

Descrição e Avaliação dos Condicionantes Geológicos, Geomorfológicos e Estruturais das Instabilidades Geotécnicas Observadas em Trecho da SP-171, Município de Cunha - SP

Camila Duelis Viana

Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, camila.viana@usp.br

Luiz Fernando Roldan

Tratch Mundi Gerenciamento Ambiental Ltda, São Paulo, Brasil,
fernando.rolдан@tratchmundi.com.br

Carlos Henrique Grohmann

Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, guano@usp.br

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo identificar, descrever e avaliar o papel dos condicionantes geológicos, geomorfológicos e estruturais nas instabilidades geotécnicas ocorridas em trecho da Rodovia SP-171, Município de Cunha, com enfoque principal no condicionamento estrutural, visando contribuir para a compreensão dos agentes predisponentes causadores dos movimentos da região e auxiliar na prevenção de desastres futuros. O desenvolvimento do trabalho deu-se através do mapeamento geológico-geotécnico em escala 1:10.000, compilação de dados em ambiente SIG, técnicas de geoprocessamento para geração de mapas temáticos e análise geométrica de descontinuidades. Foram descritos trinta e três taludes de corte e aterro, encostas naturais e obras de estabilização ao longo da rodovia. Observou-se a presença de três áreas distintas: a primeira composta por rochas graníticas em relevo montanhoso a sudeste; a segunda composta por rochas gnáissicas ortoderivadas e quartzitos bandados, com ocorrência restrita de um corpo granítico, em terreno com declividades de 3 a 20%, onde as instabilizações em solo são restritas às porções mais miloníticas dos quartzitos; e a terceira com xistos localmente migmatíticos e paragnasses, em relevo de morros e morrotes onde a maioria dos taludes tem sua estabilidade favorecida pela direção ENE da foliação milonítica regional. A abordagem proposta ao tema levou a conclusão que a área a sudeste, onde predominam rochas graníticas, apresenta maior concentração de feições de movimentos de massa, sendo que os principais tipos de processo observados são escorregamentos planares rasos em solo residual, em cunha e rolamento de blocos. Em um número expressivo de instabilizações, foi observada a presença de algum tipo de condicionamento das estruturas geológicas. As medidas estruturais adotadas na recuperação da rodovia foram consideradas adequadas devido à natureza da dinâmica dos processos observados na região. Além disso, a análise aponta para uma necessidade de estudos mais detalhados a respeito da influência das formas de relevo nos processos gravitacionais de massa.

PALAVRAS-CHAVE: Cunha, Estabilidade de Taludes, Movimentos de Massa.

1 INTRODUÇÃO

Movimentos coletivos de solo e rocha, mais comuns em períodos de chuva, tem sido os grandes responsáveis por catástrofes cada vez mais veiculadas nas diversas mídias, principalmente devido ao grande número de perdas humanas a estes associados. Nos últimos anos, na região sudeste do Brasil, problemas

geotécnicos associados à instabilização de encostas puderam ser observados nas cidades de Angra dos Reis e Nova Friburgo (RJ), e em São Luís do Paraitinga e Cunha (SP), sendo que a última apresentou diversas ocorrências ao longo da rodovia SP-171, que teve de ser interditada devido aos deslizamentos, e teve um trecho selecionado como objeto de estudo do presente trabalho.

O mapeamento geológico-geotécnico em escala 1:10.000 visou entender os condicionantes, a exceção do clima e da interferência humana, que atuam sobre os processos de instabilidade de solo e rocha na região. Para tanto foram realizadas análises regionais do arcabouço geológico, geomorfológico e pedológico, além da aplicação de técnicas de geoprocessamento visando a geração de mapas temáticos, tais como: hipsometria, declividades, orientação de vertentes e formas de terreno. Nos levantamentos de campo foram utilizadas técnicas clássicas de mapeamento geológico-geotécnico, com a descrição dos litotipos encontrados, feições relevantes do relevo e dos horizontes pedológicos, assim como a coleta de dados geológicos estruturais e caracterização das descontinuidades que afetam os maciços rochosos e de solo. Ao longo do desenvolvimento do trabalho, constatou-se que grande parte das instabilizações observadas apresentavam algum condicionamento de

