



Primeiro-Tenente (EN) Marcos William Magalhães Leiras de Carvalho

Membro do Grupo de Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização das Obras Cíveis relativas ao PROSUB.

*Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ),
Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PGECIV) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).*



Primeiro-Tenente (EN) Breno de Almeida Santos Oliveira

Membro do Grupo de Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização das Obras Cíveis relativas ao PROSUB.

*Graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ),
Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PGECIV) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).*



Primeiro-Tenente (RM2-EN) Jaider Xavier da Silva

Membro do Grupo de Gerenciamento dos Projetos e de Fiscalização das Obras Cíveis relativas ao PROSUB.

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

ESCORREGAMENTO DE SOLO: USO DE GRAMÍNEAS PARA A PROTEÇÃO DE TALUDES

1. INTRODUÇÃO AOS MOVIMENTOS DE MASSA

O movimento de massa é considerado um fenômeno natural correspondente a geomorfologia dos relevos. O termo “movimento de massa” designa de forma generalizada qualquer tipo de deslocamento de massa em encostas, nas margens de rios e lagos ou no litoral, devido a fatores de forças gravitacionais ou por eventos isolados, cuja trajetória depende de inúmeros fatores condicionais.

Entende-se por movimento de massa qualquer deslocamento de solo e/ou rocha que implique aumento da tensão cisalhante atuante ou na redução da resistência ao cisalhamento da massa de solo, rocha ou mistura, podendo ser provocado por fatores naturais ou não. Movimento de massa (Landslide) é comumente confundido com escorregamento (Slide). Os escorregamentos representam grande parte dos movimentos de

massa, porém não abrangem todos os tipos de movimentos. A falta de padronização de terminologias e de definições básicas dos fenômenos envolvidos conduz a uma enormidade de sistemas de classificação.

Os movimentos de massa ou movimentos de solos e de rochas têm sido objeto de amplos estudos ao redor do mundo, não apenas por sua importância como agentes atuantes na evolução das formas do relevo, mas também em função de suas implicações práticas e de sua importância do ponto de vista econômico (GUIDICINI & NIEBLE, 1984). Compreender os mecanismos que governam os deslocamentos de materiais auxilia na obtenção de melhores subsídios para o controle e previsão dos diversos tipos de movimentos.

Entre os principais fatores naturais e antropogênicos deflagradores de movimentos de massas nas encostas, destacam-se:

i) Gravidade - Atua com mais intensidade em encostas bastante íngremes, porém as encostas com inclinações moderadas também estão vulneráveis a este fator.

ii) Fatores Geológicos - Alguns deslizamentos ocorrem em situações nas quais existem areias e cascalhos sobre uma camada impermeável de silte e argila ou de rocha. A água escoar pelos materiais permeáveis superiores e se acumula no topo das camadas subjacentes, gerando uma zona de fraqueza.

iii) Chuvas Torrenciais - A água geralmente é um dos principais fatores deflagradores de um deslizamento. A intensidade da chuva em uma determinada região faz com que a pressão no interior da massa de solo aumente consideravelmente, fazendo com que a massa de solo perca resistência, tornando-se instável e ocasionando rupturas bruscas.

iv) Terremotos - Apresenta maiores impactos em regiões com declividades muito acentuadas.

v) Queimadas - O fogo causa a erosão no solo provocando enchentes e deslizamentos de terras, em virtude da destruição da vegetação natural.

vi) Atividades Vulcânicas - Erupções vulcânicas, geralmente, são precedidas por uma série de terremotos ocasionando deslizamentos de terras em todo o entorno. Em 18 de maio de 1980, uma grande erupção vulcânica ocorreu no Monte St. Helens, um vulcão localizado no estado de Washington, Estados Unidos. A erupção foi precedida por uma sequência de terremotos de variadas magnitudes em conjunto com explosões e lançamentos de magma, mais especificamente na encosta norte da montanha, mobilizando toda a face norte e causando o maior deslizamento de terra já observado na região.

vii) Sistemas de Drenagem Comprometidos - Não permitem que haja um escoamento adequado, aumentando a vulnerabilidade de deslizamentos após chuvas intensas.



