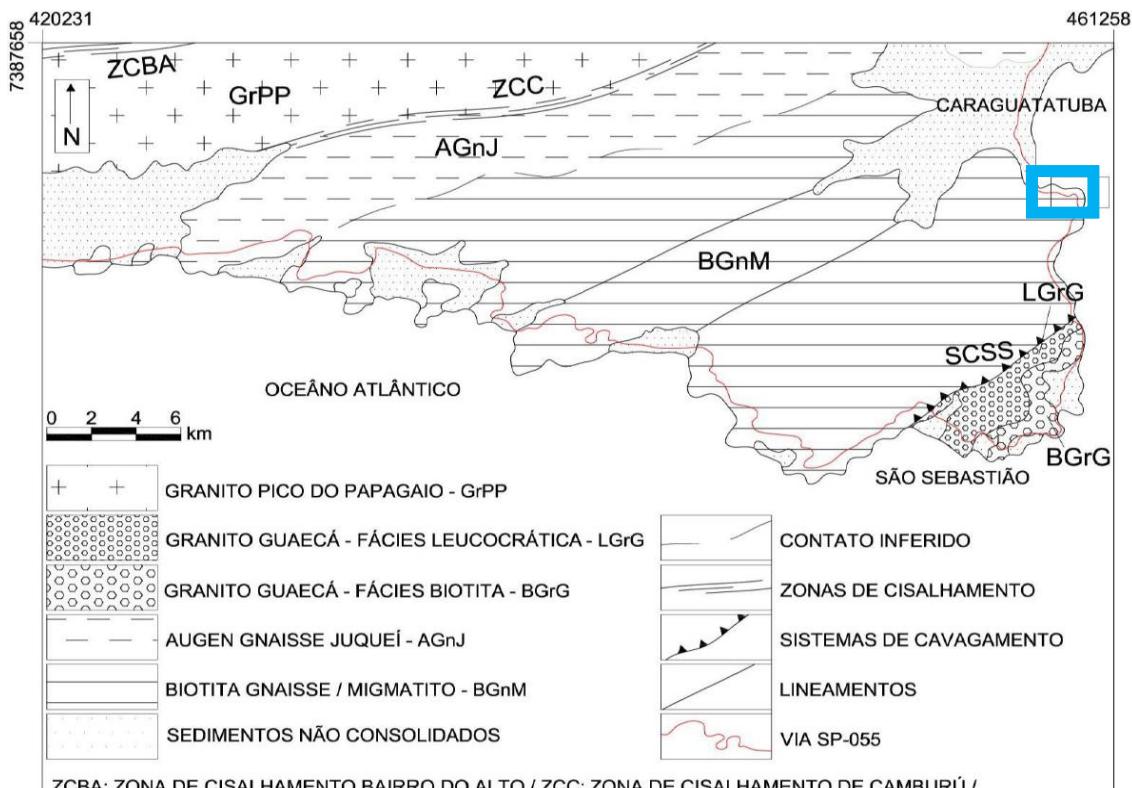


Figura 8 – Mapa geológico regional, em destaque azul o local da área de estudo. Adaptado de Maffra (2000).

As rochas mapeadas apresentam estrutura geral na direção ENE-WSW, com foliação definida pela orientação preferencial das micas. Esta estruturação está de acordo com a direção preferencial do sudeste brasileiro, segundo o qual encontram-se as grandes zonas de cisalhamento. A foliação tem, de modo geral, mergulhos geralmente entre 50° e 70° para NW, esta foliação é a descontinuidade que apresenta maior frequência, sendo nomeada neste trabalho como FL-1.

3. COLETA E TRATAMENTO DE DADOS GEOMECÂNICOS E ESTRUTURAIS

O local de estudo tem 1.095 m de comprimento, com taludes rochosos próximos ao pavimento em determinados pontos. O trecho foi dividido em 15 taludes, de modo a priorizar trechos onde já existem evidências de instabilidade (blocos caídos e rolados que atualmente encontram-se caídos próximos à rodovia). Os locais onde ocorrem afloramentos rochosos foram definidos e nomeados conforme a Figura 9. Para cada talude, foi realizado levantamento estrutural através do mapeamento de descontinuidades presentes como planos de falha, de fraturas e foliação principal. Parâmetros como direção e inclinação dos taludes foram medidos em campo juntamente com o RQD* (RQD teórico, calculado diretamente na face do talude utilizando o espaçamento das descontinuidades). A resistência à compressão uniaxial (RCU) foi estimada para cada talude utilizando como base a classificação proposta em ISRM (1978),