estruturas geológicas penetrativas nos maciços de rocha e, em grande parte, preservadas nos solos residuais jovens, de forma que uma ênfase especial foi dada a este aspecto. Os dados gerados pretendem auxiliar no estudo de casos semelhantes e contribuir para um melhor entendimento dos processos na região, podendo colaborar com estudos futuros e eventuais ações corretivas e mitigadoras que vierem a ser implementadas.

2 CONTEXTO REGIONAL

2.1 Localização da área

A área selecionada compreende um trecho de vinte e quatro quilômetros da rodovia Vice-Prefeito Salvador Pacetti (km 46 ao km 70), entre as cidades de Cunha e Paraty. Foi traçada uma margem de quinhentos metros para cada lado da rodovia, perfazendo uma área de 22 km² (Figura 1).

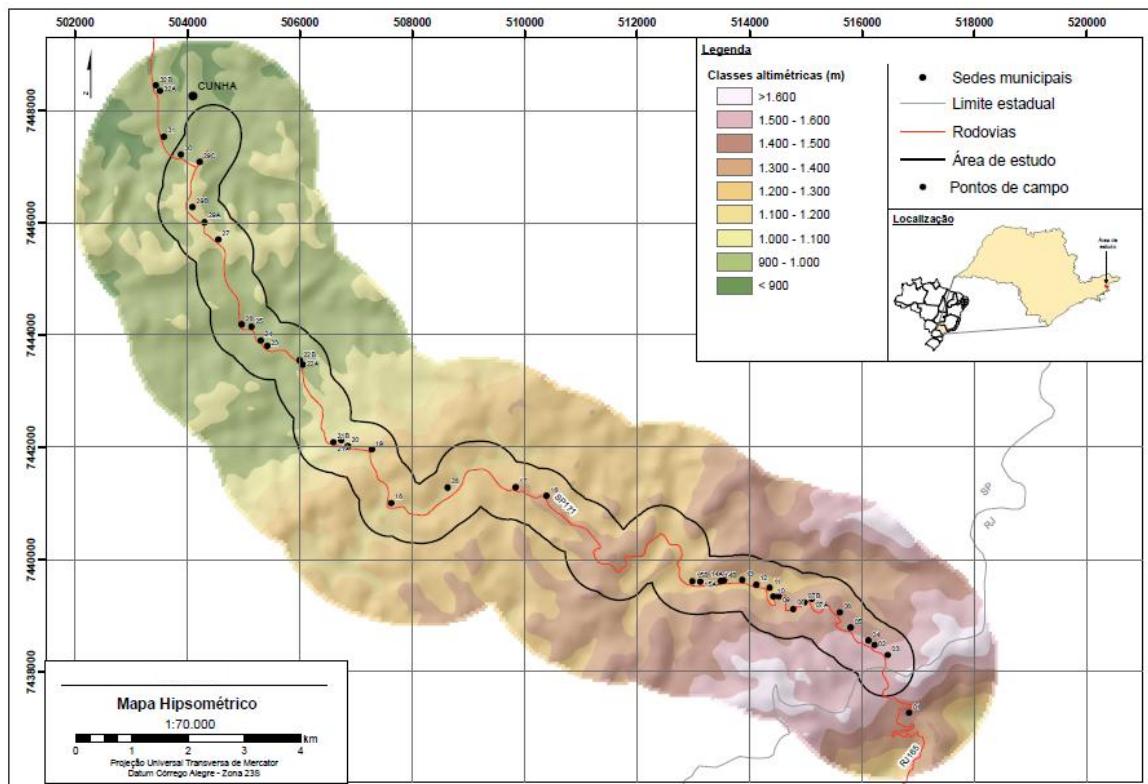


Figura 1. Localização da área de estudo com pontos de campo e principais vias de acesso.

