

AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE OCORRÊNCIA DE DEBRIS FLOW AO LONGO DOS VALES DA RODOVIA DOS CONTORNOS DA NOVA TAMOIOS – CARAGUATATUBA E SÃO SEBASTIÃO – LITORAL NORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

Márcio Angelieri Cunha¹; Marcos Saito de Paula²; Bruno Paulo Goulart³

Resumo – O projeto da Rodovia dos Contornos da Nova Tamoios – Caraguatatuba e São Sebastião, atravessa uma das áreas mais desafiadoras para projetos de engenharia no estado de São Paulo, a Serra do Mar. A combinação da geologia local e encostas íngremes com alta pluviosidade resulta em diversos tipos de depósitos de encostas, como talus, blocos de rocha e os depósitos resultantes de corridas de detritos. Para o projeto dos Contornos, foram desenvolvidos detalhados estudos geológico-geotécnicos, sendo um deles uma avaliação da possibilidade de ocorrência de corridas de detritos (*debris flow*), associado às diversas bacias hidrográficas que são atravessadas pelo traçado. Estes estudos tiveram por objetivo identificar a possibilidade de eventos de corridas de detritos atingirem as obras de arte especiais (OAE) e de alguma forma comprometer as suas estruturas. Essa avaliação considerou um conjunto de parâmetros adotados em uma metodologia para regiões semelhantes às da área de estudo, além de informações geológico-geotécnicas específicas obtidas durante os estudos para o projeto. Como resultado foram apresentadas recomendações de soluções para cada local. Os desdobramentos destes estudos tiveram diversas consequências. A mais drástica foi uma mudança completa de projeto, com uma solução de OAEs e terraplenagem para uma solução em túneis e mudança de traçado. Dois casos tiveram como consequência recomendações de vãos de 40 metros entre apoios de OAEs (sendo que em uma delas foi recomendada proteção para os pilares) e um quarto caso terminou com a conclusão de que a área não era vulnerável à eventos de corridas de detritos.

Abstract – The design and project of the Highway Contornos da Nova Tamoios – Caraguatatuba and São Sebastião, crosses one of the most challenger geographical areas for civil engineering design in the state of São Paulo, the Serra do Mar mountain range. Local geology, combined with steep slopes and high rainfall amount results in many types of slope deposits, such as talus deposits, boulders and those formed by debris flow events. For this project, many geological and geotechnical studies were developed, one among them was aimed at predicting debris flow probabilities in the many hydrographic basins crossed by the highway. These studies' objectives were to evaluate if debris flow events could cause any harm to bridges' structures. Parameters from a specific methodology and geological and geotechnical data from the project were used in this assess, resulting in recommendations for each site of study. The most drastic result was a complete redesign of the highway concept, changing from a bridge and earthwork solution to tunnels. Two sites recommendations were a minimum of 40 m span for bridges, and for one of these bridges there was also a pillar protection advice. The last site conclusion was a non-vulnerable situation for debris flow events.

Palavras-Chave – *debris flow*; escorregamentos, Serra do Mar, obras rodoviárias.

¹ Geól., MSc, GeoMAC Consultoria, São Paulo – SP, (11) 99994-9344, geomacunha@uol.com.br

² Geól., MSc, Systra Engenharia, São Paulo – SP, (11) 3075 3840, marcosaito@gmail.com

³ Eng., DERSA – Desenvolvimento Rodoviário SA: São Paulo – SP, (11) 3702 8096, Bruno.Goulart@dersa.sp.gov.br

1. INTRODUÇÃO

Foram iniciadas em 2014 as obras para a implantação da Rodovia dos Contornos da Nova Tamoios, de Caraguatatuba e São Sebastião, no Litoral Norte do Estado de São Paulo. Os projetos desenvolvidos foram precedidos por detalhados estudos geológico-geotécnicos ao longo de todo o traçado e nas áreas do entorno dessa rodovia. Entre os vários estudos desenvolvidos para esta obra, foi realizada uma avaliação da possibilidade de ocorrência de corrida de detrito (*debris flow*), associada às diversas bacias hidrográficas que são atravessadas pelo traçado dos Contornos. Tais estudos tiveram como objetivo identificar a possibilidade de eventos dessa natureza atingirem as obras de arte especiais (OAE) e de alguma forma comprometer as suas estruturas de apoio.