Para estabelecer a classificação geomecânica do maciço, as descontinuidades foram caracterizadas tendo como base metodologias empíricas, tais como o RMR proposto por Bieniawski (1989) e o SMR de Romana (1993). Por meio da observação direta foram descritas persistência, abertura, rugosidade, preenchimento, grau de alteração, espaçamento, presença de água, tamanho dos blocos e RQD*. O maciço rochoso apresenta-se de modo geral pouco alterado, com determinados pontos sãos e outros mais alterados, estes em geral mais próximos às fraturas. De forma geral, pode-se classificar o maciço como RS (Rocha Sã) com passagens de RAD (Rocha Alterada Dura), respeitando as particularidades de cada talude. O RQD* foi calculado nos maciços pelo método da “scanline” atingindo o índice de 80%, considerado de qualidade “boa”.

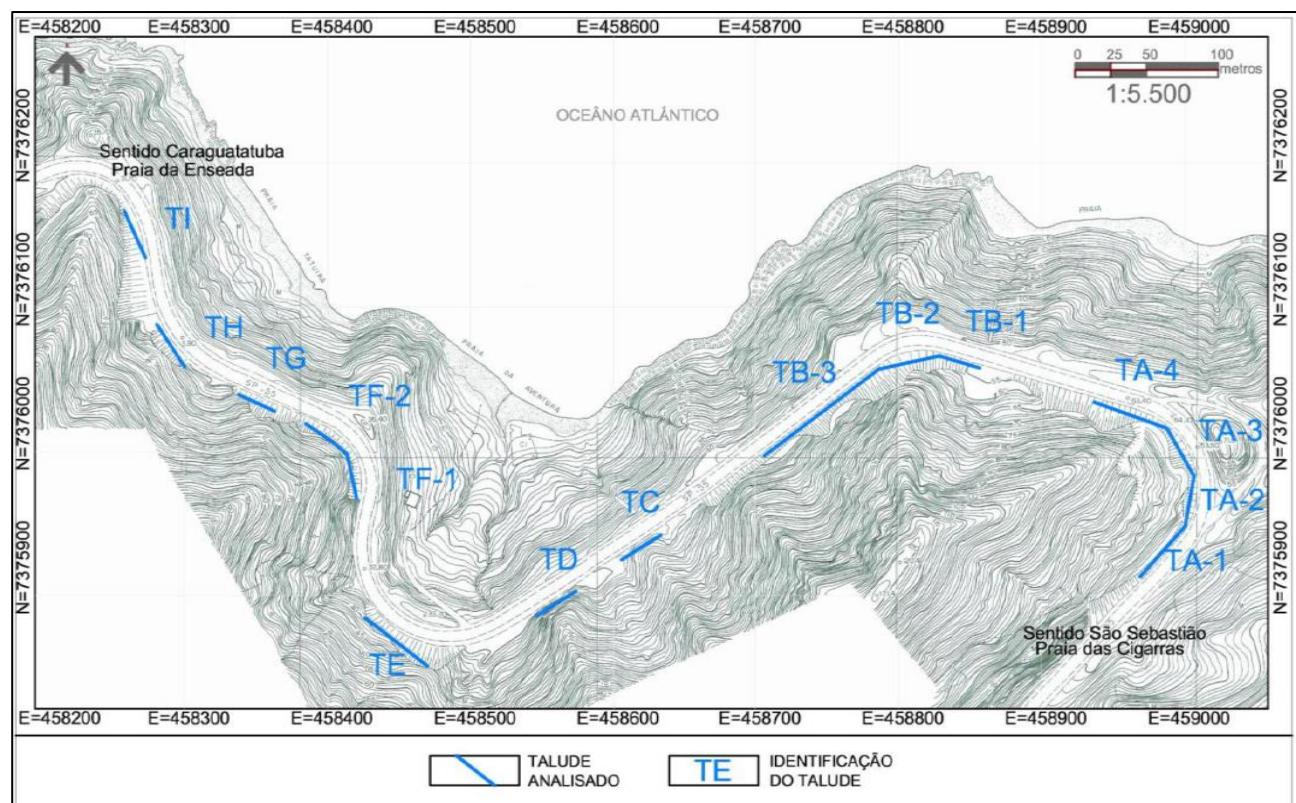


Figura 9 – Localização e identificação dos taludes estudados.

