FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL

LEONARDO SANTANA DE SOUZA LIMA

ESTUDO DAS INSTABILIDADES DE TALUDES E APRESENTAÇÃO DE MÉTODOS PARA ESTABILIZAÇÃO DOS MESMOS

UBÁ/MG
2015

LEONARDO SANTANA DE SOUZA LIMA

ESTUDO DAS INSTABILIDADES DE TALUDES E APRESENTAÇÃO DE MÉTODOS PARA ESTABILIZAÇÃO DOS MESMOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Me Israel Iasbik.

UBÁ/MG

2015

ESTUDO DAS INSTABILIDADES DE TALUDES E APRESENTAÇÃO DE MÉTODOS PARA ESTABILIZAÇÃO DOS MESMOS

Resumo

Obras de terra como cortes verticais, aterros e contenções, muitas vezes são essenciais para implantação de habitações e empreendimentos de todos os tipos. As cidades brasileiras cresceram sem um planejamento e acompanhamento adequado de profissionais como engenheiros e urbanistas, acarretando vários problemas, um deles, os deslizamentos ou escorregamentos de terras, que geram graves danos à população e ao meio ambiente. O objetivo deste trabalho é definir os tipos de deslizamentos bem como as causas dos mesmos e apresentar as soluções para estabilização mais adequadas a cada situação. É apresentada, uma análise dos movimentos de terra, suas causas e técnicas de reparos, através dos quais, foi apresentada várias técnicas de estabilização em taludes dentro da engenharia no intuito de evitar grandes deslizamentos garantindo a segurança de toda população. Assim, foi observada a necessidade de políticas voltadas ao planejamento adequado para o futuro das cidades. A importância do conhecimento de técnicas de estabilização nos taludes é indispensável ao profissional de engenharia, não apenas para se proceder aos reparos necessários nos maciços, mas também para garantir que, após reparado, não volte a causar danos.

Palavras-chave: Escorregamentos de Terra. Taludes. Causas Antrópicas.

STUDY OF THE INSTABILITY OF SLOPES AND PRESENTATION METHODS FOR STABILIZATION THEREOF

ABSTRACT

Earthworks and vertical cuts, embankments and retaining walls are often essential for deployment of houses and businesses of all types. Brazilian cities grew without proper planning or assistance of professionals such as engineers and planners, resulting in several problems, one of them slips and landslides, which cause serious damage to people and to the environment. With the aim of defining the types of slips and causes sa thereof and present the most suitable stabilizing solutions for each situation, it is presented an analysis of earth movements, their causes and repair techniques on slopes in engineering in order to prevent major mudslides ensuring the security of the entire population. Thus, it observed the nessecidade of policies to proper planning for the future of cities. The importance of knowledge stabilization techniques on the slopes is essential to the necessary repairs in the mass, but also to ensure that after repaired, do not come to harm.

Keywords: Landslides. Embankments. Anthropogenic Causes.

1 INTRODUÇÃO

Silva (2006), afirma que, a superfície da Terra vem sendo constantemente modificada por ações geológicas, climatológicas, biológicas e antrópicas. Algumas dessas interações necessitam de milhares de anos para serem observadas, mas outras, como o caso das antrópicas, são observadas em períodos curtos de tempo.

Segundo Ítalo (2011), a ocupação humana das cidades é um processo acelerado e irreversível, por falta de normas, diretrizes e um planejamento urbano adequado, esse processo se agrava originando uma urbanização desordenada nas cidades por todo o país. Devido às questões econômicas e à falta de infraestrutura nos municípios brasileiros, as populações migram para áreas próximas aos centros, ocupando regiões periféricas e desvalorizadas como morros, encostas e aterros.

Ocupações urbanas em encostas foram bastante comuns na Europa na Idade Média. Nesse período, a busca de sítios de implantação que propiciassem segurança, do ponto de vista militar, valorizava, dentre outros, os topos de colinas ou de montanhas. A partir desses locais estratégicos, a defesa era facilitada, a visão de eventuais movimentos inimigos era completa e o acesso ficava dificultado aos invasores. Desde o período colonial, o Brasil apresenta também inúmeras ocupações urbanas em encosta. Herança da Idade Média e da tradição da escolha de sítios elevados para implantação urbana (SILVA, 2006).

Guerra e Cunha (2001), afirmam que a ocupação desordenada dessas áreas se agrava em épocas de elevado índice pluviométrico, pois são meses suscetíveis a escorregamentos, devido ao aumento de poro-pressão que reduz a resistência do solo ao cisalhamento, colocando em risco a vida de grande parte da população.

Exemplo desses riscos de urbanização sem um planejamento adequado, foi o ocorrido na região serrana do Rio de Janeiro no mês de janeiro do ano de 2011, devido ocorrência de chuvas intensas e sucessivas resultou em incontáveis deslizamentos de encostas, causando mais de 1500 mortes e incalculáveis danos materiais ao estado e aos moradores.

Segundo Guerra e Cunha (2001), o crescimento dos centros urbanos, ocorre sem um estudo sobre a população futura. Áreas que deveriam ser preservadas, são exploradas colocando em risco toda uma população e o meio ambiente.

Segundo Oliveira (2010), historicamente, os primeiros estudos sobre escorregamento datam de cerca de 2000 anos, na China e no Japão. No Brasil, durante o Império, existem relatos do ano de 1671, sobre deslizamentos nas encostas da cidade de Salvador.

Os prejuízos gerados por estes escorregamentos são enormes, devido ao caráter catastrófico que causam às áreas afetadas, como a destruição de patrimônios públicos e privados.

Escorregamento é um movimento de massa que ocorre em encostas, devido principalmente às intempéries, cortes e aumento de poro-pressões. A ocorrência de escorregamentos terrosos é elevada e gera grande destruição, acarretando em grandes prejuízos financeiros e destruição de vidas humanas, necessitando assim, de obras emergenciais para repor o estrago ocasionado pelos mesmos.

O objetivo deste trabalho é definir os tipos de deslizamentos bem como as causas dos mesmos e apresentar as soluções para estabilização mais adequadas a cada situação.

A importância do conhecimento das origens das patologias nos taludes são indispensáveis ao profissional de engenharia, não apenas para se proceder aos reparos necessários nos maciços, mas também para garantir que, após reparado, não volte a causar danos. O pouco conhecimento dos profissionais de engenharia na área, principalmente no que se refere à identificação e análise das patologias, bem como a indicação da melhor técnica de recuperação e reforço, resultam em reparos ineficientes, retrabalhos ou demolições desnecessárias.

