

CONTENÇÃO DE ENCOSTAS

Problemas associados a sistemas de contenção e instabilidade de encostas estão diretamente relacionados aos movimentos de massas de solo, ou seja, ao deslocamento de um determinado volume de solo ou rocha e os efeitos causados por ele.

Desde o carreamento de materiais pela ação de rios e variação de marés, até deslizamentos de grandes proporções em regiões montanhosas, a correta identificação do movimento de massa é primordial para a definição do projeto de contenção adequado à encosta. Além disso, um projeto adequado abrange não somente a solução de engenharia, mas as medidas preventivas e de manutenção adequadas à solução técnica empregada.

A Geotecnia é a ciência que estuda o comportamento e a caracterização dos diferentes tipos de solo, bem como a aplicação de métodos científicos e os princípios de engenharia para a solução de problemas de construção a eles associados. É amplamente empregada em obras de engenharia,

tais como escavações de túneis, fundações de edificações, pavimentação, barragens, obras portuárias, estabilidade de taludes, entre outros. O objetivo deste artigo é abordar os movimentos que causam a instabilidade de taludes e apresentar as soluções de contenção mais utilizadas.

As Organizações Militares terrestres da Marinha do Brasil estão construídas sobre os mais variados tipos de terrenos, incluindo aqueles próximos ao litoral ou em rios, e em regiões próximas a encostas. Em diversas situações, a formação do relevo pode ter um impacto relevante para a manutenção dessas instalações, tornando-as susceptíveis a movimentos de massa, sejam eles de solos, de blocos de rocha ou da combinação destes.



Figura 1 - Escorregamento ocorrido em 2017 na Estação Naval do Rio Negro, Manaus-AM. Fonte: DOCM.

CAUSAS E TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSA

Genericamente chamados de escorregamentos, os movimentos de massa abrangem “todo e qualquer movimento coletivo de materiais terrosos e/ou rochosos, independente da diversidade de processos, causas, velocidades, formas e demais características” (GUIDICINI & NIEBLE, 1983).

Os agentes causadores dos movimentos de massa, podem ser assim classificados em:

- Causas internas: são causas intrínsecas à própria massa de solo, como o efeito de oscilações térmicas e a diminuição dos parâmetros de resistência por intemperismo. Em ambos os casos, o resultado é a diminuição dos parâmetros de resistência no local mais afetado, causando a instabilidade;
- Causas externas: a principal causa externa é a mudança na geometria de equilíbrio do sistema, seja pela ação do homem ou pelo processo de formação natural. A ação do homem, nestes casos, é mais comum, tendo em vista que o processo de formação natural é bastante lento. O efeito de vibrações também é uma causa considerada externa, seja pela ação de terremotos, “ondas” causadas por explosões, impactos repetitivos ou até tráfego pesado de veículos;
- Causas intermediárias: têm relação direta com o comportamento da água presente no maciço. Por exemplo, a elevação da pressão da água em um talude, durante o enchimento do reservatório de uma barragem, diminui a resistência do mesmo. Inversamente, o rebaixamento do lençol freático de forma rápida (caso comum nas margens fluviais após enchentes) também contribui para a instabilidade.

Conhecidas as causas, é necessária a definição do tipo de movimento ocorrido (ou passível de ocorrência), pois leva ao entendimento do efeito do movimento na paisagem. Gerscovich (2012) destaca que existem diversas propostas de sistemas de classificação, sendo a proposta de Varnes (1978) a mais utilizada internacionalmente. Conforme destacado por essa mesma autora, Augusto Filho (1992) revisou a proposta de classificação de Varnes (1978) e ajustou as características dos principais grupos de processos de escorregamento à dinâmica brasileira (Tabela 1).

Processo	Característica do Movimento, Material e Geometria
Rastejo ou Fluência	Vários planos de deslocamento (internos) Velocidades muito baixas a baixas (cm/ano) e decrescentes com a profundidade Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes Solo, depósitos, rocha alterada/fraturadas Geometria indefinida
Escorregamento	Poucos planos de deslocamentos (externo) Velocidades médias (km/h) a altas (m/s) Pequenos a grandes volumes de material Geometria e materiais variáveis Planares → solos pouco espessos; solos e rochas com um plano de fraqueza Circulares → solos espessos homogêneos; rochas muito fraturadas Em cunha → solos e/ou rochas com dois planos de fraqueza

Tabela 1 - Características dos principais grupos de movimentos de massa (Augusto Filho, Apud Gerscovich, 2012)