As informações coletadas em campo mostraram que as descontinuidades de todos os taludes apresentam algumas características semelhantes. Todos possuem em geral abertura inferior a 2,5 mm, paredes duras e forma da superfície planar, com paredes ligeiramente alteradas com preenchimento areno-argiloso no caso das fraturas e películas silto-arenosas no caso da foliação. A foliação é plana, lisa a pouco rugosa, enquanto as falhas podem se apresentar rugosas e ásperas. Tais características foram fundamentais para a definição do ângulo de atrito utilizado nas análises cinemáticas. Em relação aos aspectos hidrogeológicos, não foi constatada a presença de nenhuma urgência de água nas faces dos taludes estudados, assim, para efeito de classificação, foi considerado que o maciço se encontra seco.

A orientação das descontinuidades com relação aos taludes por trecho não foi considerada na classificação RMR, conforme propõe Romana (1985) em seu modelo SMR. Neste caso, as atitudes das descontinuidades e dos taludes foram registradas para a aplicação do SMR. Desta maneira foram obtidos apenas o RMRb (RMR básico), posteriormente corrigido para a orientação de cada talude pelo SMR.

A classificação no Sistema SMR é feita com base no valor do RMRb, utilizando o sistema proposto por Romana *et al.* (2003) de acordo com as orientações das descontinuidades mais desfavoráveis para a qualidade do maciço. Conforme Romana *et al.* (2003), o valor crítico (o mais baixo) é utilizado para representar o maciço (ver valores na Tabela 2).

4. ANÁLISE CINEMÁTICA DE ESTABILIDADE DE TALUDES

O ângulo de atrito utilizado para as análises cinemáticas foi obtido a partir da relação entre os índices J_r (valor obtido pela rugosidade do plano de descontinuidade) e J_a (valor obtido pelo grau de alteração ou preenchimento da descontinuidade) (BARTON, 2002), para cada uma das seis famílias de descontinuidades identificadas.

O resultado foi que a Família FL-1 (foliação) de descontinuidades foi a mais suscetível a rupturas em geral, devido ao seu ângulo de atrito mais baixo (estimado em cerca de 27°) e consequentemente menor resistência. Além destes motivos, a FL-1 apresenta, de modo geral, orientação próxima à maioria dos taludes no trecho (rumo do mergulho 330°) e é a descontinuidade de maior abrangência no maciço. A foliação, além de bem marcada no maciço, é em geral plana e pouco rugosa (por vezes lisas) devido à grande presença de micas. Na Tabela 1 é apresentado um resumo dos resultados da análise cinemática. Em cada orientação de talude foi feita a análise em relação aos mecanismos de rupturas planar, em cunha e tombamento. Todos os taludes analisados apresentam pelo menos uma possibilidade de ruptura.

Os dados gerados pela análise cinemática mostram que a foliação (FL-1) é a família de descontinuidades com maior probabilidade de gerar rupturas planares (sem depender de outras famílias), e também cunhas, pois, neste último caso, a foliação pode se combinar com praticamente qualquer outra família de descontinuidade pois está sempre bem marcada nos afloramentos.

Tabela 1 – Tipos de rupturas estudados e quais famílias aparecem mais vezes envolvidas nas possibilidades de rupturas.