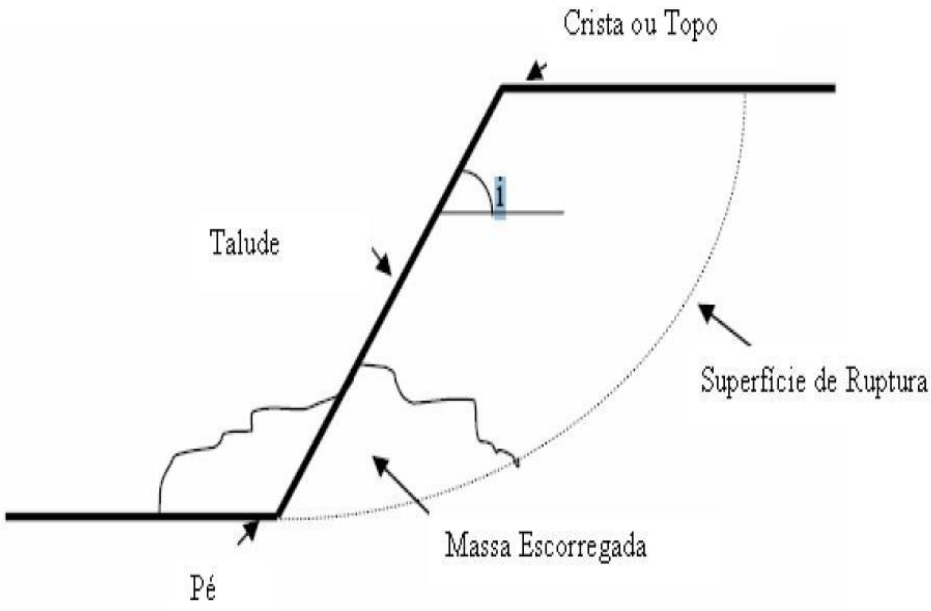
2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Taludes

Sob o nome de taludes compreendem-se todas as superfícies inclinadas que limitam um maciço de terra, de rocha ou de terra e rocha. Podem ser naturais, caso das encostas, ou artificiais, como os taludes de cortes e aterros (CAPUTO, 1988). Devido à inclinação, um componente da gravidade tenderá a mover o solo para baixo, ocorrendo o deslizamento.

Ressalta-se que na análise de taludes naturais ou artificiais prevalece mais a probabilidade do que a certeza. "a Engenharia de Fundações e Obras de Terra não é uma Ciência Exata: riscos são inerentes a toda e qualquer atividade que envolva fenômenos ou materiais da Natureza" NBR 11.682 (ABNT, 2009). O ângulo de um talude natural é o maior ângulo de inclinação para um determinado tipo de solo exposto ao tempo, obtido sem ruptura do equilíbrio do maciço. Conforme Cardoso (2002), nos solos não coesivos, esse ângulo praticamente coincide com o ângulo de atrito interno e nos solos argilosos, devido à elevada coesão, pode ser até mesmo verticalizado. Na estabilidade dos taludes, interferem condicionantes relativos aos tipos de materiais constituintes e aos agentes perturbadores, que podem ser de natureza geológica, antrópica, geotécnica ou condições ambientais. A FIG. 1 ilustra um talude e a terminologia usualmente empregada.

FIGURA 1 – Conformação de um talude.



Fonte: Manhago (2008).

2.2 Deslizamentos

Os deslizamentos, também conhecidos como escorregamentos, são processos de movimentos de massa envolvendo materiais que recobrem as superfícies das vertentes ou encostas, tais como solos, rochas e vegetação. Estes processos estão presentes nas regiões montanhosas e serranas em várias partes do mundo, principalmente naquelas onde predominam climas úmidos. A contribuição de outro meio, como água se dá pela redução da resistência dos materiais de vertente e/ou pela indução do comportamento plástico e fluido dos solos (TOMINAGA, 2009).

Os deslizamentos são estudados por várias áreas do conhecimento, como: engenharia civil, mecânica dos solos e das rochas, geotécnica, geologia, geomorfologia e climatologia.

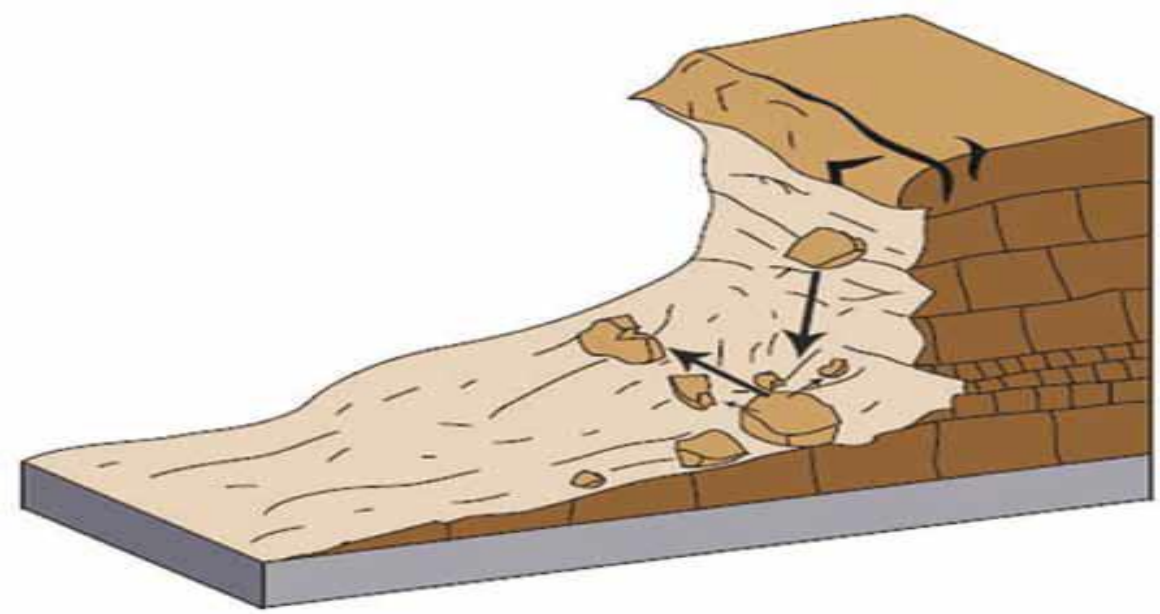
Os movimentos de terra são fenômenos que ocorrem naturalmente e fazem parte da evolução geomorfológica das regiões. O fator humano, sem o adequado planejamento do uso e ocupação do solo, está ocasionando acidentes associados a estes processos, que muitas vezes atingem dimensões de desastres. Para Carvalho & Galvão (2006), numa escala de tempo geológica (milhares de anos), é certo que algum deslizamento vai ocorrer. No entanto, a ocupação urbana tende a tornar mais frágil o equilíbrio naturalmente precário, fazendo com que os deslizamentos passem a ocorrer em escala humana de tempo (dezenas de anos ou mesmo anualmente) (ÍTALO, 2011).

Existem várias classificações para tipos de movimentos de taludes, que variam usualmente em razão da Cinemática do movimento, Tipo de material e Geometria das massas. O tipo de deslizamento determinará a velocidade potencial do movimento, o provável volume de deslocamento, a distância de deslocamento, como os possíveis efeitos do deslizamento e as medidas mitigadoras apropriadas a serem consideradas (ÍTALO, 2011).