2.2 Geologia

A área de estudo está inserida no Cinturão Móvel Ribeira (Almeida et al. 1973), que constitui um complexo cinturão orogênico localizado por mais de 1.400 km ao longo da costa brasileira (Dias Neto et al. 2009), e é cortada pela Falha de Cubatão, de direção NE-SW, que separa os domínios do Terreno Embu e Complexo Costeiro.

Segundo os mapas geológicos de CPRM (2004) e CPRM (2006), a área é composta por rochas dos complexos Paraíba do Sul, Embu e Costeiro, e por rochas ígneas relacionadas ao Orógeno Araçuaí-Rio Doce, que se dispõem em faixas alongadas com orientação NE-SW.

A unidade terrígena do Complexo Paraíba do Sul, aflorante na área, é composta por metassedimentos detriticos, pelito-grauqueanos, (sillimanita)-granada-biotita, gnaisses quartzo-feldspáticos com bolsões e veios de leucossoma granítico. Localmente ocorrem horizontes de xistos grafíticos e intercalações lenticulares descontínuas de quartzitos, metacarbonáticas e calcissilicáticas (Perrotta et al. 2006).

O Complexo Embu, inicialmente definido por Hasui (1975), compreende uma unidade altamente deformada e cortada por zonas de cisalhamento, além de possuir diversas intrusões graníticas pós-tectônicas. São identificadas duas unidades na área: a primeira, composta por xistos localmente migmatíticos, aflora a noroeste e compreende mica xistos e quartzo xistos alternados ritmicamente, com ocorrências restritas de calcissilicáticas, anfibolitos e metaultramáficas; e a segunda, paragnáissica, onde predominam muscovita-granada-sillimanita-biotita gnaisses migmatíticos e biotita gnaisses de composição tonalítica a granodiorítica (Perrotta et al. 2006).

Na área afloram duas unidades pertencentes ao Complexo Costeiro. A unidade ortognáissica ocorre a sudeste, em contato com o Complexo Paraíba do Sul, e é composta essencialmente por ortognaisses migmatíticos. Já a unidade quartzítica, presente em duas faixas, uma mais extensa a noroeste e outra a sudeste, é constituída por quartzitos, em camadas métricas e persistentes, intercalados com rochas calcissilicáticas e gnaisses peraluminosos

(Fernandes 1991). São identificados ainda três corpos granitoides: o granito tipo I Natividade da Serra, sinorogênico encaixado nas rochas dos complexos Costeiro e Embu, e os granitos Carrasquinho e Parati, tardí orogênicos, encaixados nos complexos Paraíba do Sul e Costeiro.

2.3 Geomorfologia

De acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT 1981b) a área está inserida no Planalto Atlântico, e transpõe as zonas Planalto do Paraítinga e Planalto da Bocaina.

O Planalto do Paraítinga (Almeida 1964) constitui a região de drenagem da bacia do Rio Paraíba e apresenta-se como um planalto cristalino de estrutura complexa, maturamente dissecado. Dentro desta zona são de ocorrência local três domínios. O primeiro, chamado Domínio de Mar de Morros, corresponde a cerca de 30% do noroeste da área, e é caracterizado por formas suavizadas de topos arredondados e vertentes com perfis convexos a retilíneos, que não guardam herança estrutural acentuada, com drenagem de alta densidade. O Domínio de Morros Paralelos, na porção central da área, é caracterizado por formas de topos arredondados e vertentes de perfis retilíneos a convexos. A drenagem é de alta densidade com padrão em treliça a localmente subdendrítica, e declividades médias a altas (superiores a 15%). O último domínio, Serras Alongadas, ocorre entre os domínios de morros e corresponde a cerca de 10% da área. O relevo é do tipo montanhoso com predomínio de declividades médias a altas e amplitudes locais acima de 300 m. é caracterizado por formas de topos angulosos e vertentes ravinadas com perfis retilíneos, por vezes abruptas.