As corridas de detritos possuem características físicas e dinâmicas distintas de outros movimentos de massa. Diferem dos escorregamentos em maciços de solo pela maior velocidade de escoamento e por um comportamento mais fluido que se desenvolve pelos talvegues de regiões montanhosas. As corridas de detritos (*debris flow*), geralmente catastróficas, afetam sobremaneira as condições de ocupação urbana, em particular, e do meio ambiente, em geral, provocando muitos danos, prejuízos materiais e causando vítimas fatais. O fenômeno ocorre de maneira natural nas encostas serranas, estando associado às condições topográficas, climáticas e geológicas, sendo, porém, deflagrado sempre por episódios de chuvas prolongadas e intensas. No sul e sudeste do Brasil estes eventos já foram observados nas áreas montanhosas da Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e Serra Geral.

Tendo em vista a possibilidade de ocorrência de corrida de detritos na região, foram realizadas avaliações em todas as OAEs da Estrada dos Contornos que atravessavam curso d'água, destacando-se em especiais algumas mais críticas localizadas em pontos mais suscetíveis a esse tipo de fenômeno, descritas e discutidas nesse trabalho. Essas áreas estão indicadas na Figura 1 e são as seguintes: OAE 103 – Rio Guaxinduba, OAE 201- Rio Santo Antônio, OAE 221 – Córrego São Tomé e OAE 401- Ribeirão da Fazenda.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

2.1. Localização da Rodovia dos Contornos da Nova Tamoios

Essa rodovia contorna as cidades de Caraguatatuba e São Sebastião iniciando-se na SP-55, próximo do bairro Martin de Sá, em Caraguatatuba e chegando ao Porto de São Sebastião, conectando-se novamente a Rodovia SP-55. A Figura 1 mostra localização do projeto e a Figura 2 o traçado e a localização das OAEs onde foram desenvolvidos os estudos detalhados para o fenômeno de corrida de detritos.



Figura 1 – Localização dos Contornos de Caraguatatuba e São Sebastião.