TIPO DE RUPTURA	QUANTIDADE DE POSSIBILIDADES	FAMÍLIAS DE DESCONTINUIDADES ENVOLVIDAS	QUANTIDADE DE VEZES QUE UMA FAMÍLIA DE DESCONTINUIDADE ESTÁ ENVOLVIDA EM UMA POSSIBILIDADE DE RUPTURA
PLANAR	7	FL-1	5
		FR-5	2
CUNHA	24	FL-1	19
		FR-2	13
		FR-5	9
		FR-4	9
TOMBAMENTO	7	FR-2	6
		FR-5	1

5. CLASSIFICAÇÃO RHRs

Para a definição da pontuação de risco segundo o RHRs (*Rockfall Hazard Rating System*), diversos parâmetros devem ser considerados. Alguns destes itens são fixos para todos os taludes analisados, tais como a velocidade da via (70 km/h), a largura do pavimento (11 m), as condições climáticas (precipitação média anual de 1.210,34 mm – DAEE 2017), a frequência de queda de blocos (3 eventos por ano) e o volume diário médio (VDM) por hora (691 carros – DER 2015), este último usado para o cálculo do Risco Médio ao Veículo (RMV).

Os demais parâmetros foram estabelecidos para cada talude. Suas alturas foram estimadas em campo com o uso de clinômetro e confirmados pelos mapas topográficos disponíveis. A Efetividade da Área de Captura foi considerada como inadequada, na grande maioria dos taludes, segundo análise feita por meio do Ábaco de Ritche, mostrando que a distância entre os afloramentos e a via não é o suficiente para impedir que blocos soltos atinjam a estrada. O cálculo do Risco Médio ao Veículo (AVR), usa a relação entre comprimento do talude, velocidade da via e volume diário médio. A Porcentagem da Distância de Visibilidade (PDV) é relação entre as distâncias de visibilidade real (DVR) e de projeto (DVP). A dimensão dos blocos fora estabelecida com base em uma média dos diâmetros dos blocos encontrados caídos ao longo dos cortes para cada talude. Foram estabelecidos valores entre 0,5 m até 1,50 m para este item. Já para o Item “Condições Geológicas” são utilizados os valores de SMR estabelecidos anteriormente. A Tabela 2 mostra o resumo de todos os parâmetros utilizados para o cálculo do RHRs.

Tabela 2 – Todos os parâmetros avaliados para cada talude e direção de tráfego para obtenção da pontuação RHRs. H:

Altura, EF: Efetividade da área de captura, RMV: Risco médio ao veículo, PDV: Porcentagem da distância de visibilidade, LP: Largura do pavimento, DM: Dimensão dos blocos, CC: Condições climáticas, SMR: Condições geológicas, FQB: Frequência de queda de blocos.

CATEGORIA TALUDE	H (m)	EF	RMV(%)	PDV (%)	LP (m)	DM (m)	CC (mm)	SMR	FQB (#/ano)
TA-1	6	-	44,0	153 (S) 45 (N)	11	0,5	1210	43,00	3
TA-2	5	-	30,0	47(S) 46 (N)	11	1,0	1210	86,35	3
TA-3	13	-	35,0	38 (S) 53 (N)	11	0,5	1210	86,35	3
TA-4	15	-	69,0	50 (S) 128 (N)	11	1,2	1210	76,50	3
TB-1	15	-	30,0	152 (S) 42 (N)	11	1,1	1210	67,00	3
TB-2	20	-	33,0	95 (S e N)	11	1,5	1210	26,00	3
TB-3	18	-	12,8	90 (S) 220 (N)	11	1,5	1210	25,00	3
TC	13	-	25,0	221 (S) 105 (N)	11	1,5	1210	19,00	3
TD	12	-	20,0	297 (S) 53 (N)	11	0,9	1210	71,50	3
TE	15	-	35,0	47 (S) 51 (N)	11	1,0	1210	62,00	3
TF-1	7	-	25,0	88 (S) 43 (N)	11	0,5	1210	75,25	3
TF-2	7	-	25,0	39 (S) 213 (N)	11	0,5	1210	75,25	3
TG	10	-	20,0	70 (S) 153 (N)	11	1,0	1210	73,00	3
TH	10	-	35,0	126 (S) 95 (N)	11	0,5	1210	62,00	3
TI	13	-	39,0	186 (S) 45 (N)	11	1,5	1210	27,65	3

Na Tabela 3 estão as pontuações finais consideradas para cada talude, o risco associado e as prioridades nos tratamentos dos maciços. As pontuações finais foram obtidas pela média do RHRs para cada sentido da via em cada talude.

Tabela 3 – Resultados finais da pontuação RHRs por talude analisado. A pontuação por talude refere-se à média entre as pontuações para cada sentido de tráfego.