Figura 1 - Deslizamento de terra causado por chuvas torrenciais em Ilha Grande / Angra dos Reis - RJ
Fonte: <http://www.abril.com.br/imagem/deslizamento-angra-dos-reis-02g.jpg>

viii) Cortes e Escavações em Encostas - Modificações na estrutura natural das encostas em virtude de escavações profundas e cortes verticais sem estruturas de contenção culminam na instabilidade do solo, acentuando o risco de deslizamentos.

ix) Desmatamento e Práticas Agrícolas em Encostas Íngremes - Desmatamento, cultivo de produtos sazonais e não uniformidade de assentamentos em conjunto com outras práticas não adequadas de uso do solo, têm importantes efeitos negativos em relação ao movimento de rastejo e erosão da base de encostas pois podem ocasionar grandes deslizamentos de terras.

Os movimentos de massas se caracterizam por diversos parâmetros. GUIDICINI & NIEBLE (1983), SHARPE (1938) avaliaram diversas classificações e correlacionaram, de maneira simplificada, o tipo e a velocidade de movimentação com a natureza do material da massa em movimento, associando-o aos

ambientes geomorfológico e climático, antecipando as características mais importantes na avaliação de um evento. Sua utilização no meio físico brasileiro é limitada, em função da ausência das características físicas e mecânicas do movimento, e por estar em uma classificação desenvolvida para ambientes de clima temperado.

ORTIGÃO & SAYÃO (2004) descrevem que a classificação dos movimentos de massas obedece aos seguintes critérios:

i) Cinética do Movimento: definida pela relação entre a massa em movimentação e o terreno estável, abrangendo velocidade, direção e sequência dos deslocamentos;

ii) Tipo do Material: solo, rocha, detritos e depósitos, destacando a sua estrutura, textura e conteúdo de água;

iii) Geometria: tamanho e forma das massas mobilizadas; e

iv) Modalidade de Deformação do Movimento.



Figura 2 - Desmatamento em encostas íngremes

Fonte: http://4.bp.blogspot.com/-VliEqrvtFSE/TrmzJXk_uFI/AAAAAAAAABio/A8C31qofEV4/s1600/BAIRRO%2BCRISTAL%2B3.jpg

Inúmeras classificações de movimentos de massas têm sido propostas, sendo a mais conhecida e popular a classificação elaborada por VARNES (1958), e ampliada também por VARNES (1978). Tal classificação baseia-se no tipo de movimento e no material escorregado (rocha e solos) e subdivide-se em 6 grupos: queda (*fall*), tombamento (*topple*), escorregamento (*slide*), expansão lateral (*lateral spread*) e fluxo (*flow*) juntamente a uma combinação de dois ou mais movimentos (movimento de massa complexo), conforme apresentado na Tabela 1 e ilustrado na Figura 3.

Tabela 1 - Classificação dos movimentos em encostas segundo VARNES (1978).

Tipo de Movimento			Tipo de Material		
			Rocha	Solo	
				Granular	Fino
Queda			rocha	detritos	terra
Tombamento			rocha	detritos	terra
Escorregamento	Rotacional	Poucas Unidades	abatimento de rocha	abatimento de detritos	abatimento de terra
	Translacional		blocos rochosos	blocos de detritos	blocos de terra
		Muitas Unidades	rocha	detritos	terra
Expansão Lateral			rocha	detritos	terra
Fluxo			rocha	detritos	terra
			rastejo profundo	rastejo de solo	
Complexos			combinação de dois ou mais movimentos / materiais		

A classificação dos movimentos em encostas de VARNES (1978) foi ajustada às características dos principais grandes grupos de processos de movimentos na dinâmica ambiental brasileira, conforme detalhado em AUGUSTO-FILHO (1992) e, posteriormente, de modo a melhor descrever as características do movimento, CRUDES & VARNES (1996) propuseram um glossário no qual a descrição do movimento se baseia em uma visão completa do evento, descrevendo movimentos sucessivos (caso existam) e finalizando com a descrição do material envolvido. Tal proposta não invalida a primeira classificação, podendo ser utilizada para maior detalhamento do movimento.