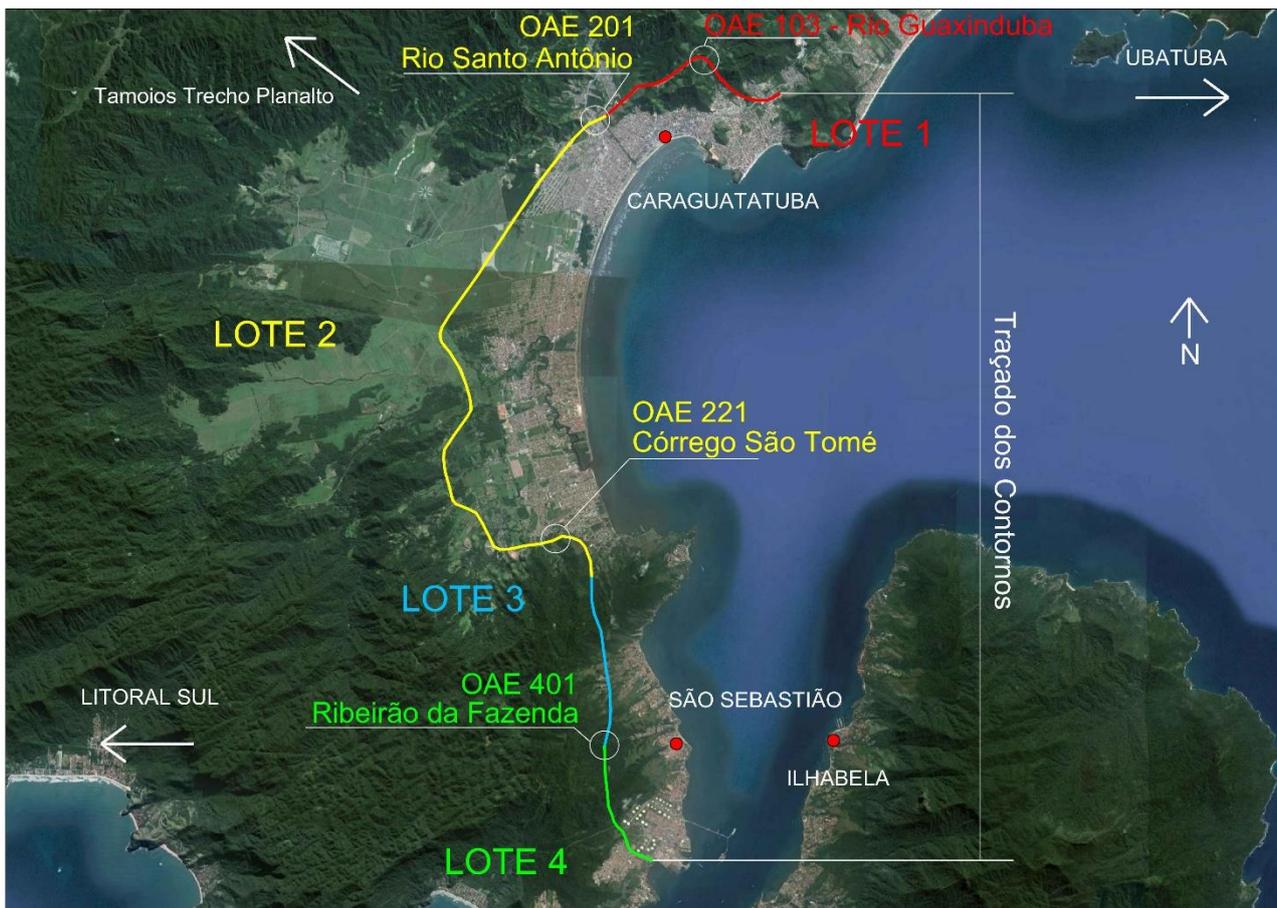


Figura 2 – Traçado dos Contornos de Caraguatatuba e São Sebastião e das OAEs onde foram estudadas as possibilidades de corridas de detritos.

2.2. Aspectos Geológicos da Região

O trecho onde de projeto dos Contornos de Caraguatatuba e São Sebastião situam-se em área de rochas metamórficas do denominado Complexo Costeiro, considerado de idade neoproterozóica (final do pré-cambriano).

Além destas rochas metamórficas, o traçado atravessa grande extensão de sedimentos quaternários, acumulações aluvionares e depósitos de tálus, de idade pleistocênica (quaternário recente) e localmente diques e sills de rochas básicas e alcalinas, principalmente lamprófiros, de idade cenozóica, alojados nos gnaisses pré-cambrianos, principalmente no trecho do Contorno de São Sebastião.

As rochas do embasamento cristalino estão associadas às escarpas da Serra do Mar e morros testemunhos localizados na Planície Aluvionar. Na porção norte do Contorno de Caraguatatuba (Lote 1) são indicadas como constituídas, predominantemente, por um leucogranitóide com granada, localmente enriquecido em biotita, por vezes alcançando termos pegmatíticos. A porção do Contorno Sul de Caraguatatuba (Lote 2 e início do Lote 3) é indicada como constituída por migmatitos com estruturas variadas, textura predominantemente grossa, até termos porfiróides e nebulíticos e alguns níveis de anfibolitos intercalados.

A porção do Contorno de São Sebastião (parte do Lote 3 e Lote 4) é constituída por 3 litotipos diferentes. O primeiro é de migmatitos, com estruturas variadas, textura predominantemente grossa, até termos porfiróides e nebulíticos, além de granada e alguns níveis de anfibolitos intercalados; o segundo formado por biotita gnaisses com granada, passando a migmatitos predominantemente estromatíticos (bandados) com paleossoma biotítico, podendo, localmente, atingir termos nebulíticos; e o terceiro por leucogranitóide com granada, localmente enriquecido em biotita, atingindo termos pegmatíticos.

Na literatura geológica encontram-se referências à presença de diques básicos a ultrabásicos alcalinos, que se situam em torno da direção N50°E, variando entre N10°E e N88°E (Garda & Schorscher, 1996), sendo citado apenas um dique de lamprófiro na direção N45°W.