TALUDE	RHRS	OBSERVAÇÕES
TA-1	247	Baixo risco - Remediação não prioritária, ou não necessária
TA-2	297	Baixo risco - Remediação não prioritária, ou não necessária
TA-3	278	Baixo risco - Remediação não prioritária, ou não necessária
TA-4	332	Risco médio - Trabalhos de remediação devem ser feitos
TB-1	303	Risco médio - Trabalhos de remediação devem ser feitos
TB-2	492	Risco médio - Trabalhos de remediação devem ser feitos
TB-3	765	Alto risco - Remediação deve ser feita imediatamente
TC	551	Alto risco - Remediação deve ser feita imediatamente
TD	252	Baixo risco - Remediação não prioritária, ou não necessária
TE	229	Baixo risco - Remediação não prioritária, ou não necessária
TF-1	247	Baixo risco - Remediação não prioritária, ou não necessária
TF-2	252	Baixo risco - Remediação não prioritária, ou não necessária
TG	251	Baixo risco - Remediação não prioritária, ou não necessária
TH	144	Baixo risco - Remediação não prioritária, ou não necessária
TI	504	Alto risco - Remediação deve ser feita imediatamente

6. INTERPRETAÇÕES E DISCUSSÃO

Em todos os taludes existe ao menos uma possibilidade de ruptura, em destaque as cunhas formadas pela intersecção das famílias de fraturas FR-2 e FR-5 e pelas associadas à família de foliação FL-1. Rupturas envolvendo a família de foliação são possíveis apenas nos taludes com mergulhos para noroeste, direção da maioria dos taludes amostrados, o que representa, portanto, a família de descontinuidade mais problemática. Cerca de 80% das potenciais rupturas em cunha e 70% das planares envolvem a família da foliação.

Em certos casos um alto valor do RMRb (Muito Bom ou Bom) não reflete na segurança da via em relação à possíveis rupturas do maciço. Esse fato poderia ser esperado, não apenas pelo fato de que este índice foi inicialmente proposto para túneis e não para taludes a céu aberto, mas principalmente por que o RMRb não leva em conta a orientação das descontinuidades. Valores de SMR mais discrepantes em relação ao RMRb foram encontrados nos taludes TA1, TB1, TB2, TB3, TC e TI, mostrando diferenças suficientemente grandes para baixa-los de categoria. Justamente nestes taludes foram encontradas maiores quantidades de blocos caídos próximos ao acostamento da via e cicatrizes deixadas por rupturas. Dessa forma, o índice SMR mostra-se mais confiável, ou mais realista para a análise de taludes rochosos do que o RMRb, por levar em conta as possibilidades de rupturas cinemáticas para cada talude individualizado. Dessa forma, os resultados foram bastante consistentes com as observações de campo. Portanto, tal comparação mostra o peso da análise estrutural na quantificação da qualidade do maciço.

Em relação ao RHRs notou-se que a efetividade da área de captura e a dimensão dos blocos constituem fatores críticos para as pontuações neste trecho. Em quase todo o traçado analisado a pontuação referente a área de captura foi a máxima, ou seja, entre a pista e os afloramentos não existe largura e profundidade suficientes para evitar que um bloco de rocha atinja a pista, mesmo nos menores taludes. A Figura 10 mostra as fotos dos taludes mais críticos.