Processo	Característica do Movimento, Material e Geometria
Queda (Figura 2)	Sem planos de deslocamento Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado Velocidades muito altas (m/s) Material rochoso Pequenos a médios volumes Geometria variável: lascas, placas blocos etc. Rolamento de matacão Tombamento
Corrida (Figura 3)	Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação) Movimento semelhante ao de um líquido viscoso Desenvolvimento ao longo das drenagens Velocidades médias a altas Mobilização de solo, rocha, detritos e água Grandes volumes de material Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Figura 2 - Talude rochoso susceptível à queda de blocos de rocha às margens da rodovia Rio-Santos. Fonte: acervo pessoal.



Observa-se que, apesar de representarem movimentos de massa em taludes, as erosões não são normalmente incluídas nos sistemas de classificação, a exemplo da proposta constante na Tabela 1. Isso ocorre devido aos variados mecanismos deflagradores dos processos erosivos, constituídos por diferentes agentes, fazendo com que as erosões sejam tratadas de forma separada. Gerscovich (2012) subdivide os processos erosivos de acordo com o efeito deflagrador: quando a água é subterrânea, o processo é denominado voçoroca; caso contrário, denomina-se ravina. Assim como os movimentos de massa, as erosões também dependem de fatores externos (potencial erosivo de chuvas, infiltração, escoamento superficial e topografia) e internos (fluxo, tipo de solo, desagregabilidade, erodibilidade, presença de trincas, evolução físico-química e mineralógica).

Ressalta-se que a solução técnica de engenharia é definida após o conhecimento das causas e determinados os efeitos passíveis de ocorrência, mesmo antes de se verificar a instabilidade do terreno.

Figura 3 - Corrida de detritos ocorrida em 2011 em Nova Friburgo devido às chuvas. Fonte: Motta (2014).

OBRAS DE ESTABILIZAÇÃO DE ENCOSTAS

Uma vez identificada a necessidade de estabilização de um maciço, iniciam-se os estudos necessários para a escolha da melhor solução, do ponto de vista técnico e econômico. Para isso, é fundamental a elaboração de estudos preliminares, conforme os requisitos mínimos previstos pela norma técnica ABNT NBR 11682 – Estabilidade de taludes. Dentre o rol de possíveis soluções estão:

- **Terraplenagem e Retaludamento (Figura 4):** consistem em modificar a geometria do talude, suavizando-a, de forma a proteger a superfície da encosta quanto aos processos erosivos. Normalmente ocorre também a instalação de sistemas de drenagem superficial e subterrânea, de forma a minimizar os efeitos do excesso de água no maciço.

- **Solos Grampeados:** consistem em reforçar o solo utilizando chumbadores de aço.

- **Muros de Contenção (Figura 5):** estruturas que adicionam sobrecarga ao pé do talude de forma a aumentar as reações estabilizantes. Eles também exigem proteção superficial do talude e dos sistemas de drenagem superficial e profunda.

- **Cortinas ou Grelhas Atirantadas (Figuras 6 e 7):** são estruturas que utilizam barras ou cabos protendidos ancorados em grandes profundidades, usualmente em rochas, gerando esforços estabilizantes dentro do maciço a ser estabilizado. Também necessitam de proteção superficial do talude e de sistemas de drenagem profundos e superficiais. Essa técnica permite a estabilização de taludes verticais e de grandes alturas.



Figura 4 – Retaludamento executado em 2017, em encosta do Depósito de Combustíveis da Marinha no Rio de Janeiro (DepCMRJ). Fonte: DOCM.



Figura 5 – Sistema de retaludamento com muro de contenção do tipo gabião, executado em 2018 na ENRN, Manaus-AM. Fonte: DOCM.



Figura 6 – Cortina atirantada, construída em 2019, na residência do Comandante-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais, próximo à entrada do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro. Fonte: AMRJ.



Figura 7 – Sistema de contenção com tela metálica e grelha atirantada, no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) Fonte: DOCM.

• **Soluções de Mitigação e Convívio (Figura 7):** Existem situações em que as intervenções necessárias para que se assegure a estabilidade de um maciço são de custo muito elevado, neste caso torna-se necessária a adoção de soluções de mitigação e convívio com futuras rupturas. Uma solução comum é a construção de “túneis falsos”,

onde uma região é protegida por um conjunto de estruturas de concreto que desvia o material rompido, evitando danos. Outra solução é a construção de barreiras flexíveis ou a instalação de telas metálicas em taludes rochosos, que minimizam o dano provocado por rupturas e quedas de blocos ao interromper o seu deslocamento.