2.2.1 Quedas de blocos

Movimento de material através de queda livre abrupta em encostas muito íngremes e precipícios. O material é geralmente desprendido em blocos
(BRUNSDEN & PRIOR, 1984 apud AGUIAR, 2008). Conforme está representado na FIGURA 2.

FIGURA 2 – Representação de queda de blocos.

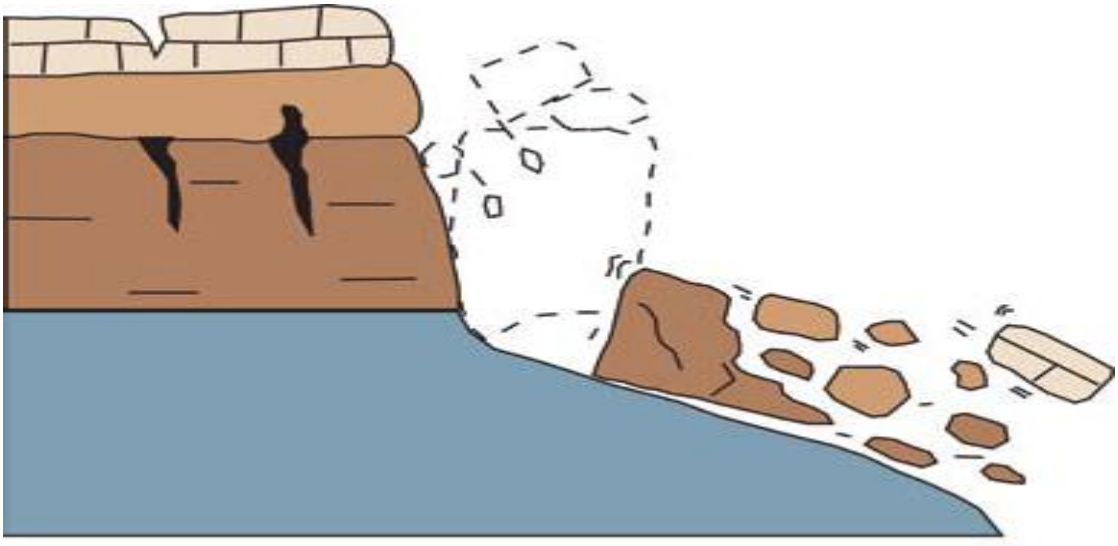


Fonte: HIGHLAND e BOBROWSKY (2009, p.10).

2.2.2 Tombamento

Rotação de massa de solo ou rocha em relação a ponto ou eixo localizado abaixo do centro de gravidade da massa deslocada. O tombamento pode ser devido a material sobre o talude e devido à água ou gelo nas fraturas da massa (TURNER e SCHUSTER, 1996 apud AGUIAR, 2008).

FIGURA 3-Representação de queda por tombamento.



Fonte: Tominaga *et al*. (2009, p31).

2.2.3 Escorregamentos propriamente ditos

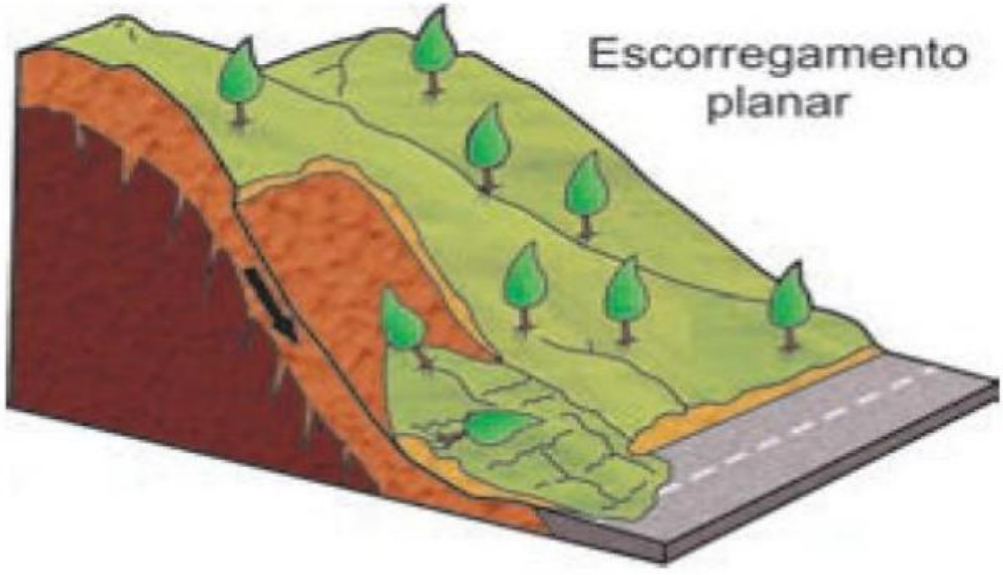
São movimentos rápidos com velocidades médias a altas (m/h a m/s), de curta duração e de elevado poder destrutivo. Kobiyama *et al.* (2006) relatam que os estados brasileiros mais afetados por escorregamentos são: Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Paraíba.

Segundo Tominaga *et al*. (2009), os escorregamentos propriamente ditos podem ocorrer de três formas diferentes: planar ou translacional, rotacional ou em cunha, dependendo da superfície de ruptura.

2.2.3.1 Planares ou Translacionais

São os mais frequentes entre todos os tipos de movimentos de massa. Formam superfícies de ruptura planar associadas às heterogeneidades dos solos e rochas que representam descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas derivadas de processos geológicos, geomorfológicos ou pedológicos. A morfologia dos escorregamentos translacionais caracteriza-se por serem rasos, com o plano de ruptura, na maioria das vezes, a 0,5 a 5,0 m de profundidade e com maiores extensões no comprimento (HIGHLAND e BOBROWSKY, 2009), conforme está representado na FIG. 4.

FIGURA 4 – Escorregamento planar ou translacional.

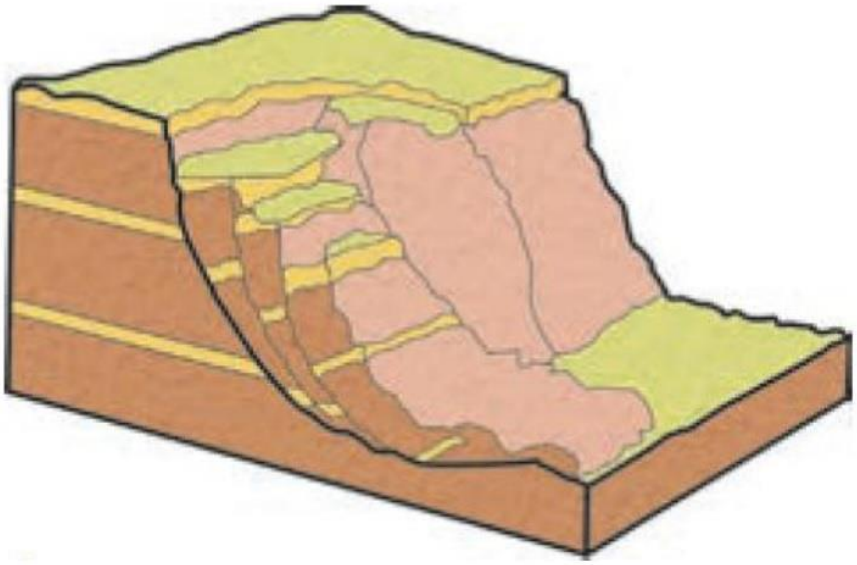


Fonte: Tominaga *et al*. (2009, p31).