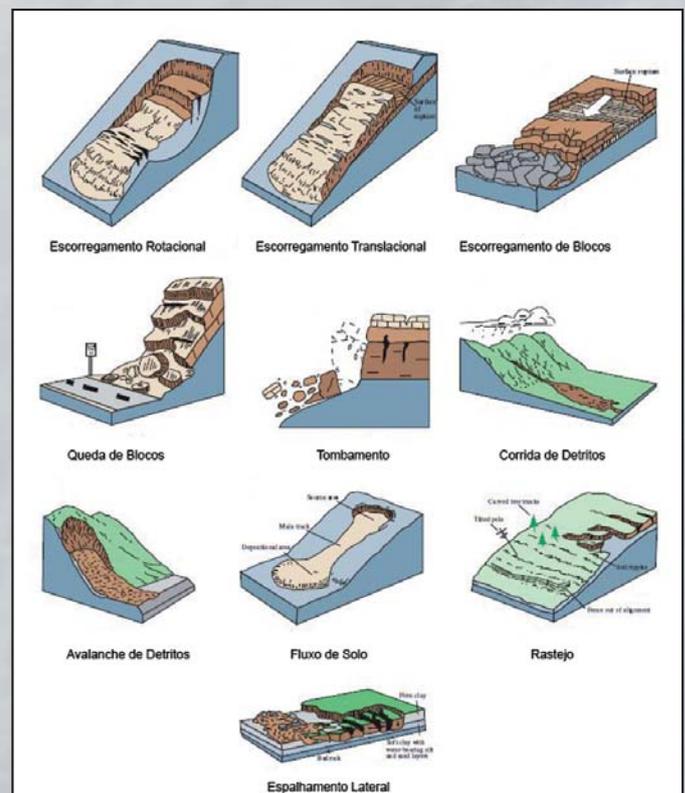


Figura 3 - Tipos de movimentos de massas (adapt. VARNES, 1978)

Já a classificação de movimentos de massa proposta pela AUSTRALIAN GEOMECHANICS SOCIETY (2002), depois de CRUDEN E VARNES (1996), descrita na Tabela 2 é baseada na velocidade de deslocamento.

Tabela 2 - Classificação de movimentos de massa em função da velocidade proposta por Cruden & Varnes (AUSTRALIAN GEOMECHANICS SOCIETY, 2002).

Classe	Descrição	Velocidade Típica	Danos esperados e reação da população
1	Extremamente Rápido	> 5m/s	Desastres catastróficos; edificações destruídas por impacto de material deslocado, muitas perdas de vida. Sobrevivência improvável.
2	Muito Rápido	> 3m/min	Algumas perdas de vida; velocidades altas não permitem que as pessoas deixem o local.
3	Rápido	> 1,8m/h	Possível evacuação, edificações destruídas.
4	Moderado	> 13m/mês	Algumas edificações provisórias conseguem resistir ao movimento.
5	Lento	> 1,6m/ano	Reparações em edificações podem ser feitas durante o movimento, estruturas insensíveis ao movimento podem ser mantidas após trabalho de manutenção se o movimento como um todo não for tão extenso durante uma determinada fase de aceleração.
6	Muito Lento	> 15mm/ano	A maioria das edificações não sofreram danos
7	Extremamente Lento	< 15mm/ano	Imperceptível sem instrumentação para monitoramento; baixo risco de ruínas das construções.

2. USO DE GRAMÍNEAS PARA CONTROLE DE EROÇÃO SUPERFICIAL E GANHO DE RESISTÊNCIA DO SOLO

O Vetiver é uma planta herbácea, ereta, pertencente ao grupo das gramíneas (*Poaceae*) do tipo C4; portanto, se desenvolve melhor em plena exposição solar, alcançando uma altura que varia de 1,5 a 2 m, com folhas de 2 cm de largura na base, terminando em pontas pontiagudas. Apresentam sistema de raízes densas e de alta resistência atingindo 3 m (Figura 4) de profundidade através de um sistema radicular agregante de rápido crescimento, formando um grampeamento natural estabilizante de encostas e taludes. Adaptam-se facilmente a climas tropicais e subtropicais. Caracterizam-se pela formação de perfilhos que crescem paralelamente à planta mãe, podendo gerar 100 novas mudas partindo de

apenas uma, dentro de um ano ou mais, porém de forma não invasiva, ao contrário de outras gramíneas, sendo uma característica positiva que favorece a sua utilização.