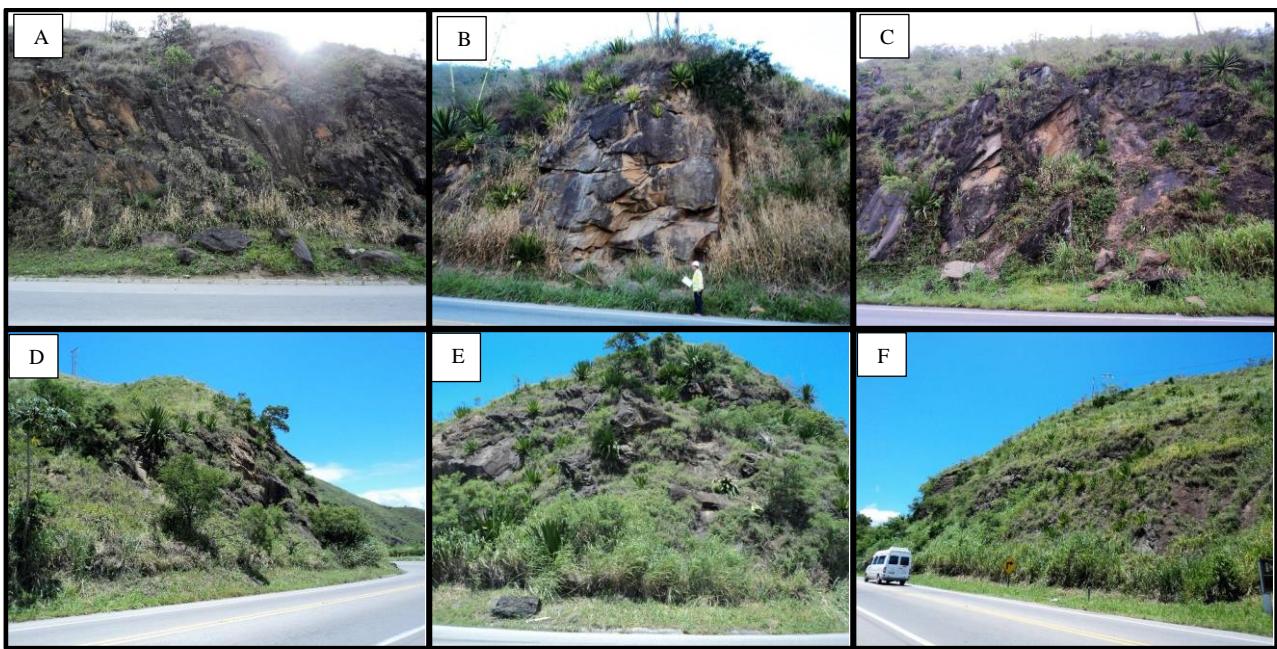


Figura 10 - Talude TI com vistas para o trecho mais crítico (A) - Talude TC com vistas para o trecho mais crítico (B) - Talude TB-3 com vistas para o trecho mais crítico (C) - Talude TB-1 mostrando a foliação subparalela ao talude (D) - Talude TB-2 com bloco caído próximo à estrada (E) - Talude TA-4 mostrando a vista lateral com afloramentos altos inacessíveis (F).

7. CONCLUSÕES

A análise do risco por meio do *Rockfall Hazard Rating System* (RHRS) modificado resultou em um mapa de distribuição de risco ao longo do trecho estudado, apresentado na Figura 11. A conclusão é que entre os km 115+875 m e km 115+913 m (TI – Figura 10A), entre os km 116+390 m e km 116+416 m (TC – Figura 10B), e entre os km 116+472 m e km 116+607 m (TB-3 – Figura 10C) as pontuações foram altas (acima de 500 pontos) e indicam ser necessárias medidas imediatas de estabilização para impedir que blocos de rocha possam atingir a estrada. Tais trechos indicam altos riscos aos usuários da via, de modo que uma eventual ruptura pode ocasionar grandes prejuízos materiais (aos veículos e à via) e às pessoas.

Outros trechos alcançaram pontuações que indicam ser necessárias trabalhos de remediação, não de forma imediata como os citados anteriormente, mas ainda sim prioritários. São os casos entre km 116+607 m e km 116+698 m (Talude B1 e B2 – Figuras 10C e 10D), e entre os km 116+756 m e km 116+811 m (Talude A4 – Figura 10F).

Dessa maneira, em 32% do trecho analisado devem ser tomadas alguma medida de estabilização dos taludes e em 20% do trecho os trabalhos de remediação deveriam ser imediatos, valores muito altos considerando o intenso tráfego da via.

Diversos índices e parâmetros são necessários para alcançar as notas finais referentes à classificação do risco. Procurou-se utilizar meios diretos para a obtenção destes índices, em campo ou por meio de análise bibliográfica, de modo a fugir dos longos prazos e consideráveis recursos financeiros referentes a ensaios laboratoriais diversos. Dessa forma conclui-se o trabalho com uma proposta rápida e prática para o estabelecimento do risco associado a rupturas de maciços e de critérios de prioridade no tratamento de taludes às margens da rodovia. O resultado da classificação apresentado nesta pesquisa pode ser utilizado como ferramenta de gestão rodoviária para o local e serve como referência para futuros trabalhos.

