

16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

DESLIZAMENTO DE SOLO/ATERRO - ESTUDO DE CASO: VILA BANDEIRANTES – BELO HORIZONTE, MG

Ruzimar Batista Tavares 1; Nathan Ribeiro Mac Laren Nogueira 2; Isabel Queirós Volponi 3.

Resumo – Esse artigo discorre sobre movimento gravitacional de massa, escorregamento de solo/aterro ocorrido em dezembro de 2011 na Vila Bandeirantes, Belo Horizonte, MG. A relevância deste trabalho se pauta na importância da análise de risco como fator de prevenção de acidentes em encostas cobertas por materiais lançados sem a devida técnica da geotecnia - compactação adequada. Outro fator importante a ser observado é a ocupação desordenada desses locais por famílias de baixa renda, sem condições de estruturar o terreno adequadamente para a ocupação correta, evidenciando assim, a ação antrópica como fator predisponente a reincidências dos movimentos. É apresentado o diagnóstico de risco local e possível intervenção estruturante para estabilização da encosta.

Abstract – This article discusses gravitational mass movement, landslide / landfill occurred in December 2011 in Vila Bandeirantes, Belo Horizonte, MG. The relevance of this work is based on the importance of risk analysis as a factor to prevent accidents on slopes covered by materials released without proper geotechnical techniques - adequate compaction. Another important factor to be observed is the disordered occupation of these places by low income families, without conditions to structure the land properly for the correct occupation, thus evidencing the anthropic action predisposing factor to recidivism of the movements. The diagnosis of local risk and possible structuring intervention for slope stabilization is presented.

Palavras-chave: Escorregamentos, ocupação urbana, Vila Bandeirantes.

1 MSc. Eng. Geólogo - Urbel – Belo Horizonte- MG, (31) 3277 6409, ruzimar@pbh.gov.br

2 Geólogo – Urbel - Belo Horizonte- MG, (31) 3277 6409, nathanmac@pbh.gov.br

3 Geóloga – Urbel - Belo Horizonte- MG, (31) 3277 6409, isabelvolponi@pbh.gov.br

1 - INTRODUÇÃO

Os movimentos gravitacionais de massa em encostas têm grande impacto nas ocupações desordenadas em sítios urbanos, principalmente para aqueles que se encontram localizados nas vertentes de serras e morros.

Belo Horizonte, com suas características morfológicas, geológicas, relevo acentuado e o alto índice pluviométrico, entre outros fatores, está predisposta a movimentos de massa e processos erosivos principalmente nos maciços de solos e rochas filíticas com foliações desconfinadas, ou seja, quando o caimento da foliação está em sentido a face do talude do maciço, favorecendo o escorregamento.

Na área objeto de estudo, Vila Bandeirantes, existe um histórico de ocorrência de movimentos de massa de pequeno porte até o de grande porte que motivou este estudo.

Tal vila se localiza na Regional Centro-Sul, Belo Horizonte, MG. A principal via de acesso à vila é a Av. Raja Gabaglia e possui área aproximadamente de 1,72 ha.

O conjunto está inserido em uma Zona Especial de Interesse Social - ZEIS, que engloba as vilas, favelas e conjuntos habitacionais, área de atuação da Companhia Urbanizadora e de Habitação de Belo Horizonte - URBEL. A figura 01 mostra a localização e o limite da ZEIS.



Figura 01 - Imagens de satélite, com limite da ZEIS.

2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

2.1 - Caracterização geológico-geomorfológica

A Vila Bandeirantes encontra-se inserida no domínio das rochas metassedimentares - xisto e filito - do Grupo Sabará, constituinte do Supergrupo Minas, de idade paleoproterozóica, onde atuaram vários processos de metamorfismo e deformações. A estrutura monoclinal invertida do Grupo Sabará coloca sua litologia em contato tectônico com as rochas gnáissicas do Complexo Belo Horizonte.

O Grupo Sabará é constituído por rochas bastante alteradas, representado por filitos, xistos e quartzitos com a coloração variando nos tons avermelhados, amarelados e acinzentados (Noce 1995).