2.2.3.2 Rotacionais

Os escorregamentos rotacionais caracterizam-se por uma superfície de ruptura curva ao longo da qual se dá um movimento rotacional do maciço de solo, conforme representado na FIG. 5. A ocorrência destes movimentos está associada geralmente à existência de solos espessos e homogêneos, como os decorrentes da alteração de rochas argilosas. O início do movimento muitas vezes é provocado pela execução de cortes na base destes materiais, como na implantação de uma estrada ou para construção de edificações, ou ainda pela erosão fluvial no sopé da vertente (FERNANDES & AMARAL, 1996).

FIGURA 5 – Escorregamento rotacional.

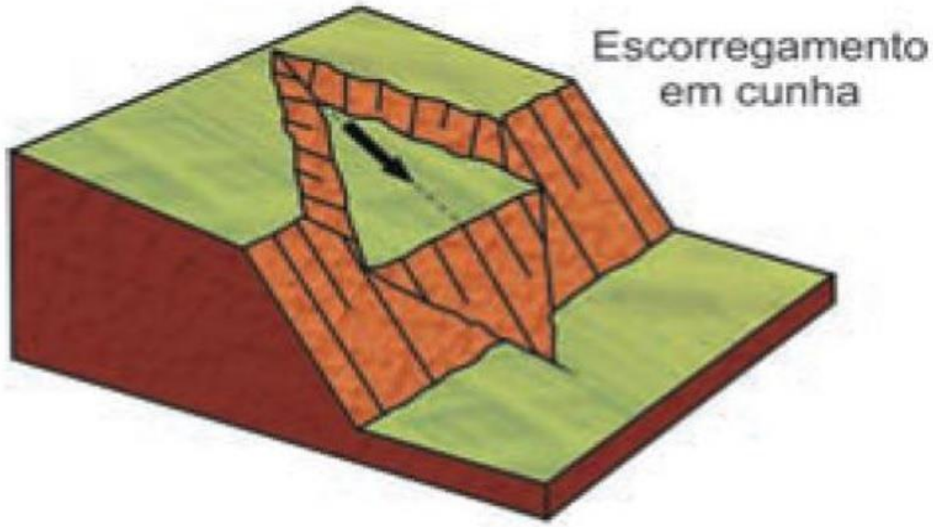


Fonte: Tominaga *et al*. (2009, p29).

2.2.3.3 Cunha

Os escorregamentos em cunha têm ocorrência mais restrita às regiões que apresentam um relevo fortemente controlado por estruturas geológicas. São associados aos maciços rochosos pouco ou muito alterados, nos quais a existência de duas estruturas planares, desfavoráveis à estabilidade, condiciona o deslocamento de um prisma ao longo do eixo de intersecção destes planos, tal ocorrência está representada na FIG. 6. Ocorrem principalmente em taludes de corte ou em encostas que sofreram algum tipo de desconfinamento, natural ou antrópico (INFANTI JUNIOR & FORNASARI FILHO, 1998).

FIGURA 6 – Escorregamento em cunha.



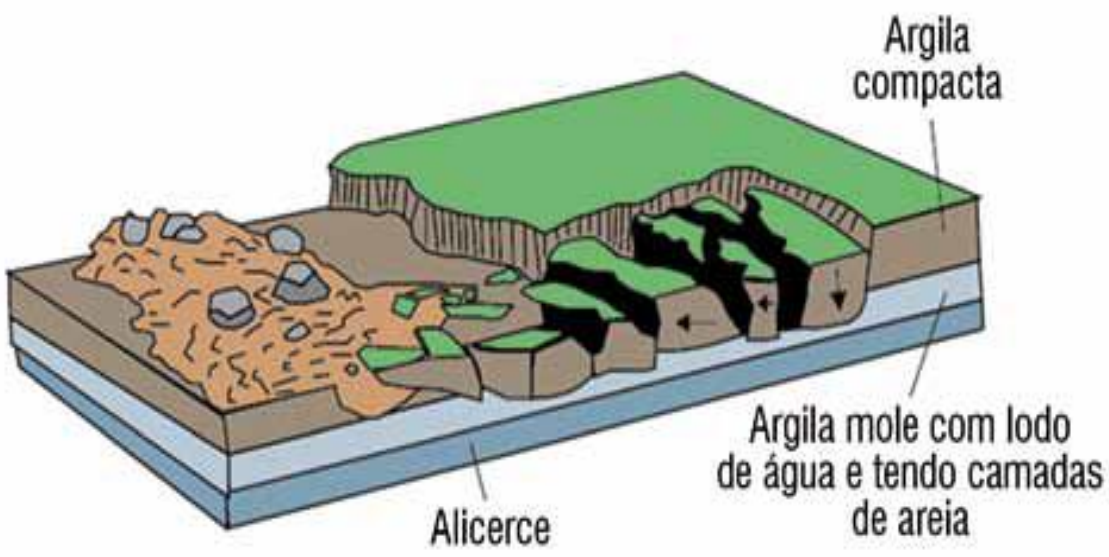
Fonte: Tominaga *et al*. (2009, p32).

2.2.4 Espalhamento

Uma extensão de uma massa coesiva, formada por solo ou rocha, combinada a um generalizado afundamento da superfície da massa fraturada de material coesivo para uma camada inferior, de material menos rígido.

Movimento de extensão lateral, distribuída em massa fraturada (BRUNSDEN & PRIOR, 1984 apud AGUIAR, 2008). Conforme está representado na FIG. 7.

FIGURA 7 – Esquema de espalhamento lateral.



Fonte: BOBROWSKY (2009, p.10).