PLANO DE MANUTENÇÃO

Para que as obras de contenção tenham suas características originais do projeto dentro dos critérios de segurança preestabelecidos ao longo de sua vida útil, a norma de estabilização de encostas (NBR 11682) prevê o Plano de Manutenção, que é o documento elaborado pelo executor das obras e que serve como referência ao proprietário para a manutenção do sistema. Devem ser seguidas as seguintes recomendações:

- Realizar vistorias periódicas, no mínimo semestrais, para a verificação de situações anômalas, como a aparição de trincas, obstrução na drenagem, erosões ou quaisquer outros fatos considerados relevantes;
 - Realizar a limpeza periódica dos sistemas de drenagem;
 - Realizar, com a periodicidade recomendada pelo executor, a medição de vazão dos drenos profundos sub-horizontais;
 - Em obras de contenção com tirantes, de cinco em cinco anos, realizar ensaios de verificação de carga dos mesmos, além de inspecionar as suas cabeças.

Sistemas de contenção de maior complexidade também podem necessitar de monitoramento contínuo, por meio de equipamentos especiais, como inclinômetros e piezômetros, que devem ser definidos por um engenheiro civil geotécnico.

Os estados da Federação, por sua vez, também demandam a realização periódica de autovistoria em obras de contenção de encostas. O Estado do Rio de Janeiro, por exemplo, estabelece pela Lei nº 6400, de 5 de março de 2013, que obras com menos de 25 anos de vida útil precisam ser vistoriadas a cada dez anos, com a emissão de laudo técnico de vistoria.

Outro ponto de atenção é a manutenção da cobertura vegetal nos maciços, pois apresentam papel vital na proteção contra deslizamentos, inibindo a formação de processos erosivos devidos à penetração e percolação superficial de águas pluviais. As raízes da vegetação atuam como uma malha estruturada do solo, garantindo maior estabilidade. A adoção de cobertura vegetal pode estar associada a uma proposta de sistema de contenção, como no caso dos retaludamentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Obras de intervenção para a estabilidade de taludes são, geralmente, muito dispendiosas. Uma vez verificada a necessidade da construção de um sistema de contenção, as boas práticas de engenharia nos levantamentos preliminares, durante a construção e, principalmente, durante a sua vida útil, com manutenções periódicas, garantem a integridade da estrutura.

No âmbito da MB não poderia ser diferente. A adoção de rotinas de manutenção nas diversas obras de contenção distribuídas pelo território nacional garante o bom desempenho das estruturas e minimizam os gastos com grandes intervenções. Ações simples, como a limpeza periódica de canaletas dos sistemas de drenagem, contribuem significativamente na manutenção das contenções. Adicionalmente, a busca pelo atendimento das recomendações previstas na NBR 11682, no que se refere ao plano de manutenção, assegura a conservação dos requisitos técnicos de dimensionamento das mesmas.

Contudo, a melhor solução será sempre a prevenção, evitando-se construir próximo a regiões suscetíveis a movimentos de massas ou realizando ações que favoreçam a estabilidade dos maciços, como a conservação da vegetação superficial, a execução de sistemas de drenagens capazes de disciplinar as águas pluviais, um dos principais agentes causadores dos movimentos, e a adoção de soluções de mitigação, quando aplicáveis.

REFERÊNCIAS:

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11682: Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro. 2009.
2. GERSCOVICH, D. M. S. Estabilidade de Taludes. São Paulo. Oficina de Textos, 2012.
3. GUIDICINI, G. e NIEBLE, C. M. Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. 2ª ed. São Paulo. Edgard Blücher, 1983.
4. MOTTA, H. P. G., Avaliação de Corridas de Detritos para Previsão de Eventos Futuros, Tese de Doutorado. Programa de Engenharia Civil, UFRJ/COPPE, 2014.



**Capitão Tenente (EN)
Julio Gomes de Almeida
Pequeno**

Encarregado da 2ª Seção de Estruturas da DOCM

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

Mestre em Geotecnia pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE/UFRJ).



**Primeiro-Tenente (EN)
Frederico de Lima Marques**

ENRG (Estação Naval do Rio Grande)

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

Mestre em Engenharia dos Transportes pelo Instituto de Ciências e Tecnologias de Paris.