Localmente o perfil pedológico é pouco desenvolvido, apresentando manto de alteração pouco espesso e recoberto por depósitos superficiais antrópicos (entulhos e lixo).

A baixa permeabilidade dessas rochas propicia o estabelecimento de drenagens encaixadas, que deixam exposições elevadas, onde o maciço, embora reduzido à condição de saprólito, exhibe coesão satisfatória e bom comportamento em taludes de escavação, especialmente onde a foliação se mantenha confinada, ou seja, quando o caimento da foliação está em direção ao interior do maciço, favorecendo a estabilidade do mesmo.

Observa-se que o relevo apresenta uma parte superior aplainada com transição brusca para uma encosta com inclinação alta que se estende até o talvegue de um vale que se inicia no local.

A fisiografia é caracterizada por declividades baixas a medias (inferior a 20°) na sua parte mais elevada e acentua-se (superior a 45°) a partir do Beco Bandeirante no sentido da Rua Flavita Bretas (NE) á meia encosta. A figura 02 mostra a topografia da área em estudo.



Figura 02 - Topografia da área.

2.2 - Comportamento geotécnico do material da área de estudo

A morfologia, a geologia, as condicionantes estruturais e as características geotécnicas dos materiais servem de suporte para a avaliação do diagnóstico de risco geológico/geotécnico da área. O adensamento e a impermeabilização dificultam a observação do comportamento geotécnico do substrato rochoso.

Silva et al. (1995) caracterizou as rochas do Grupo Sabará como de coesão média, permeabilidade baixa e resistência moderada a erosão, nessa litologia desenvolvem terrenos profundamente intemperizados de maneira que a susceptibilidade a escorregamentos é mais influenciada pelas variações ligadas aos aspectos geomorfológicos, essencialmente a declividade.

Nos domínios de encostas baixas o papel da estrutura geológica é mascarado por fatores adversos como a alteração mais intensa, maior teor de umidade, coberturas coluviais com certa frequência e coberturas de materias lançados (lixos, entulhos e aterros em geral), nesses domínios o papel da estrutura geológica é significativamente atenuado. (Carvalho, 1982).

Movimentos mais complexos envolvendo depósitos superficiais, os materiais descartados e eventualmente o substrato, são comuns nas porções mais baixas e nas saias de aterros, como o verificado na Vila Bandeirantes. Os depósitos superficiais de origem antrópica (aterro) sobre os solos residuais possuem baixa capacidade de suporte para fundações e maior suscetibilidade a processos erosivos e escorregamentos, que podem envolver volumes significativos de material.

Os escorregamentos ocorrentes na área de estudo estão vinculados principalmente a declividade da encosta ($>40^{\circ}$), ao pacote de aterro espesso no topo, ao lançamento de águas servidas e esgoto diretamente na encosta, assim como ao avanço da ocupação sobre a crista e saia do aterro (URBEL, 2009).

2.3 - Caracterização do risco

A análise de risco compreende o estudo das características físicas da área e o comportamento desse cenário em relação às ocupações antrópicas. A identificação dos processos geodinâmicos na Vila Bandeirantes e as características das ocupações, ou seja, cortes aterros,

tipologias das edificações, etc., foram fundamentais para a classificação do risco geológico/geotécnico.

No mapeamento realizado no período 2010/2011 (Tavares e Garcia), com o objetivo de diagnosticar o risco, foram identificados 03 setores de risco com uma grande cobertura de depósito de material antrópico (lixo e entulho) lançado e não compactado sobre o solo, alterando a morfologia da encosta e potencializando os processos geológicos destrutivos.

- Risco Alto - 02 setores (S1 e S3) englobando 06 edificações com susceptibilidades a escorregamentos e erosões de solo residual e aterro.
- Risco Médio - 01 setor (S2) englobando 07 edificações susceptíveis aos mesmos processos geológicos. A figura 03 mostra a carta de risco de 2011.