No contexto do Planalto da Bocaina ocorre o Domínio de Montanhas com Vales Profundos, a sudeste da área, que é caracterizado por formas de topos angulosos a arredondados e vertentes com perfis retilíneos a convexos.

2.4 Pedologia

São identificadas duas classes de solos na área de acordo com o mapa pedológico de

EMBRAPA (1999), dos Cambissolos e dos Latossolos.

Os Cambissolos, de maior expressão, apresentam horizonte A proeminente e moderado, sendo de textura média e argilosa, com fase não rochosa e rochosa na porção sudeste, de textura argilosa a média associados com Latossolos Vermelhos Amarelos distróficos de textura argilosa na região central e Cambissolos Háplicos distróficos de textura média em uma pequena porção da região central (Oliveira 1999).

Já os Latossolos Vermelhos Amarelos distróficos de textura argilosa ocorrem no extremo noroeste da área, próximos ao Município de Cunha.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de uma análise completa utilizando as ferramentas mais atuais disponíveis, foram feitas diversas etapas de análise interligadas com o objetivo de caracterizar da melhor maneira possível a área de estudo.

A metodologia teve início com a construção de uma base de dados onde foram coletados e compilados dados oriundos de diferentes fontes, dentre elas material cartográfico (IPT 1981a, IPT 1981b, IPT 1994 CPRM 2004, CPRM 2006, EMBRAPA 1999, IBGE 1974) e imagens de satélite de alta resolução. Todo o material foi digitalizado, vetorizado e armazenado em ambiente SIG, utilizando o programa ArcMap 10 (ESRI), onde os dados foram georreferenciados com suas respectivas coordenadas e datums geodésicos.

A partir da base de dados, foram gerados dois modelos digitais de terreno com objetivos distintos. O primeiro, obtido a partir de uma imagem SRTM, foi utilizado para a extração de lineamentos estruturais em contexto regional. O segundo modelo resultou da interpolação das cotas altimétricas e pontos cotados digitalizados da carta topográfica em escala 1:50.000, servindo de base para a elaboração dos atributos morfométricos do relevo, a saber hipsometria, declividades, forma do terreno e orientação de vertentes.

Foram realizadas duas etapas de campo que consistiram na identificação e

documentação de feições indicativas de instabilizações em encostas naturais e taludes de corte e aterro ao longo da rodovia, utilizando uma adaptação da proposta de IPT (2007). Foram também documentadas as medidas estruturais adotadas durante a obra de recuperação da rodovia, tais como concreto projetado, drenos e gabiões.

Por fim, o tratamento dos dados estruturais das descontinuidades consistiu na classificação das medidas de acordo com o tipo de estrutura e a análise das mesmas em projeção estereográfica utilizando o programa Dips (Rocscience 2006). A sistemática teve início com a definição das famílias de fraturas que ocorrem nos diferentes litotipos, onde foram definidas direções médias baseadas em janelas de busca nas áreas de maior concentração de pontos no estereograma. No caso da análise geométrica das estruturas utilizou-se os parâmetros descritos por Norrish & Wyllie (1996). Como não existiam dados de ensaios a disposição foram utilizados ângulos de atrito médios para saprolitos de granitos de 32° (Lambe 1996) e para taludes em rocha sã de 45° (Hoek & Bray 1974). No caso dos quartzitos e xistos, Guidicini & Nieble (1981) sugerem 64° para os primeiros e o intervalo de 26° a 70° para o segundo grupo, sendo que o menor ângulo é adotado para o plano da foliação o maior para planos ortogonais ao mesmo.

4 RESULTADOS

Foram descritos trinta e três pontos com taludes de corte e aterro ao longo da rodovia, sendo estes divididos em três categorias: taludes estáveis, taludes com feições de instabilização e taludes com tratamento de contenção.