Nos levantamentos de campo realizado para o presente trabalho, foram observados diques e sills essencialmente afaníticos, por vezes porfiríticos, de coloração cinza escura, que foram classificados, genericamente, como lamprófiros, orientados segundo duas direções preferenciais: por volta de N50°E e em torno de N-S

O Compartimento geológico-geomorfológico correspondente à Planície Costeira é de origem quaternária, com 12 km de comprimento e 7 km de largura máxima, apresentando relevo praticamente plano e lençol freático próximo a superfície, localmente aflorante abrangendo maior parte do Lote 2. É constituído por sedimentos associados aos antigos cordões arenosos retrabalhados por ação eólica e fluviais e sedimentos flúvio-lagunares de características predominantemente argilosas. Estes últimos ocorrem em superfície e em profundidade e estão associados a antigos mangues, originando os solos moles, ou em depressões úmidas atuais constituídas por materiais marinhos e fluviais acrescidos de argila orgânica, também constituindo os solos moles. Além destes, ocorrem também depósitos aluvionares dispostos em terraços atuais e pré atuais (elevados) incluindo material marinho retrabalhado e disposto em lentes interdigitadas constituídas por materiais de granulometria variadas. Esses depósitos Pleistocênicos (sedimentados há mais de 100 mil anos) e Holocênicos (de 8.000 anos até os dias atuais) são detalhadamente descritos por Suguio & Martin (1978).

Por se tratar de uma planície, os rios das redes hidrográficas são meandrantés, com mudanças nos cursos dos seus leitos ao longo do tempo, formando depósitos de solos moles e areias fofas com variações laterais abruptas e ocorrências localizadas. Alguns desses rios correm paralelamente aos cordões de areia; outros cruzam esses cordões. Esses aspectos, somados aos diferentes processos deposicionais, justificam a extrema heterogeneidade do subsolo ao longo do traçado do Lote 2.

2.3. Breve Histórico do Evento Relacionado a *Debris Flow* Ocorrido na Região de Caraguatatuba

Especificamente na região de Caraguatatuba ocorreram entre 17 e 18 de março de 1967, após a precipitação de 420 mm de chuva em um período de 24 horas (e 586 mm em 48 horas), escorregamentos generalizados nas encostas no entorno da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, que resultaram em corrida de detritos ao longo desse Rio e de outros existentes na região, como o Rio Guaxinduba. Cadastramentos apresentados por Fulfaro *et al.* (1976) indicaram que foram mobilizados apenas no Vale do Rio Santo Antônio cerca de 4,2 milhões de metros cúbicos de material ou cerca de 7,6 milhões de toneladas. Petri e Suguio (1971) calcularam para este mesmo evento 2 milhões de toneladas de material mobilizado para o Vale do Rio Santo Antônio. A Figura 3 mostra uma vista geral desse evento no Vale do Rio Santo Antônio.

Gramani e Kanji (2001) apresentam um inventário de corridas de detrito no Brasil e dentre elas destacam a de Caraguatatuba como uma das maiores do mundo com 120 mortes cadastradas e cerca de 400 casas destruídas.



Figura 3 - Serra de Caraguatatuba (1967) após as fortes chuvas do mês de março. O traço em vermelho identifica o local da transposição do Vale Santo Antônio pelo futuro Contorno de Caraguatatuba. (reproduzida de Gramani & Kanji, 2001).

3. METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA SUCEPTIBILIDADE DE OCORRÊNCIA DE *DEBRIS FLOW*

Kanji *et al.* (2003) desenvolveram estudos para avaliar a suscetibilidade de ocorrência de *debris flow* considerando um conjunto de fatores relacionados as condições pluviométricas, morfologia dos terrenos, condições geológicas e formas de uso e ocupação da área. Estes autores destacam que os *debris flow* resultam de um enorme conjunto de escorregamentos, onde os materiais mobilizados, em condições altamente fluidas, se direcionam para o leito do rio, resultando em movimentos rápidos dos materiais ao longo dos talvegues e gerando grande poder destrutivo dada à elevada energia de transporte dos detritos em movimento.