Dados técnicos sobre a revegetação

VETIVER (<i>Vetiveria Zizanioides</i>)	
Tipo de Solo	Qualquer tipo de solo
Temperatura	-9 a 50°C
Índice de chuva / Ano	300 a 3.000mm
Consociaçãoção	Com leguminosas
Adução	Fosfatada no plantio
Profundidade de Plantio	5,0 a 10,0 cm
Hábito de Crescimento	Touceiras
Tolerância	Secas - fogo - geada - alagamento
Utilização	Controle de erosão / Retenção de sedimentos
Biomassa	40 t/h a
Semeadura	Curvas de nível, em linha

A utilização do Vetiver tem apresentado bons resultados em obras civis como uma alternativa para a proteção de taludes e canais, tanto pela sua eficiência quanto pelo seu baixo custo de execução quando comparado com outras práticas utilizadas em engenharia. Em muitos casos se utiliza essa técnica de forma

complementar a outras tecnologias para proteger diversas obras, diminuindo custos com manutenção e aumentando a vida útil de muitas estruturas. As raízes do Vetiver apresentam resistência à tração de 75 MPa e oferecem grande aumento na resistência ao cisalhamento, que está entre 6 a 10 KPa por m³ de solo, em comparação com valores entre 3,2 a 3,7 KPa por m³ de solo de raízes de árvores, Hengchaovanich (1998).



Figura 4 – Fonte: www.acambiode.com

3. CONCLUSÃO

Os movimentos de massa são muito recorrentes em taludes íngremes, que em sua grande maioria, são compostos por solos de baixa resistência com significativo índice de vazios. Diversas técnicas para mitigação dos efeitos resultantes desses movimentos podem ser encontradas na literatura, porém nem sempre economicamente viáveis. Nesse âmbito, novas opções de baixo custo têm-se revelado muito eficazes como, por exemplo, o uso do Vetiver como alternativa importante no controle de processos erosivos e na estabilização de taludes devido à sua facilidade de sua implantação.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSTRALIAN GEOMECHANICS: Journal and News of the Australian Geomechanics Society, Vol. 37, N^o. 3, June 2002: 106-108
- CRUDEN, D. M.; VARNES, D. J. (1996) "Landslides Types and Processes", Landslides: Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, Washington, USA, p. 36-75.
- DEFLORE, Boletim Técnico, Belo Horizonte – MG, Ano 01 – N^o 003 – Setembro 2006.
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. (1984). Estabilidade de taludes naturais e de escavação. 2ed., São Paulo, Edgar Blucher, 196p.
- HENGCHAOVANICH, D. (1998) "Vetiver System for Slope Stabilization", APT Consult Co., Ltd, Bangkok, Thailand.
- NUNES, A.L.L.S. (2008) "Estabilidades de Taludes Rochosos em Estradas", 6^o Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, Geosul'2008, ABMS, Florianópolis, Santa Catarina, p. 1-11.
- ORTIGÃO, J.A.R.; SAYÃO, A.S.F.J. (2004) Handbook of Slope Stabilisation, Springer-Verlag, 540p.
- TERZAGHI, K., 1950, Mechanism of landslides, in Application of Geology to Engineering Practice, Berkeley Vol., Geological Society of America, p.83-123.
- VARNES, D. J. (1958) "Landslides Types and Process", Landslides and Engineering Practice, National Research Council, p. 20-68.
- VARNES, D. J. (1978) "Slope Movement Types and Process", Special Report 176, Transportation Research Board, Washington, USA, p. 11-33.



Exemplo 1 - www.vetiverambiental.com.br



Exemplo 2 – Fonte: www.gramados.net