4.1 Geologia e Pedologia

Os litotipos descritos na área podem ser separados em três grupos principais. O primeiro é composto por rochas graníticas, reunindo aquelas relacionadas ao Orógeno Araçuaí – Rio Doce. Ocorre nas áreas de relevo mais acidentado, a sudeste da área e localmente em porções isoladas. Foram descritos biotita granitos inequigranulares porfírticos, com fraca

orientação de fluxo magnético e faturamento variável. Este grupo é responsável por gerar alta densidade de blocos e matacões arredondados em encostas naturais e solos residuais arenosos e areno-siltosos, com grande ocorrência de depósitos de tálus no sopé das encostas.

O segundo grupo engloba as rochas granitoides gnássicas, compostas principalmente por biotita gnaisse localmente migmatíticos. Apresentam foliação milonítica bem marcada e ocorrem associados a solos arenosos micáceos.

O terceiro grupo corresponde aos xistos e quartzitos, que são encontrados em intercalações métricas a decimétricas, variando entre mica xistos, xistos quartzosos e quartzitos bandados. Possuem foliação bem marcada e podem ocorrer intercalações com biotita gnaisse. São descritos também dentro desta unidade a presença de bolsões pegmatíticos que podem atingir dimensões métricas.

4.2 Geomorfologia e Geologia Estrutural

A análise dos atributos morfométricos do relevo permitiu identificar que a maior parte dos taludes instabilizados ocorre em serras escarpadas, com amplitude máxima acima de 400 m e declividade média entre 15 e 20°. Com relação à orientação das vertentes, a maior concentração de ocorrências está naquelas orientadas NW, ou seja, paralelas à estruturação geral da área, as quais também apresentam as maiores declividades. O mapa de formas de terreno mostra que a maior densidade de ocorrências encontra-se em encostas convergentes convexas e divergentes convexas.

Com relação ao condicionamento estrutural, as principais estruturas são fraturas e a foliação milonítica. Localmente ocorrem planos de falha, caracterizados por superfícies planas, estriadas e sem preenchimento. No caso das fraturas, sua ocorrência é mais intensa nas rochas graníticas e em geral são abertas, sem preenchimento e não apresentam água ou umidade. Já a foliação milonítica está presente nas unidades dos gnaisse, xistos e quartzitos. Nas porções mais quartzosas dos gnaisse e nas rochas quartzíticas, foram observadas fitas de quartzo, características da foliação milonítica. Nas camadas mais puras de quartzito a foliação

apresenta aspecto planar bem desenvolvido. Já nas porções mais pelíticas dos quartzitos, bem como nos xistos e gnaisse, esta apresenta perfil de aspecto anastomosado.

Na análise geométrica das descontinuidades foram definidas seis famílias de fraturas (Figura 2), identificadas nos estereogramas individuais dos pontos, e com atitudes médias mostradas na Tabela 1. Para as medidas de foliação, a representação gráfica indica grande densidade de dados com cimento para NW, com dispersão em arco de direção N335/85NE, e alguns dados sugerem uma segunda dispersão de direção N250/60NW. Além das famílias, foram plotadas estruturas de ocorrência restrita a determinados pontos, que configuram importantes condicionantes. Os resultados da análise são apresentados na Tabela 2.

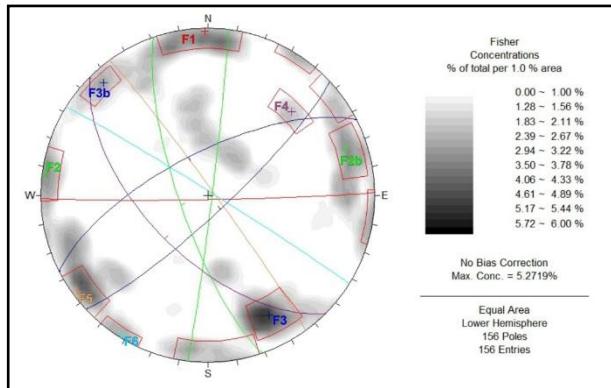


Figura 2. Famílias de fraturas identificadas em estereograma.