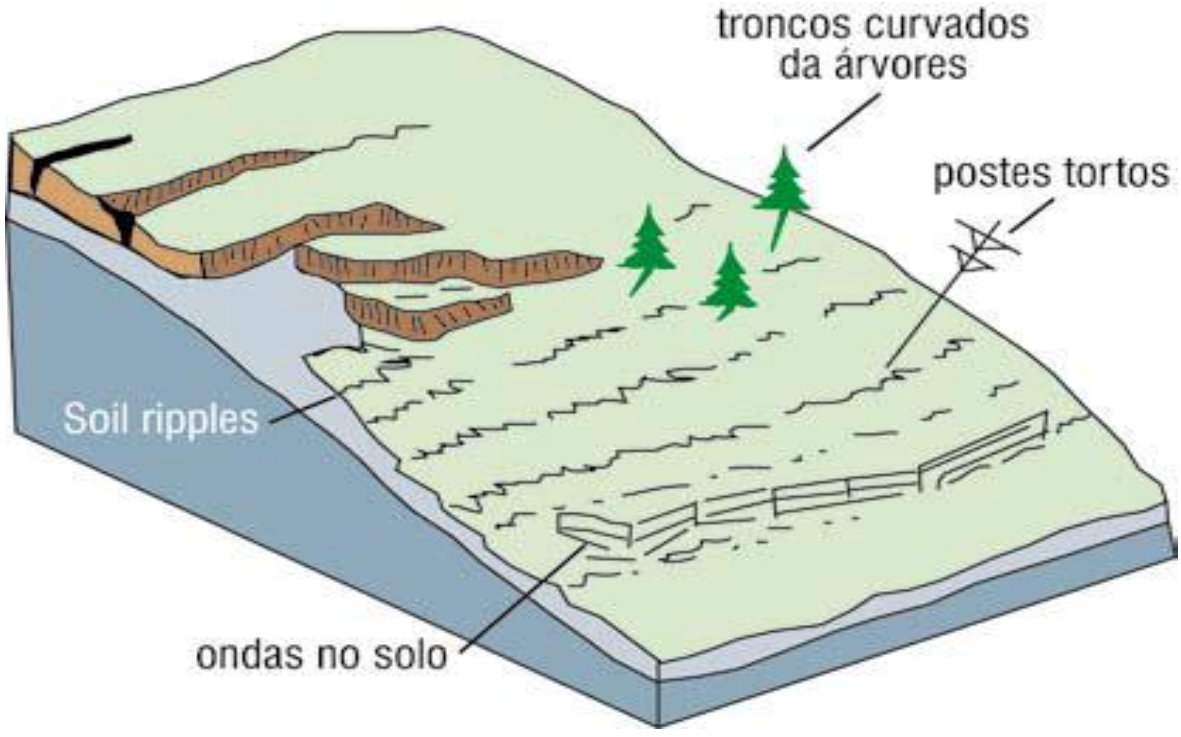
2.2.5 Corridas

São movimentos muito rápidos (m/s), devido às características do material transportado que se comportam como fluidos altamente viscosos. Apesar de serem mais raras de ocorrer, produzem estragos maiores que os escorregamentos. O fluxo destrói tudo no seu caminho, ou seja, no local de formação (encosta), durante o caminho (cursos d'água e fundo de vales) e na área de deposição (planícies). Dependendo da viscosidade e do tipo de material, podem receber outros nomes como, fluxos de terra (*earthflows*), fluxos de lama (*mudflows*) e fluxos de detrito (*debrisflows*). (SELBY, 1993; AUGUSTO FILHO 1994; MARCELINO 2003).

2.2.6 Rastejo ou Fluência

É um fenômeno bem lento (cm/ano) e a energia destrutiva, consequentemente, é menor que a dos demais tipos. Esse tipo de deslocamento é causado por tensão de cisalhamento interna suficiente para causar deformação, mas insuficiente para causar rupturas. Conforme está representado na FIG. 8. Podem ser facilmente identificados pela mudança na verticalidade das árvores, postes, muros. (SELBY, 1993; AUGUSTO FILHO 1994).

FIGURA 8 – Esquema de um deslizamento lento de terra.



Fonte: BOBROWSKY (2009, p.34).

2.3 Causas de Movimento de Massas

Os processos de escorregamento envolvem uma série contínua de eventos de causa e efeito que resultam na ruptura de materiais terrestres, quando as solicitações são maiores que a resistência dos terrenos.

Segundo Bitar (1995), podem agrupar os fatores que deflagram os escorregamentos em: os que aumentam as solicitações; e os que diminuem a resistência dos terrenos. Conforme está representado no Quadro 1.

QUADRO 1 – Fatores de deflagração dos movimentos de terra.

AÇÃO	FATORES	FENÔMENOS GEOLÓGICOS/ANTRÓPICOS
AUMENTO DA SOLICITAÇÃO	REMOÇÃO DE MASSA (lateral ou da base)	Erosão, escorregamentos
		Cortes
	SOBRECARGA	peso da água de chuva, neve, granizo, etc.
		acúmulo natural de material (depósito)
		peso da vegetação
		construção de estruturas, aterros, etc.
	SOLICITAÇÕES DINÂMICAS	terremotos, ondas, vulcões, etc.
		explosões, tráfego, sismos induzidos.
REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA	PRESSÕES LATERAIS	água em trincas, congelamento, material expansivo.
	CARACTERIÍSTICAS INERENTES AO MATERIAL (geometria, estruturas, etc.).	característica geomecânicas do material, tensões.
	MUDANÇAS OU FATORES VARIÁVEIS	intemperismo=> redução na coesão, angulo de atrito.
		elevação do N.A.

Fonte: Bitar, (1995).

Segundo Abreu (2007), na maioria das rupturas, atuam vários fatores simultaneamente ou um único fenômeno pode produzir os efeitos de aumento da solicitação e diminuição da resistência do terreno. Atentar apenas para o fator (agente/causa) final responsável pelo movimento, não é somente difícil, mas também pode ser incorreto, já que ele pode representar apenas o gatilho que pôs em movimento uma massa que já estava em processo de ruptura.

Segundo Guidicini e Nieble (1976), a identificação precisa dos fatores responsáveis pela movimentação é fundamental para a adoção das medidas corretivas ou preventivas mais acertadas do ponto de vista técnico-econômico. Em muitos casos, a principal causa não pode ser removida, sendo portanto, necessário reduzir os efeitos continua ou intermitentemente. Quadro 2.

QUADRO 2 – Agentes/causas dos escorregamento

AGENTES	PREDISPONENTES	Complexo geológico, complexo morfológico, complexo climático-hidrológico, gravidade, calor solar, tipo de vegetação original.	
	EFETIVOS	PREPARATÓRIOS	pluviosidade, erosão pela água e vento, congelamento e degelo, variação de temperatura, dissolução química, ação de fontes e mananciais, oscilação de nível de lagos e marés e do lençol freático, ação do animais e humana, inclusive de desflorestamento.
		IMEDIATO	Chuvas intensas, fusão do gelo e neve, erosão, terremotos, ondas, ventos, ação do homem, etc.
CAUSAS	INTERNAS	Efeitos das oscilações térmicas	
		Redução dos parâmetros de resistência por intemperismo	
	EXTERNAS	Mudanças na geometria do sistema	
		Efeitos de vibrações	
		Mudanças naturais na inclinação das camadas	
	INTERMEDIÁRIAS	Elevação do nível piezométrico em massas homogêneas	
		Elevação da coluna da água em descontinuidades	
		Rebaixamento rápido do lençol freático	
		Erosão subterrânea retrogressiva	
		Diminuição do efeito de coesão aparente	

Fonte: Guidicini e Nieble, (1976).