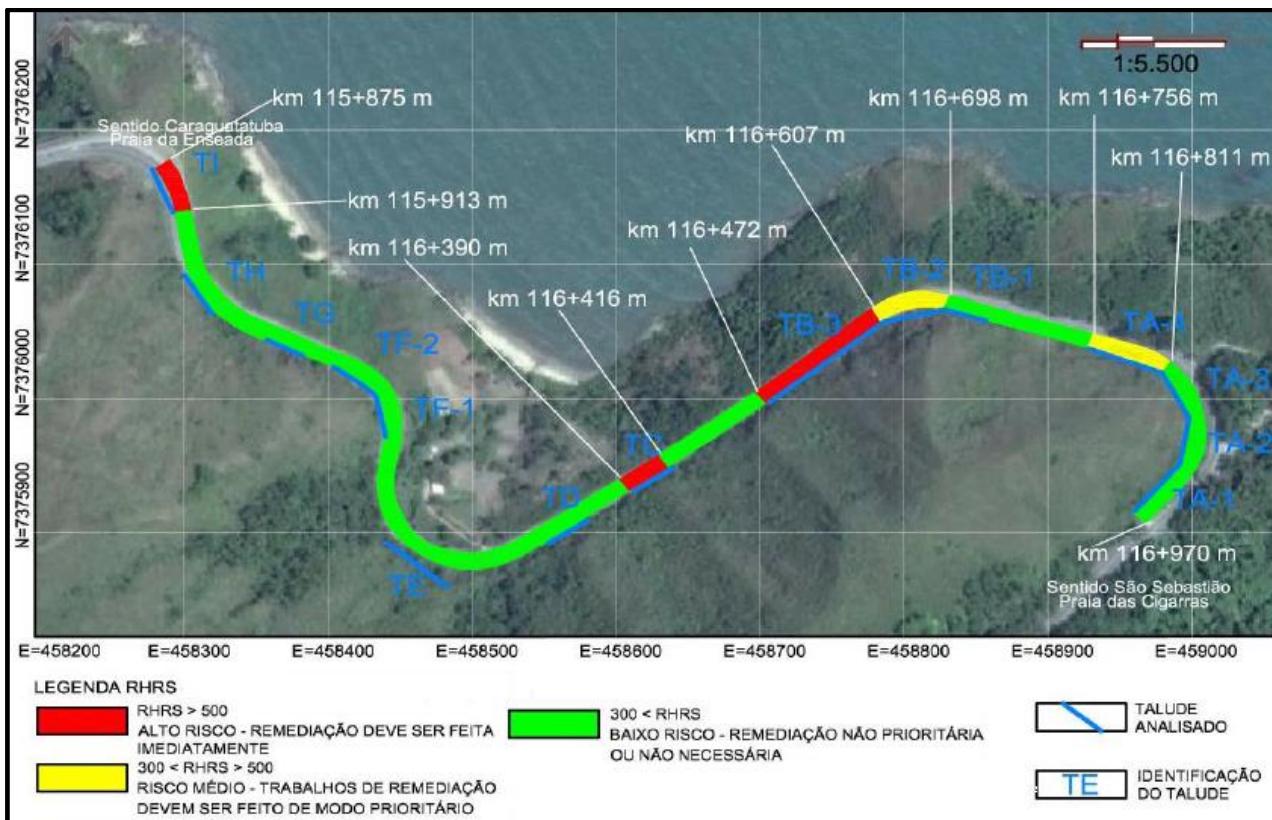


Figura 11 - Distribuição de risco ao longo da ligação entre a Praias da Enseada e das Cigarras.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M., HASUI Y., BRITO NEVES B.B., FUCK, R.A. (1981). Brazilian Structural Provinces: An Introduction. *Earth-Science Reviews*, 17(1/2): 1-29.
- BARTON, N. (2002). Some new Q-value correlations to assist in site characterisation and tunnel design. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 39(2), 185-216.
- BIENIAWSKI Z.T. (1989). Engineering rock mass classifications. A complete manual for Engineers and geologists in Mining, Civil and Petroleum Engineering. John Wiley & Sons, 251p.
- BISTRICHI, C.A.; CARNEIRO, C.D.R.; DANTAS, A.S.L.; PONÇANO, W.L.; CAMPANHA, G.A. da C.; NAGATA, N.; ALMEIDA, M.A. de; STEIN, D.P.; MELO, M.S. de; CREMONINI, O.A.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M. (1981). Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas/IPT.
- BUDETTA, P. (2004). Assessment of rockfall risk along roads. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 4(1), 71-81.
- CAMPOS NETO, M.C., FIGUEIREDO, M.C.H. (1985). The Rio Doce Orogeny, southeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 8(2), 143-162.
- DIAS NETO, C.M. (2001) Evolução tectono-termal do Complexo Costeiro (Faixa de Dobramentos Ribeira) em São Paulo. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências, USP.
- DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica (2017). Banco de Dados Hidrológicos. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria Estadual de Saneamento e Energia. <http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/Default.aspx?dadosorigem=Pluviom%C3%A9tricos&ugrhi=UGRHI&cidadeugrhi=LITORAL%20NORTE&prefixoposto=E2-045>. Acesso em 02/05/2017.
- DER - Departamento de Estradas de Rodagem (2015). Estatística de Tráfego – Volume Diário Médio - por Rodovia. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Logística e Transportes.

http://200.144.30.103/vdm/SFCG_VdmRodComerciais.asp?CodRodovia=Todas%20as%20rodovias. Acesso em 22/02/2017.