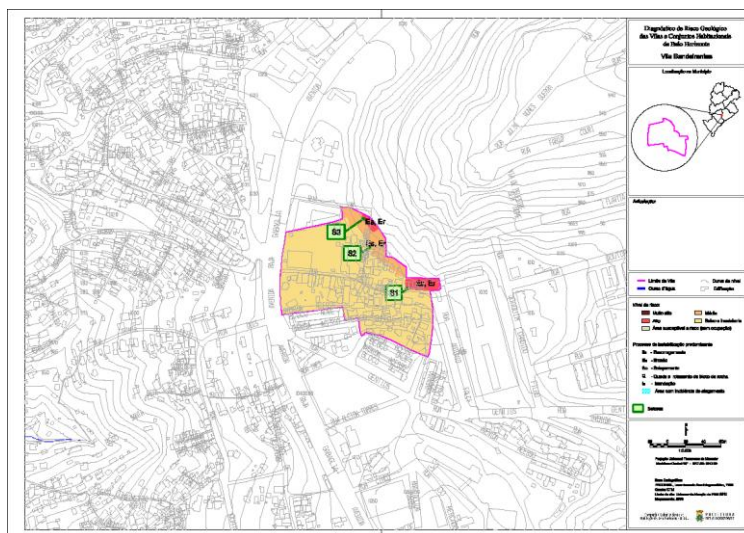


Figura 03 – Carta de risco da área.

2.4 - O movimento de massa estudado

No dia 02 de Dezembro de 2011 ocorreu um grande movimento de massa no local, escorregamento de solo/aterro, colocando varias famílias em risco muito alto, fato que exigiu ações imediatas pela URBEL, com a remoção de 03 famílias e monitoramento constante das outras moradias à montante. Após posterior avaliação do risco, em 2012, mais 11 famílias foram removidas por se encontrarem em risco alto. A figura 04 mostra a área atingida.



Figura 04 - Área atingida pelo deslizamento Google Earth – 30/06/2012.

As figuras, 05, 06, 07 e 08, a seguir mostram o cenário com as casas em 18/12/2011 e uma semana após com a continuidade da precipitação, comprovando a necessidade de remoção das famílias com urgência.



Figura 05 - Casas em 18/12/2011.



Figura 06 - em 25/12/2011 sem as edificações.



Figura 07 - Vista a partir da jusante.



Figura 08 - Vista a partir da montante.

A partir dos dados de campo coletados nessas vistorias foram realizadas as remoções das famílias e demolições das edificações em risco. As figuras, 09 e 10, abaixo mostram o cenário após as demolições.



Figura 09 - Vista geral da crista.



Figura 10 - Encosta após as demolições.

3 – PROPOSTA PARA ESTABILIZAÇÃO DA ENCOSTA.

Foi desenvolvido um projeto executivo geotécnico, pela empresa ENGESOLO ENGENHARIA LTDA, em 2014 com o objetivo de apresentar as análises realizadas para a proposição de tratamentos visando à estabilização do talude da citada área. Foram realizadas três campanhas de sondagem para reconhecimento das características geológico-geotécnicas do local, perfazendo 50 furos de sondagem à percussão, ao longo da fase de estudo e fases de projetos. Foi encontrada camada de aterro com até 25,45 metros de profundidade, conforme mostra o perfil geológico na Figura 11.

GEOSONDAR ENGENHARIA E GEOTECNIA LTDA									
Rua Belmiro Braga, nº 481, Sl 05, Calças - BH/MG									
SONDAGEM A PERCUSSÃO				FURO: SP-300		COTA DO TOPO: 1017,523			
Resistência e Penetração S. P. T.		GOLPES		NA (m)	REVEST	CAMADAS	PROF.(m)	Classificação	
30cm Iniciais	30cm finais	I	F						
10	20	30	40						
							19,00		Silte argiloso com pouca areia fina, pedregulhos rochosos, marrom escuro, de consistência média com passagens de consistência rija (Aterro/ Solo Coluvionar).
							20,00		
							21,00		
							22,00		
							23,00		
							24,00		
							25,00		
							26,00	25,45	
							27,00		
							28,00		
							29,00		
							30,00		
							31,00		
							32,00		
							33,00		
							34,00		
							35,00		
							36,00		
				Início: 14/03/2014		Nº DA FOLHA: 2/2		OBRA:	
				Término: 14/03/2014				ESTABILIZAÇÃO DAS ENCOSTAS DA RUA FLAVITA BRETAS	
PESO: 65KG AMOSTRADOR PADRÃO				Nº REL: RL 103-14					
				Resp. Técnico: Dircou Gomes					
QUEDA: 75CM				COORDENADAS		N 7.793.026,009		CLIENTE:	
				E 806.942,217		TOPGEO CONSULTORIA LTDA.			