Quando se tem por objetivo identificar o mecanismo de instabilidade de uma encosta ou talude visando à elaboração de projeto de contenção, ou mesmo a recomendação de medidas emergenciais para se evitar a ampliação de acidentes, deve-se proceder a uma caracterização geológico-geotécnica específica. Esta é realizada com a determinação de parâmetros quantitativos e qualitativos das unidades geológicas presentes na área estudada, em diferentes níveis ou escalas de abordagem e tendo os seguintes objetivos básicos (ABREU 2007).

2.3.1 Relevo

A declividade e a forma do perfil são as principais características físicas naturais que determinam uma encosta. A declividade é uma característica fundamental a ser avaliada quanto do estudo de escorregamentos. O perfil que dá a forma das encostas é caracterizado pela variação de sua declividade ao longo de seu comprimento ou de sua extensão transversal. Os perfis mais observados são: retilíneo, convexo e côncavo (PISANI, 1998).

Assim, Independentemente do perfil da encosta, a declividade é um dos fatores mais relacionados com o nível de suscetibilidade de risco. Quanto maior a declividade de uma encosta, maior é o movimento de terra necessário para a ocupação e esses cortes e aterros realizados sem obras de estabilização geram níveis maiores de riscos associados a escorregamentos (PISANI, 1998).

2.3.2 Vegetação

A cobertura vegetal constrói ao longo do tempo um sistema radicular que estrutura as camadas superficiais do solo, similar a uma tela ou manta protetora. A vegetação forma uma malha, às vezes densa, de raízes dispostas paralelamente à superfície do terreno e esta dá às camadas superiores um aumento significativo de resistência ao cisalhamento. Esse fenômeno é bem explorado pela engenharia civil que utiliza gramíneas como agentes protetores de taludes artificiais (PISANI, 1998).

Evidencia-se que o sistema radicular, mesmo depois da vegetação ser cortada, continua a dar resistência durante algum tempo até que esteja totalmente deteriorado. É importante levantar historicamente os desmatamentos ocorridos, pois um solo nu pode aparentar estabilidade devido a um sistema radicular ainda ativo e entrar em colapso sem que seja observado o motivo, que é o enfraquecimento que ocorre debaixo do solo.

A floresta em encostas, possui o efeito de limitação das áreas de escorregamentos a montante. A vegetação forma uma verdadeira barreira para o material que escorrega, segurando-o ou diminuindo a velocidade e a força das massas em movimento e protegendo a área que está à jusante. O estudo do papel da cobertura vegetal em relação ao balanço hídrico também é importante para o sistema de estabilidade de encostas. A camada de vegetação em um solo forma uma barreira de interceptação das águas pluviais e tem os seguintes efeitos:

• Proteger o solo contra a energia das gotas de chuva;
• Prolongar o período de precipitação, pois a barreira que é formada pela vegetação retém parte da precipitação, que goteja após o evento, dissipando a força e reduzindo a intensidade;
• Reter um grande volume de água em todos os componentes da camada vegetal, reduzindo a quantidade de água a atingir o solo. Essa quantidade retida varia em função das características da vegetação e da chuva (PISANI, 1998).

2.3.3 Pluviosidade

O principal agente acelerador dos movimentos gravitacionais de massa é a água. Portanto, no período chuvoso é que ocorre a maioria absoluta dos acidentes relacionados a escorregamentos em encostas. A água atua na desestabilização de uma encosta de várias formas:
• Eleva o grau de saturação do solo e consequentemente diminui sua resistência;
• Aumenta o peso específico do solo, devido à retenção da parte infiltrada da água;
• Provoca infiltração nos vazios, fissuras e juntas dos maciços ou em parte deles, gerando pressões hidrostáticas ou hidrodinâmicas, que podem ocasionar a ruptura de um talude.

Gera o escoamento superficial, podendo ocasionar diferentes tipos de erosões (laminar, em sulcos e boçorocas) que aumentam a instabilidade nas encostas (PISANI, 1998).

2.3.4 Lençol Freático

A localização do lençol freático, mais ou menos profundo tem influências sobre a suscetibilidade a escorregamentos. Quando há o surgimento de água, indicando áreas de lençol freático raso e/ou aflorante, as edificações e as obras de terraplenagem exigem cuidados especiais. Obras de drenagem são necessárias para manter a estabilidade dos solos, pois, sem elas, a saturação e outros efeitos provocados pela presença da água ocasionam instabilizações, podendo gerar escorregamentos (PISANI, 1998).

2.3.5 Causas antrópicas

O homem vem-se constituindo o mais importante agente modificador da dinâmica das encostas. Gonçalves (1992) apresenta um oficio da Câmara de Vereadores da Comarca da Bahia, datado de 1671, que atribui como causa para o escorregamento ocorrido nas ladeiras da

Conceição e Misericórdia (Cidade Baixa) em abril daquele ano "as imundícies lançadas nos despenhadeiros". Este ofício solicitava permissão ao rei para levantar paredões a fim de impedir o lançamento de lixo nas encostas.

As principais modificações oriundas das interferências antrópicas indutoras dos movimentos gravitacionais de massa são apresentadas abaixo:

- Remoção da cobertura vegetal;
- Lançamento e concentração de águas pluviais;
- Vazamento na rede de abastecimento e esgoto;
- Execução de cortes com geometria incorreta (altura/inclinação);
- Execução deficiente de aterros (compactação, geometria, fundação);
- Lançamento de lixo nas encostas/taludes.

2.4 Estabilização de Taludes

A verificação da estabilidade de taludes se faz necessária devido à possibilidade da ocorrência de deslizamentos ou movimentos de terra, induzidos pelo aumento das solicitações (tensões cisalhantes) ou pela redução da sua resistência. No primeiro caso, o aumento das solicitações ocorre, em geral, devido a sobrecargas no topo (aterros, construções), ao descarregamento na base (cortes, escavações, erosões) e a vibrações (terremotos, máquinas). No segundo caso, os fatores mais comuns para a redução da resistência são: intemperismo dos minerais, modificações estruturais (fissuração, amolgamento, etc.), aumento das poropressões (DURAN & SANTOS JUNIOR, 2005).