A avaliação da suscetibilidade, proposta por estes autores, é resultante da ponderação dos fatores apresentados na Tabela 1, definidos pelos respectivos pesos, classes, intervalos de valores e graus parciais.

O Índice de Suceptibilidade (IS) é calculado pela somatória dos graus parciais e respectivo peso de cada um dos fatores ou, seja $IS = \sum (\text{Peso} \times \text{Grau parcial})$ e comparado com a Tabela 2 para classificação da sua suscetibilidade à ocorrência de *debris flow*. Adotando-se essa metodologia foi calculado o Índice de Suceptibilidade (IS) para os 4 locais mencionados no item 1 e resumidamente apresentados na Tabela 3.

Para todos os locais foi considerado um intervalo de precipitação pluviométrica entre 60 e 80 mm/h. As características definidas para cada local são apresentadas na própria Tabela 3, identificado como “valor adotado para cada Fator”. Deve-se ressaltar que para o caso das condições geológicas foi adotado o valor mais crítico para 3 dos 4 locais, o que é compatível com a condição da instabilidade atual apresentada pelas encostas da Serra do Mar em geral e para a região de Caraguatatuba em particular. Deve ser destacado que a evolução dessas encostas ocorre através de processos naturais caracterizados pelos escorregamentos, os quais são bastante comuns em períodos chuvosos, sempre deflagrados por elevados índices pluviométricos.

Tabela 1 – Parâmetros para a avaliação da susceptibilidade da ocorrência de *debris flow* (adaptado de Kanji *et al.* 2003).

FATOR	CLASSE	PESO	INTERVALOS DE VALORES PARA O FATOR	GRAU PARCIAL
Chuva (mm/h)	C1	3	> 80	10
	C2		60 – 80	6,6
	C3		30 -60	3,3
	C4		< 30	0
Talude/encosta (graus)	T1	2,5	> 45	10
	T2		30 - 45	6,6
	T3		15 - 30	3,3
	T4		< 15	0
Declividade do rio (graus)	D1	0,5	> 25	10
	D2		15 – 25	6,6
	D3		10 - 15	3,3
	D4		< 10	0
Área da bacia (km ²)	A1	1	< 5	10
	A2		5 – 10	6,6
	A3		10 – 20	3,3
	A4		>20	0
Altura dos taludes/encostas (m)	H1	1	> 750	10
	H2		500 – 750	6,6
	H3		200 - 500	3,3
	H4		< 200	0
Uso da terra e cobertura vegetal*	V1	0,5	90 – 100	10
	V2		50 – 90	6,6
	V3		30 – 90	3,3
	V4		<30	0
Condições geológicas**	G1	1,5	G1	10
	G2		G2	6,6
	G3		G3	3,3
	G4		G4	0

* Área ocupada ou sem vegetação

** Inclui tipo de solo e rocha, propriedades geotécnicas, estrutura e recorrência

Tabela 2 - Índice de suscetibilidade

Intervalo	Índice de suscetibilidade
80 – 100	Muito alto
60 – 80	Alto
40 – 60	Médio
20 – 40	Baixo
0 - 20	Muito baixo

Tabela 3 – Cálculo do Índice de Susceptibilidade para a ocorrência de *debris flow* na Região do projeto dos Contornos de Caraguatatuba e São Sebastião