Figura 11 – Perfil de um furo de sondagem SPT no local. GEOSONDAR, 2014.

A seguir é apresentado, resumidamente, as soluções apresentadas pela ENGESOLO ENGENHARIA LTDA para a estabilização da encosta, permitindo assim, o uso adequado da área a montante para fins edificantes. O estudo de estabilidade definiu por 04 (quatro) secções na encosta, apresentaram os seguintes fatores de segurança sem tratamento da encosta e com as soluções propostas, apresentadas, resumidamente, a seguir:

A figura 12 mostra em tabela como o solo foi subdividido e o número de spt, coesão e ângulo de atrito de cada tipo de solo.

Camada	Material	SPT	Parâmetros Geotécnicos	
			Coesão (kPa)	Ângulo Atrito (°)
Aterro	Argila arenosa	8	19	27
Solo Residual Maduro	Silte Argiloso	10	19	28
Saprolito de Granitóide	Silte arenoso	23	28	35

Figura 12: Tabela 01 - Parâmetros Geotécnicos na Seção ST-01.

A figura 13 mostra o resultado obtido da análise da superfície circular sem tratamento da encosta e análise da superfície circular ST-01 com tratamento da área - Solo grampeado e cortina atirantada com estacas (Método: GLE/Morgenstern-Price).

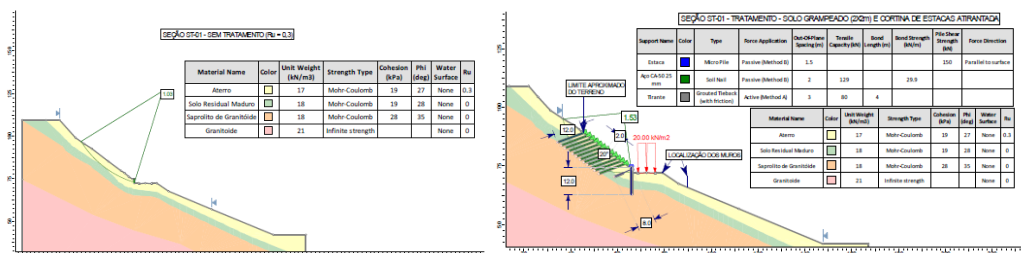


Figura 13- ST-01 – Sem tratamento. F.S. = 1,03 e com tratamento. F.S.= 1,53.

A figura 14 mostra em tabela como o solo na secção ST 02 foi subdividido e o número de spt, coesão e ângulo de atrito de cada tipo de solo.

Camada	Material	SPT	Parâmetros Geotécnicos	
			Coesão (kPa)	Angulo Atrito (°)
Aterro 1	Argila silto-arenosa	4	11	23
Aterro 2	Argila arenosa	7	17	27
Aterro 3	Argila arenosa	27	44	34
Saprolito de Granitóide	Silte arenoso	29	31	36

Figura 14: Tabela 02 - Parâmetros Geotécnicos na Seção ST-02.

A figura 15 mostra o resultado obtido da análise da superfície circular sem tratamento da encosta e análise da superfície circular ST-02 com tratamento da área - Solo grampeado e cortina atirantada com estacas (Método: GLE/Morgenstern-Price).