São vários os tipos de obras de estabilização de taludes disponíveis na Engenharia nos dias de hoje. A escolha por um ou outro método depende do tipo de problema a ser resolvido, viabilidade de execução e viabilidade financeira do projeto a ser desenvolvido. Carvalho (1991) cita alguns métodos de estabilização de taludes. São eles:

2.4.1 Reconstrução em aterro

Consiste na reconstrução total do talude tomando os cuidados básicos necessários para um bom aproveitamento do mesmo como a escolha da jazida de solo adequada; Tratamento prévio dos solos da jazida; Limpeza adequada do terreno para preparo da fundação, tomando o cuidado de remover toda a vegetação, bem como suas raízes; Estocagem do solo superficial e do solo com matéria orgânica para futura utilização na fase final da execução do aterro;

Preparação da superfície de contato entre o terreno e o aterro, quando inclinado, em forma de degraus; Implantação de uma drenagem de base eficiente sempre que existirem surgências de água ou a possibilidade de infiltrações significativas pelo aterro; Compactação adequada do aterro com equipamentos específicos para esse fim e em consonância com as normas.

2.4.2 Retaludamento

É um processo de terraplenagem através do qual se alteram, por cortes ou aterros, os taludes originalmente existentes em um determinado local para se conseguir uma estabilização do mesmo. Das obras de estabilização de taludes é a mais usada devido à sua simplicidade e eficácia.

2.4.3 Tratamento Superficial

É uma medida preventiva a fim de evitar que material do maciço seja perdido, através da erosão da face.

Para tal, faz-se o recobrimento da superfície do talude geralmente com:

Vegetação rasteira

FIGURA 9 - Representação de talude com vegetação rasteira.

Fonte: http://www.terraplenagem.net/dicionario/t/talude

Biomantas (composta de palha ou fibra de coco (ou ambas) costuradas numa tela de polipropileno de alta resistência mecânica)

FIGURA10 - Representação de talude com biomanta.

Fonte:http://geofoco.com.br/produto/biomanta

FIGURA 11 - Representação de talude com biomanta

Fonte:http://geofoco.com.br/produto/biomanta

2.4.4 Canaletas

Proteção superficial, conduz as águas da chuva para locais próprios para o seu escoamento, impedindo a infiltração no terreno e impedindo também a erosão.

FIGURA 12 - Representação de proteção supreficial.

Fonte: http://www.infraestruturaurbana.com.br/solucoes-tecnicas/13/artigo254504-1.asp

2.4.5 Proteção do talude com lona plástica

Segundo Silva (2010), a proteção de talude empregando lona plástica é uma proteção precária que apenas evita que a água da chuva continue penetrando nas trincas e rachaduras do solo na parte de cima do talude. Quando aplicada antes do desastre, pode diminuir a extensão dos danos e, conforme a situação, até evitar o colapso do talude. Quando aplicada durante a ocorrência do desastre ou após o desastre pode impedir o prosseguimento do desbarrancamento.

FIGURA 13 - Representação de proteção com lonas plásticas.

Fonte: http://www.cordeiro.rj.gov.br

2.4.6 Solo grampeado

Segundo Zirlis (1999), solo grampeado é uma técnica de melhoria de solos, que permite a contenção de taludes por meio da execuçãode chumbadores, concreto projetado edrenagem. Os chumbadores promovem a estabilização geral do maciço, o concreto projetado dá estabilidade local junto ao paramento e a drenagem age em ambosos casos.

FIGURA 14 - Representação de solo grampeado.

Fonte: http://www.solotrat.com.br/ws/manual/pt_ManSoloGrampeado.pdf

FIGURA 16 - Representação de solo grampeado.

Fonte: http://www.tecnogeo.com.br/servicos

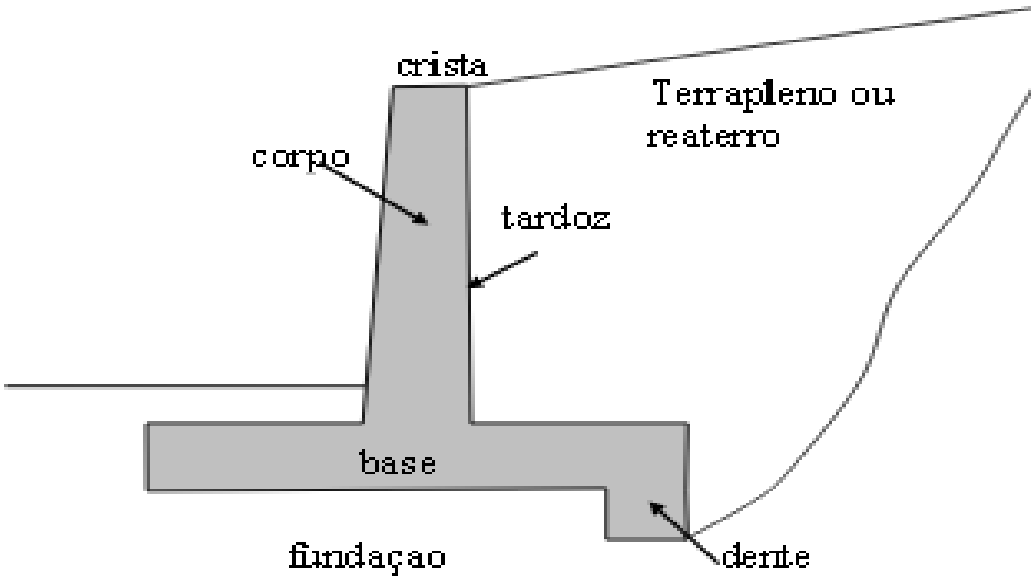
FIGURA 17 - Representação de solo grampeado

Fonte: http://www.sopeengenharia.com.br/servicos.php?servico=3

2.4.7 Muro de arrimo (muro de gravidade)

Muros de arrimo são estruturas corridas que se opõem aos empuxos horizontais pelo peso próprio. Geralmente, são utilizadas para conter desníveis pequenos ou médios, inferiores a cerca de 5m. Os muros de gravidade podem ser construídos de pedra ou concreto (simples ou armado), ou ainda, pneus usados.

FIGURA 18 - Reprentação de muro de arrimo.



Fonte:http://www.sitebarra.com.br/?p=48237

FIGURA 19 - Representação de muro de arrimo.

Fonte: http://dc244.4shared.com/doc/-7a9xuwa/preview.html

2.4.8 Muros de gabiões

Segundo Barros (1992), os muros de gabiões são constituídos por gaiolas metálicas preenchidas com pedras arrumadas manualmente e construídas com fios de aço galvanizado em malha hexagonal.As principais características dos muros de gabiões são a flexibilidade, que permite que a estrutura se acomode a recalques diferenciais, dispensa de dispositivos de drenagem, pois o material do muro é drenante.

FIGURA 20 - Representação de muro gabião.

Fonte: http://meioseculodeaprendizagens.blogspot.com.br/2013/03/muros-de-gabiao.html

2.4.9 Sacaria

A sacaria solo-cimento é uma técnica de contenção que consiste na reposição ou reforço da superfície do talude através de montagem / empilhamento de sacaria com enchimento de mistura terra-cimento. sacaria solo-cimento é uma técnica recomendada para situações onde já houve deslizamento ou o parâmetro original precisa ser reposto. Também é utilizada como técnica preventiva de contenção principalmente em estradas e barragens. Os sacos são amarrados e empilhados um a um no alinhamento desejado. Geralmente, após o trabalho concluído aplica-se concreto projetado na superfície (SOLOFORT, 2006).