Tabela 1. Atitudes e erros das famílias de fraturas.

Família	Atitude	Erro \pm (°)
F1	N089/88SE	3,1
F2	N007/88SE	2,8
F2b	N161/76SW	2,8
F3	N243/69NW	2,3
F3b	N047/81SE	3
F4	N135/60SW	0
F5	N324/87NE	3,2
F6	N302/88NE	1,5

Tabela 2. Resumo das estruturas encontradas nos estereogramas de cada ponto. As famílias/atitudes em itálico representam estruturas geometricamente possíveis, porém estáveis no ângulo de atrito adotado.

Ponto	Cunha		Tombamento	Planar
	Plano	Intersecção(ões)		
CNH-12-02	<i>F1</i>	<i>N047/32SE</i>	F4	-
CNH-12-03	F1	F2	F4	F5
CNH-12-04a	N260/36NE	<i>F2, F3b</i>	-	F6
CNH-12-04b	F2	N260/36NW, F3b	-	N260/36NW
CNH-12-05	F4	F3, N070/80SE, F1, F2	F6	F1
CNH-12-07a	-	-	F1	N125/82SW N235/70NW
CNH-12-07b	F3 F2b F1	F2, F2b, F5 F5 N344/50NE, N164/35SW	F1	-
CNH-12-14	-	-	-	F2
CNH-12-19	-	-	-	F5
CNH-12-20	<i>N079/43SE</i>	<i>N255/48NW</i>	-	<i>N255/48NW</i>
CNH-12-21	F2 <i>N083/28SE</i>	F2b <i>F2, F2b, F3b, F5</i>	F3	<i>N083/28SE</i>

5 DISCUSSÕES

A evolução estrutural da área descrita na bibliografia pode ser correlacionada com os dados da foliação regional. Observa-se mergulho geral da foliação para NW/SE (D1 e D2), com dispersão em arco, indicando dobramento com eixo SW (D3). A dispersão observada na direção NE/SW pode ser relacionada com a influência das zonas de cisalhamento de direção NW (D4), gerando foliações miloníticas com cimentos ora para NE, ora para SW.

A análise conjunta dos dados levou a definição de três áreas principais. A primeira, localizada no extremo sudeste da rodovia, é composta por rochas graníticas em relevo montanhoso pertencente ao domínio da Serra do Mar. Nela, as estruturas, dadas principalmente por famílias de fraturas e algumas zonas de cisalhamento isoladas, se mostram de grande importância no condicionamento das instabilidades, formando blocos e cunhas passíveis de movimentação. Esta característica também se reflete na grande densidade de blocos e matações em encostas naturais que, considerando-se processos de evolução do terreno, como erosão e escorregamentos, podem sofrer movimentação.

Outra ressalva a respeito desta área é a presença de perfis de solo rasos e depósitos de

tálu no sopé das encostas. Essa característica pode ser explicada pelas grandes altitudes, declividades altas (entre 20 e 75%) e formas predominantemente convergentes. A concentração de fluxo em altas declividades faz com que ocorram escorregamentos periódicos, principalmente em episódios de chuva intensa ou durante longos períodos, que encharcam o maciço aumentando seu peso específico. Outro fator importante é que as unidades graníticas geram solos residuais arenosos de granulação grosseira, com uma variável porcentagem de argila (caulim) derivada dos feldspatos, sendo solos facilmente drenáveis.

A segunda área é composta por rochas gnáissicas ortoderivadas e quartzitos bandados, com ocorrência restrita de um corpo granítico (Granito Natividade da Serra). Esses litotipos são associados ao domínio da Serra do Mar, de serras alongadas e estreitas com declividades de 3 a 20%. Foram observadas algumas ocorrências de instabilizações em solo residual, majoritariamente nas porções mais miloníticas dos quartzitos. No que se refere à forma das encostas, há uma distribuição próxima de homogênea, com uma maior concentração de formas divergentes no entorno da rodovia.