OAE	OAE 103 (LOTE 1)	OAE 201 (LOTE 2)	OAE 221 (LOTE 2)	OAE 401 (LOTE 4)
FATOR	Peso x Grau parcial (Valor adotado para o Fator)			
Chuva (mm/h)	3 x 6,6 (60 – 80 mm/h)	3 x 6,6 (60 – 80 mm/h)	3 x 6,6 (60 – 80 mm/h)	3 x 6,6 (60 – 80 mm/h)
Talude (graus)	2,5 x 6,6 (30 – 45°)	2,5 x 6,6 (30 – 45°)	2,5 x 3,3 (15 - 30°)	2,5 x 6,6 (30 – 45°)
Declividade do rio (graus)	0,5 x 0,0 (3°)	0,5 x 0,0 (1°)	0,5 x 0,0 (<10°)	0,5 x 3,3 (10°)
Área da bacia (km²)	1 x 3,3 (12,66 km ²)	1 x 0,0 (35,13 km ²)	1 x 10 (2,07 km ²)	1 x 10 (2,3 km ²)
Altura dos taludes (m)	1 x 6,6 (500 – 750 m)	1 x 6,6 (500 – 750 m)	1 x 6,6 (500 - 750 m)	1 x 3,3 (200 - 500 m)
Uso da terra ou sem cobertura vegetal	0,5 x 0,0 (<30%)	0,5 x 0,0 (<30%)	0,5 x 0,0 (<30%)	0,5 x 0,0 (<30%)
Condições geológicas	1,5 x 10 (situação mais crítica)	1,5 x 10 (situação mais crítica)	1,5 x 3,3	1,5 x 10 (situação mais crítica)
ÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE	61,20	57,90	49,60	66,25

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Ao longo do traçado do Contorno de Caraguatatuba e São Sebastião foi realizado um mapeamento de campo juntamente com interpretação de fotos aéreas da Base S/A de janeiro de 2013 na escala 1:4.000, sendo identificadas 4 principais áreas sujeitas a corrida de detrito (*debris flow*), as quais poderiam afetar as obras de transposição dos respectivos talvegues. Essas obras foram identificadas como OAE 103 (Lote 1), Transposição do Rio Santo António (Final do Lote 1 e início do Lote 2), OAE 221 (Lote 2) e OAE 401 (Lote 4) sendo os locais descritos conforme abaixo:

4.1 OAE 103 – estaca 1113+1,850m a 1140+14,850 (Lote 1)

Essa obra atravessa uma planície aluvionar (alveolo) com cerca de 300m de largura situado entre as cotas 25 e 30m associada ao Rio Guaxinduba. Atualmente pode ser encontrada uma deposição de materiais de origem sedimentar continental (solos e blocos) mostrados na Figura 4. A área está parcialmente urbanizada com residências.

4.2 Travessia do Rio Santo António – estaca 1304 a 1307 (Lote 1) e estaca 2000 a 2025 (Lote 2)

Trata-se da transposição do vale do Rio Santo António, constituída por uma planície aluvionar de origem marinha e continental (Figura 5). No projeto a transposição se dá por meio de várias obras, tendo em conta que sua largura no local é de cerca de 550m. O trecho da transposição está totalmente ocupado por edificações.

4.3 OAE 221 – estaca 2825 a 2840 (Lote 2)

A localização desta OAE (Figura 6) transpõe um corpo de tálus associado a movimentos de massa pretéritos que resultaram na deposição dos materiais mobilizados já na cota aproximada de 10m, ou seja, em zona de deposição final do talvegue. No perfil geológico geotécnico ao longo do traçado da OAE 221, foi observado o resultado das sondagens, em que se verifica a existência de alguns poucos blocos de rocha de dimensões predominantemente inferiores a 1,5m de diâmetro, o que é corroborado pelas observações durante o mapeamento de superfície realizado para este trabalho. Tais condições indicam que este local é de deposição final

dos materiais mobilizados nos movimentos de massa, visto que nos sedimentos não tem sido verificado a ocorrência de materiais granulares grosseiros.

4.4 OAE 401 – estaca 4005 a 4015 (Lote 4)

Trata-se da transposição do Ribeirão da Fazenda, o qual está associado à um talvegue (Figura 7) onde se observa a ocorrência de um pequeno corpo de tálus, com largura de cerca 70m, encaixado ao longo desse talvegue.



Figura 4 – Vista geral do atual leito do Rio Guaxinduba no local de transposição do traçado do projeto Contorno, onde se observam blocos de rocha transportados de montante.



Figura 5 – Detalhe do Rio Santo António sob a ponte situada a 100m para jusante do traçado do Contorno. Notar a deposição de areia no leito e a seção hidráulica reduzida



Figura 6 – Vista geral da área de transposição da OAE 221. Notar a SR-21C-103 na estaca 2834. Ao fundo o encontro E1.