FIGURA 21 - Representação de sacaria solo cimento.

Fonte: http://www.solofort.com/sacaria.html

FIGURA 22 - Representação de sacaria solo cimento.

Fonte: http://www.arquitetaresponde.com.br/como-fazer-muro-de-arrimo/

2.4.10 Muro de pneus

Segundo Sieira (1998), os muros de pneus são construídos a partir do lançamento de camadas horizontais de pneus, amarrados entre si com corda ou arame e preenchidos com solo compactado. Funcionam como muros de gravidade e apresentam com vantagens o reuso de pneus descartados e a flexibilidade. A utilização de pneus usados em obras geotécnicas apresenta-se como uma solução que combina a elevada resistência mecânica do material com o baixo custo, comparativamente aos materiais convencionais.

FIGURA 23 - Representação de muro de pneus.

Fonte : http://ramonlamar.blogspot.com.br/2011/11/destinacao-de-pneus-velhos

2.4.11 Terra armada

Segundo Maparagem (2011), os muros em terra armada são estruturas de contenção flexíveis, do tipo gravidade, que associam: aterro selecionado e compactado a elementos lineares submetidos à tração, que no caso são as fitas de aço galvanizado a fogo de alta aderência. Os muros Terra Armada são largamente utilizados em obras rodoviárias, ferroviárias, industriais e em outras aplicações de engenharia civil. A terra armada consiste na interação desse aterro selecionado e a aderência do material (fitas metálicas) que irá fazer a contenção do muro, que são feitos de placas pré-moldadas.

FIGURA 24 - Representação de terra armada.

Fonte: http://www.terraarmada.com.br/produtos.php?x=249752

FIGURA 25 - Representação de terra armada.

Fonte: http://www.youtube.com/watch?v=8DnI9aPximc

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Deslizamentos ocorrem por todo o mundo, sob todas as condições climáticas a de terreno, com elevados custos monetários e gerando muitas mortes a cada ano.

As análises históricas dos deslizamentos em todo Brasil mostram que são os períodos chuvosos, os mais críticos para ocorrerem os movimentos de terra. Canalizações irregulares, retirada da vegetação natural, execuções de cortes e vazamentos, foram as causas antrópicas que mais influenciaram os sinistros.

A ocupação próxima a taludes precisa ser feita de forma planejada, São vários os tipos de obras de estabilização de taludes disponíveis na Engenharia nos dias de hoje tais como reconstrução em aterro, retaludamento, tratamento superficial, proteção com lonas plásticas, solo grampeado, muro de arrimo, muro gabião, sacaria solo cimento, muro de pneus e terra armada. A escolha por um ou outro método depende do tipo de problema a ser resolvido, viabilidade de execução e financeira do projeto a ser desenvolvido. É necessário um conjunto de esforços políticos e técnicos, para que seja feito um planejamento adequado para garantir a segurança da população.

A importância do conhecimento de técnicas de estabilização nos taludes é indispensável ao profissional de engenharia, não apenas para se proceder aos reparos necessários nos maciços, mas também para garantir que, após reparado, não volte a causar danos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU S. H. C.. **Escorregamento de encostas em áreas urbanas habitada por população de baixa renda**. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11682.** Estabilidade de taludes. Rio de Janeiro, 1991.

AGUIAR, M. F. P. **Estudo da estabilidade de um colúvio na serra do mar por elementos finitos**. 2008. 204p. Tese de doutorado - COPPE Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de Risco de Escorregamentos:** uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP. 1994. 167p. Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

BARROS, P. L. A**., Análise e Dimensionamento de Muros de Arrimo de Gabiões**, GCP Engenharia, Projetos e Consultoria S/C Ltda., São Paulo, 1992.

BITAR, O. Y. **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente.** São Paulo: IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações.** Fundamentos. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1988.

CARDOSO, F. F. **Sistemas de contenção**. 2002. 32p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CARVALHO, C. S. & GALVÃO, T. **Prevenção de riscos de deslizamentos em encostas**: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Brasília: Ministério das Cidades, 2006.

CARVALHO, P. A. S. **Taludes de Rodovias / Orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas**. São Paulo: DER - Departamento de Estradas de Rodagem do estado de São Paulo. São Paulo, 1991.

DURAN, Jaime da Silva; JUNIOR, S. Petrúcio. **Estruturas de solo reforçado com o sistema terramesh.** São Paulo: Maccaferri do Brasil Ltda, 2005.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. **Movimentos de massa**: uma abordagem geológico geomorfológica. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro. **Manual Técnico de Encostas:** analise e investigação. 2.ed. Rio de Janeiro: GeoRio, 2000.

GONÇALVES, N. M. S. **Impactos fluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador, BA**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1992.

GUERRA, Antônio Jose Teixeira, CUNHA, Sandra baptista da (organizadores). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil** – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, 416 p.

GUIDICINI, G., NIEBLE, C. N. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação.** São Paulo: Edgard BlücherLtda, 1976.

HIGHLAND, L. M. & BOBROWSKY, P. **O manual de deslizamento**: um guia para a compreensão de deslizamentos. Reston, (U.S): GeologicalSurvey Circular, 2009.

INFANTI JR., N.; FORNASARI FILHO, N. **Processos da dinâmica superficial.** Rio de Janeiro/São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1998.

ÍTALO J. R. T. **Estudo comparativo de duas alternativas para contenção de taludes verticais:** solo grampeado e cortina atirantada. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, 2011.

MAPARAGEM, A.S**. Avaliação da Interação Solo-Fitas Metalicas e Poliméricas para soluções em terra armada em solos não convencionais**, 2011.

OLIVEIRA, R. M. **Desenvolvimento de elementos sensores de cerâmicas porosas de ZrO2-TiO2 para aplicação no monitoramento do conteúdo de águas em solos**. São José dos Campos: Instituto Nacional de pesquisas Espaciais IMPE, 2010.

PISANI, M. A. J**. Áreas de risco (associado a escorregamentos) para a ocupação urbana**. Tese (Doutorado) EPUSP- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil: São Paulo, 1998, 188p.

KOBIYAMA M. *et al*. **Prevenção de desastres naturais conceitos básicos**. Curitiba: 2006.

SELBY, M.J. **Hillslope materials and processes**. 2.ed. Oxford: Oxford Univ. Press, 1993.

SIEIRA, A.C.C.L. **Análise do Comportamento de um muro de conteção utilizando pneus**. Rio de Janeiro, 1998.

SILVA, A. M. B. G. **Condicionantes geológico-geotécnicos de escavação grampeada em solo residual de gnaisse**, Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2006.

TOMINAGA, L. K.; JAIR S.; ROSANGELA A. **Desastres naturais conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto geológico, 2009.