Por último, a terceira área ocorre no extremo noroeste da rodovia em xistos localmente migmatíticos e paragnaises, em relevo de morros e morrotes, com altitudes

inferiores a 1.100 m e declividades predominantes entre 8 e 20%. Nesta região, as movimentações ocorrem principalmente nos gnaisses e nas porções mais quartzosas dos xistos. A maioria dos taludes encontra-se estável, em cortes de 60° com extensões que chegam a atingir mais de 100 m. Nos escorregamentos observados, o material mobilizado apresenta feições erosivas superficiais (sulcos e ravinas). Essas feições são observadas também na face dos taludes, já que estas se encontram desprovidas de cobertura vegetal, facilitando a desagregação e remoção inicial de finos e dando condições para a continuidade da evolução de processos erosivos superficiais.

As análises geométricas nas rochas desta área mostraram que a foliação regional, para os cortes adotados, favorece a estabilidade dos taludes, já que nas áreas onde esta apresenta maior expressividade, os cortes foram feitos na direção oblíqua a foliação. A situação de estabilidade seria alterada apenas em taludes de direção NE/SW, com inclinações próximas a da foliação, que em geral apresenta ângulos entre 70 e 89°. A condição estável também é favorecida pela presença de argilominerais nas rochas, que aumenta a coesão do material. Outro fator importante é a forma de terreno, que neste caso é predominantemente plana, dirigindo o fluxo de maneira praticamente uniforme ao longo da encosta.

Com relação as obras de estabilização, a maior parte dos taludes foi tratada com concreto projetado na superfície e drenagem profunda, sendo que em alguns deles ainda é possível observar a geometria das estruturas da rocha. Levando em conta que os perfis de solo da área são rasos, atingindo profundidades inferiores a dois metros, a utilização do revestimento e drenagem é positiva no sentido que impede movimentações que possam ocorrem na interface solo/rocha, uma importante descontinuidade na estabilidade de taludes. O uso de gabiões, foi observado naqueles taludes que, por possuírem grandes dimensões ou estarem no aterro da rodovia, impossibilitam a movimentação de grandes volumes de material, sendo a solução efetiva e de custo relativamente reduzido. As demais intervenções, como drenagem superficial e sub-superficial

(barbacãs) e proteção vegetal, foram utilizadas em taludes de grandes dimensões, aparentemente como medidas preventivas a movimentações futuras, e ao longo de diversos pontos da rodovia.

6 CONCLUSÕES

A busca por uma metodologia de atuação visando à estabilização de taludes em rodovias deve levar em consideração diversos aspectos do meio físico e antrópico. A abordagem proposta teve por objetivo compreender a atuação dos agentes intrínsecos, a saber, o complexo geológico, a geomorfologia e o arcabouço estrutural da região, com enfoque principal neste último. Considera-se que o projeto atingiu seu objetivo principal de aprimorar o entendimento dos condicionantes impostos pelo meio nos processos de instabilização de taludes de corte, aterro e encostas naturais, fornecendo subsídios geológicos para a escolha de soluções mais eficazes, efetivas e seguras de estabilização e contenção.

Concluiu-se que a geomorfologia da área favorece escorregamentos no domínio da Serra do Mar, onde as formas de relevo concentram o fluxo e apresentam as maiores declividades. A maior concentração de processos de movimentação de massa ocorre nas regiões de ocorrência de rochas graníticas, marcada pela ocorrência de blocos e matacões na superfície. A avaliação dos taludes, principalmente os de corte, demonstrou que em um número significativo de instabilizações existe algum tipo de condicionamento dado pelas estruturas geológicas. Apesar disso, a foliação milonítica regional favorece a estabilidade em taludes oblíquos.