FOLHA DO LITORAL NORTE (2015a). Rodovia Rio-Santos é interditada hoje (25) no Km 119 pela Defesa Civil após queda de 5 rochas na praia de São Francisco em São Sebastião. Acesso em 23 de fevereiro de 2017, <http://folhadolitoralnorte.net.br/rodovia-rio-santos-e-interditada-hoje-25-no-km-119-pela-defesa-civil-apos-queda-de-5-rochas-na-praia-de-sao-francisco-em-sao-sebastiao>.

FOLHA DO LITORAL NORTE (2015b). Toneladas de pedras desabam hoje (14) sobre a rodovia Rio-Santos em São Sebastião. Acesso em 23 de fevereiro de 2017, <http://folhadolitoralnorte.net.br/toneladas-de-pedras-desabam-hoje-14-sobre-a-rodovia-rio-santos-em-sao-sabastiao/>.

GOOGLE EARTH PRO (2017). Google Earth™, serviço de mapas.

ISRM – International Society for Rock Mechanics, Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests (1978). Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. Int. J. of Rock Mechanics and Mining Sciences 15: 319-368.

MAFFRA, C. Q. T. (2000). Geologia estrutural do embasamento cristalino na região de São Sebastião, SP: Evidências de um domínio transpressivo. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências, USP.

PIERSON, L. A., DAVIS, S. A., VAN VICKLE, R. (1990). Rockfall Hazard Rating System – Implementation Manual. Washington: Federal Highway Administration (FHWA).

PORTAL FOTOS PÚBLICAS (2016). Deslizamento de pedras no km 120 da Rio-Santos em São Sebastião. Acesso em 23 de fevereiro de 2017, <https://fotospublicas.com/deslizamento-de-pedras-no-km-120-da-rio-santos-em-sao-sebastiao/>.

PORTAL G1 (2015). Queda de pedras interdita rodovia Rio-Santos em São Sebastião, SP. Acesso em 10 de julho de 2017, <<http://g1.globo.com/sp/vale-do-pariba-regiao/noticia/2015/03/queda-de-pedras-interdita-rodovia-rio-santos-em-sao-sebastiao-sp.html>>

ROMANA, M. (1985). New adjustment ratings for application of Bieniawski classification to slopes. In Proceedings of the international symposium on role of rock mechanics, Zacatecas, Mexico (pp. 49-53).

ROMANA, M. (1993). A geomechanical classification for slopes: slope mass rating. In. Comprehensive Rock Engineering, 3(1), 575-599.

ROMANA, M., Serón, J. B., Montalar, E. (2003). SMR geomechanics classification: application, experience and validation. In: Proceedings of the international symposium on role of rock mechanics, South African Institute of Mining and Metallurgy. P.1-4.