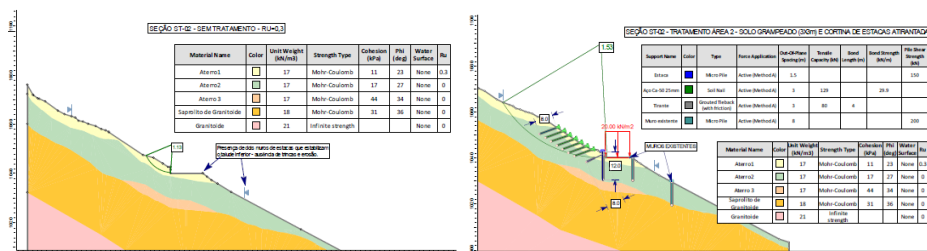


Figura 15 - ST-02 – Sem tratamento. F.S. = 1,13 e com tratamento. F.S.= 1,53.

A figura 16 mostra em tabela como o solo na secção ST 03 foi subdividido e o número de spt, coesão e ângulo de atrito de cada tipo de solo.

Camada	Material	SPT	Parâmetros Geotécnicos	
			Coesão (kPa)	Ângulo Atrito (°)
Aterro 1	Silte argiloso	7	14	26
Aterro 2	Silte argiloso	10	19	28
Aterro 3	Silte argiloso	12	22	29
Aterro 4	Silte argiloso	11	25	29
Solo residual 1 (granitóide)	Silte argiloso	11	20	28
Solo residual 2 (granitóide)	Argila Siltosa	26	49	32
Saprolito de Granitóide	Silte arenoso	21	27	34

Figura 16: Tabela 03 - Parâmetros Geotécnicos na Seção ST-03.

A figura 17 mostra o resultado obtido da análise da superfície circular sem tratamento da encosta e análise da superfície circular ST-03 com tratamento da área - Retaludamento, solo grampeado e muro de gabiões atirantados com aterro reforçado - ST-03 (Método: GLE/Morgenstern-Price).

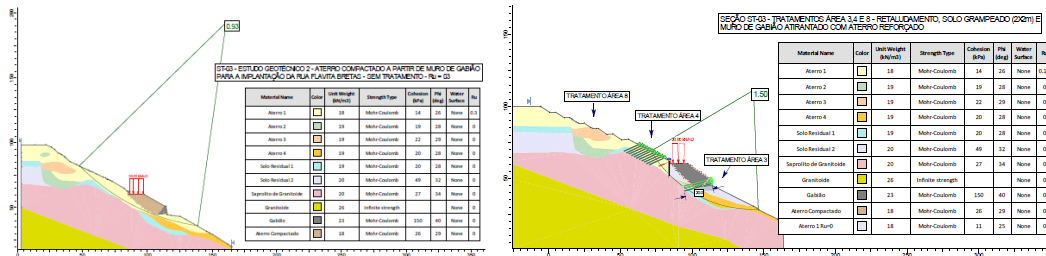


Figura 17 - ST-03 – Sem tratamento. F.S. = 0,93 e com tratamento. F.S. = 1,50.

A figura 18 mostra em tabela como o solo na secção ST 04 foi subdividido e o número de spt, coesão e ângulo de atrito de cada tipo de solo.

Camada	Material	SPT	Parâmetros Geotécnicos	
			Coesão (kPa)	Ângulo Atrito (°)
Aterro 1	Silte argiloso	4	9	24
Aterro 2	Silte argiloso	8	16	27
Aterro 3	Silte argiloso	14	24	30
Aterro 4	Areia	43	14	40
Solo residual 1 (granitóide)	Silte argiloso	17	28	31
Solo residual 2 (granitóide)	Areia	19	11	35
Saprolito de Granitóide	Silte argiloso	22	33	32
Solo residual (filito)	Silte argiloso	13	23	29
Saprolito de filito	Silte areno -argiloso	24	30	34

Figura 18: Tabela 04 - Parâmetros Geotécnicos na Seção ST-04.

A figura 19, ST-04 mostra o resultado obtido da análise da superfície circular sem tratamento da encosta e análise da superfície circular ST-04 com tratamento da área - Retaludamento, solo grampeado e muro de gabiões atirantados com aterro reforçado - ST-04. (Método: GLE/Morgenstern-Price).