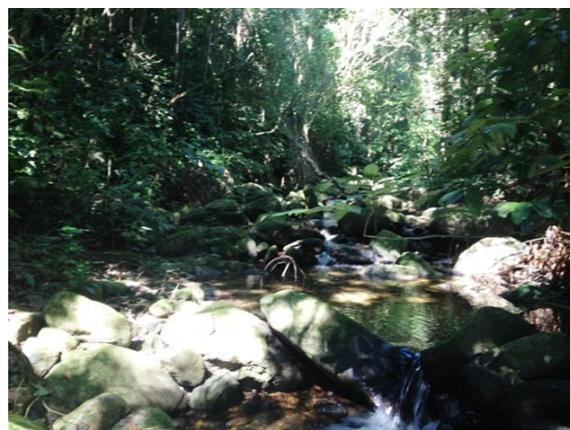


Figura 7 – Vista do talvegue sob a OAE 401 onde se observam blocos de rocha transportados de montante.

4.5 Resumo dos Resultados

Os estudos realizados para estes locais resultaram nos Índices de Susceptibilidade (IS), conforme Tabela 3.

Os resultados obtidos indicam uma susceptibilidade aproximada em 3 dos 4 locais estudados, caracterizando-se como de média a alta susceptibilidade (Tabela 2), sendo diferenciada principalmente pela maior ou menor proximidade da obra de transposição em relação a parte mais íngreme da encosta e a declividade longitudinal do leito fluvial a montante da obra de transposição. Apenas o local da OAE 221 apresentou uma condição menos crítica em função

principalmente das condições geológicas serem mais favoráveis devido a ocorrência de algumas bacias naturais de retenção ao longo do talvegue.

Nos dois locais de Caraguatatuba (OAE 103 e Rio Santo Antônio), onde ocorreu a catástrofe de 1967, foram verificados em fotos aéreas de 1973, escala 1:25.000, os impactos do processo da corrida de detritos. Para o local onde está situada a OAE 103 foi observado que naquela ocasião a corrida que atravessou esse local deu-se por movimento de massa acumulando material, parte na planície e parte descendo pelo talvegue do rio, conforme mostrado na Figura 3. Investigações de sub-superfície identificaram também um horizonte de blocos transportados entre 2 e 6m de profundidade ao longo do perfil longitudinal do traçado, de onde se conclui que já houve deposição característica de movimento de massa, do tipo corrida de detritos. Tais fatos, associados aos resultados obtidos na presente análise de susceptibilidade, sugerem a adoção de medidas de proteção nos pilares entre as estacas 1122 a 1131, por onde se prevê a passagem dos materiais em caso de corrida de detrito.

Em relação a transposição do Rio Santo Antônio, a corrida de detritos ocorrida em 1967 atingiu mais diretamente a parte a montante do local de transposição do traçado, devido a baixa declividade do rio ($< 1^\circ$) até cerca de 2,7km a montante do local da transposição, situação que permite a deposição de materiais mais graúdos. No local da transposição, a passagem do material se deu pela própria calha do rio e imediações da margem, podendo ser confirmado pela deposição remanescente de areia atualmente observado no local (Figura 4). Destaque-se que a cerca de 2 km a montante do local de transposição do traçado observa-se a deposição de blocos de pequenas dimensões no leito do rio confirmando que o impacto da corrida de detritos transportando materiais de maior tamanho (blocos de rocha) é de menor intensidade. Apesar de transcorridos mais de 4 dezenas de anos e de ocorrências de chuvas intensas nesse período, parte do material do leito foi submetido a transporte e lavagem, não descaracterizando, entretanto, o modelo deposicional ao longo do leito desse rio. Além desses aspectos, investigações de sub-superfície indicaram deposição de camadas apenas de areia e argila em todo o vale do rio no local da futura transposição do traçado. Tais constatações sugerem cuidados próximos ao canal do rio, considerando que a passagem de material em condições de ocorrência de corrida de detritos deverá ser de materiais finos (areia e argila) associados a grande quantidade de galharia, resultante do envolvimento dessa vegetação pelos escorregamentos que poderão ocorrer.