As medidas de estabilização adotadas no projeto de recuperação da rodovia foram consideradas eficientes frente à natureza da dinâmica dos processos analisados. Recomenda-se a continuidade das investigações no trecho Cunha-Guaratinguetá da rodovia, onde existem taludes instabilizados de grandes dimensões. Outra sugestão é a identificação e caracterização individual de blocos que sejam suscetíveis a rolamento, apontando as

respectivas medidas de contenção. A área parece aindapromissora para um estudo detalhado da influência das formas de vertente nos processos de movimentação de massa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade de São Paulo pelo apoio e financiamento da participação no congresso e à Tratch Mundi Gerenciamento Ambiental pelo apoio e financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Almeida F.F.M. de (1964) Fundamentos geológicos do relevo paulista, *Instituto Geográfico e Geológico. Geologia do Estado de São Paulo*. São Paulo: IGG. p. 167-263. (IGG. Boletim, 41)
- Almeida, F.F.M.; Amaral, G.; Cordani, U.G.; Kawashita, K. (1973) The precambrian evolution of the South American Cratonic Margin South of Amazonas River. In: Nairn, A.E.M.&Stehli, F.G. (Eds.). *The ocean basin and margins*. New York: Plenum Press. 1973, v. 1, p. 411-446.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (2004) Mapa geológico Folha SF.23 – Rio de Janeiro. Programa Geologia do Brasil, escala 1:1.000.000.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (2006) Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo. Ministério de Minas e Energia, escala 1:750.000.
- Dias Neto, C.M.; Correia, C.T.; Tassinari, C.C.G.; Munha, J.M.U. (2009) Os anfibolitos do complexo costeiro na região de São Sebastião, SP. Disponível em:
http://www.revistasusp.sibi.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-874X2009001000005&lng=pt&nrm=iso. Acessado em 3 mar 2012.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1999) Mapa Pedológico do Estado de São Paulo. Embrapa Produção de Informações. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Rio de Janeiro, Embrapa Solos, escala 1:500.000.
- Fernandes, A.J. (1991) *O Complexo Embu no leste do estado de São Paulo: contribuição ao conhecimento da litoestratigrafia e da evolução estrutural e metamórfica*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 120 p.
- Guidicini, G. e Nieble, C.M. (1983) *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. Edgarg Blücher, 2ª Edição, 194 p.
- Hasui, Y. (1975) Geologia da folha de São Roque. *Bol. IG*, vol.6, p.157-183
- Hoek, E. e Bray J.W. (1974) *Rock slope engineering*. Institution of Mining and Metalurgy, 358 p.
- IBGE – ISTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (1974) Folha SF-23-Z-C-I-1 - Cunha. Mapa Topográfico, escala 1:50.000.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1981a) Mapa geológico do Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo, escala 1:500.000
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1981b) Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, escala 1:500.000.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1991) *Ocupação de encostas*. Publicação IPT Nº1831, 216 p.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1994) Carta Geotécnica do Estado de São Paulo – Folha Cruzeiro. SCTDE/DCET/IPT, escala 1:500.000.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (2007) *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios*. Carvalho, C.S.; Macedo, E.S.; Ogura, A.T. (Eds.) Ministério das Cidades – Brasília: 176 p.
- Lambe, P.C. (1996) Residual Soils. In: Turner, A.T. e Schuster, R.L. [eds.] *Landslides - Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board Special Report No. 247, National Academy Press, Washington DC, p.507-523.
- Norrish, N.I. e Wyllie, D.C. (1996) Rock Slope Stability Analysis. In: Turner, A.T. e Schuster, R.L. [eds.] *Landslides - Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board Special Report No. 247, National Academy Press, Washington DC, p.391-424.
- Oliveira, J.B. (1999) *Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico*. Instituto Agronômico, Campinas, 112 p.
- Perrotta, M.M.; Salvador, E.D.; Marconato, A.; Turra, B.B.; Chieregati, L.A.; D'Agostino, L.Z.; Lopes, R.C. (2006) *Breve Descrição das Unidades Litoestratigráficas Aflorantes no Estado de São Paulo*. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Programa Geologia do Brasil.