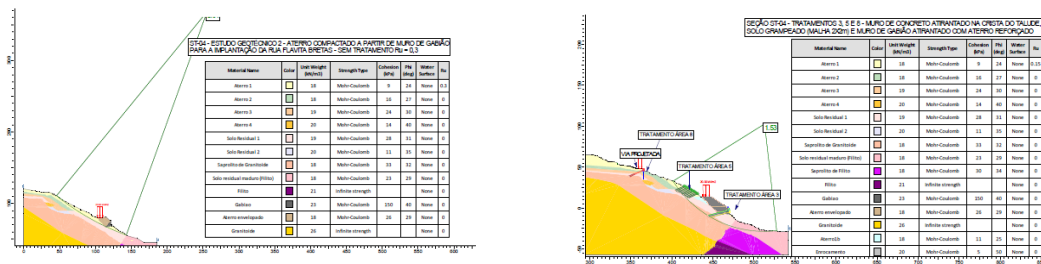


Figura 19 - ST-04 – Sem tratamento. F.S. = 0,81 e com tratamento. F.S.= 1,53.

Os critérios considerados, do ponto de vista geotécnico, para a definição da área de segurança geotécnica e na identificação de imóveis a serem desapropriados ou removidos são descritos a seguir:

Desocupação da crista da encosta, implantação de dispositivos para captação, transporte e lançamento adequado das águas pluviais e dos efluentes sanitários;

Desapropriação/remoção dos imóveis que interferem com as redes existentes e redes projetadas para captação, transporte e lançamento adequado das águas pluviais e dos efluentes sanitários;

Remoção de edificações para a implantação das obras de infraestrutura urbana e para coibir futuras ocupações irregulares.

4 - CONCLUSÕES

Na determinação das causas dos movimentos gravitacionais de massa em encostas é fundamental a caracterização do material que constitui o talude. Taludes com solos coesos ou rochas recobertas por material sem compactação podem apresentar movimentos rápidos de difícil monitoramento devido tanto às características de resistência, quanto à natureza dos movimentos de massa.

A ação antrópica e a ocorrência de intensa precipitação pluviométrica são fatores determinantes nos movimentos em encostas, como bem demonstram os trabalhos realizados por vários autores no município. O levantamento desses movimentos e a caracterização do material que constitui as encostas auxiliam na realização de análises de quantificação dos riscos geotécnicos e a proposição de medidas mitigadoras desses movimentos.

O movimento estudado, escorregamento de aterro e solo, tem mecanismo complexo, ainda não totalmente definido, mas, mesmo com a deficiência de parâmetros geotécnicos pode-se concluir que ocupações em encostas com cobertura de materiais inconsolidados (lixo, entulho, aterro) possuem alta vulnerabilidade e são propensos a escorregamentos de grande porte, correlacionados a espessura da camada do material sobre rochas filíticas e a declividade do terreno, que agem como fatores preponderantes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a URBEL, a SUDECAP, ENGESOLO e a GEOSONDAR.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, E. T. (1982). *Carta Geotécnica de Ouro Preto. Dissertação de Mestrado na Universidade Nova de Lisboa*, Portugal. 95p.

ENGESOLO ENGENHARIA LTDA. *Projeto executivo de estabilização das encostas adjacentes da Rua Flavita Bretas - Bairro Luxemburgo– Belo Horizonte, MG. 2014.*

NOCE C.M. 1995. "*Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*". Tese de Doutorado. Instituto de Geociências-Univ. de São Paulo, São Paulo, 128p.

SILVA, A. B., CARVALHO, E. T., FANTINEL, L. M., ROMANO, A. W., VIANA, C. S. "*Estudos geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no município de Belo Horizonte: projeto estudos técnicos para o levantamento da carta geológica do município de Belo Horizonte*"; relatório final. Belo Horizonte: FUNDEP/UFMG-IGC, 1995 150p. Simões, P. M. L.

TAVARES, R. B. E SOARES, A. G.– "*Diagnóstico de risco geológico das vilas, favelas e conjuntos habitacionais de Belo Horizonte*", URBEL/PBH,2011.

URBEL – "*Diagnóstico de situação de risco geológico das vilas, favelas e conjuntos habitacionais de Belo Horizonte*" – PBH, 2009.