Com relação a OAE 401, onde foi obtido o maior valor de IS (66,25), não se tem registros de movimentos dessa natureza. Porém, a presença de um corpo de tálus ao longo do talude (Figura 6), deve ter sido resultante desse tipo de movimento. A ocorrência de blocos de rocha ao longo dos talvegues indica o transporte de material de grande tamanho.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Fundamentado nos estudos realizados foi possível concluir que os vales estudados estão sujeitos à corrida de detritos, estando as obras de arte que fazem as respectivas transposições condicionados a diferentes riscos que requerem diferentes soluções de proteção, conforme relacionado abaixo.

OAE 103 – Rio Guaxinduba - Foi recomendada a proteção dos apoios da OAE 103, face à possibilidade da ocorrência do fenômeno de *debris flow* (corrida de detritos). Essa proteção deve ser mais robusta em alguns dos apoios que se posicionam na calha principal do rio, enquanto que nos demais apoios localizados em cotas superiores, sofrerão menor impacto.

OAE 201 – Rio Santo Antônio - Foi recomendado que a transposição desse vale pela rodovia dos Contornos seja efetuada por obras de arte com vão de grandes dimensões (no mínimo 40 m) ao invés de aterros ou qualquer tipo de obra que implique em barramentos ao curso natural do rio.

OAE 221 – Córrego São Tomé - O valor final do índice de suscetibilidade para a ocorrência desse fenômeno nesta bacia, obtido neste estudo foi de IS = 49,6 o que indica um risco médio, dentro do intervalo 40 – 60. Considerando a posição de travessia da OAE 221, já situada no trecho final de deposição (cota 12m), junto a Planície Aluvionar de Caraguatatuba, onde não se

tem verificado a deposição de materiais grosseiros, além da existência das bacias de retenção/acumulação situadas a montante do eixo do traçado, na zona de deposição parcial, não foi recomendada nenhuma medida de proteção aos apoios dessa OAE 221.

OAE 401 – Ribeirão da Fazenda - Para as bacias, à montante do traçado, foram desenvolvidos vários estudos, onde foram identificados fortes indícios de ocorrências de *debris flow*, principalmente no Ribeirão da Fazenda, que tem uma maior extensão. Esta condição foi um dos fatores que levaram a alteração no traçado para dentro da encosta, optando-se pela execução de um túnel de maior extensão, contornando o problema relacionado às corridas de detritos assim como pela dificuldade e elevado custo para as estradas de acesso a obras, grande impacto ambiental, entre outros.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S.A., detentora dos dados do projeto executivo do empreendimento Nova Tamoios Contornos, pela autorização para publicação deste estudo e pelo incentivo e apoio para realização deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS

FÚLFARO, V.J.; PONÇANO, W.L.; BISTRICHI, C.A.; STEIN, D.P. 1976. Escorregamentos de Caraguatatuba: expressão atual, e registro na coluna sedimentar da planície costeira adjacente. In: *Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 1, Rio de Janeiro. Anais...São Paulo: ABGE, v.2, p.341-350.*

GARDA, G.M.; SCHORSCHER, J.H.D. (1996) Os diques costeiros básicos e ultrabásicos adjacentes ao Canal de São Sebastião (Litoral Norte do Estado de São Paulo). *Revista do IG, v. 17, n. 1/2, p. 7-31.*

GRAMANI, M. F. & M. A. Kanji. 2001. Inventário e análise das corridas de detritos no Brasil, 3º Conf. Bras. Estab. Encostas, Rio de Janeiro, 53-60.

KANJI M. A., CRUZ, P. T., MASSAD, F AND ARAÚJO FILHO H. A. 2003. Triggering Conditions and Assessment of Susceptibility of Debris Flow Occurrence In: *Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2003, Boston. Proceedings of the Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, v.2. p.2503 – 2508*

Suguio, K. e Martin, L. 1978: “Formações Quaternárias Marinhas do Litoral Paulista e Sul Fluminense”. Publicação Especial no 1. In: *International. Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, Sept., 11-18, São Paulo.*

PETRI, S. E SUGUIO, K. 1971. Características granulométricas dos escorregamentos de Caraguatatuba, São Paulo, como subsídio para o estudo da sedimentação neocenozóica do sudeste brasileiro. *Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia. pp. 71 a 82. São Paulo.*