



EDUARDO JOSÉ DA SILVA COSTA

WALTER DE ANDRADE LEVINDO

**RETALUDAMENTO E COBERTURA VEGETAL NA ESTABILIDADE DE TALUDES  
RODOVIÁRIOS**

DOCTUM – MINAS GERAIS

2013



EDUARDO JOSÉ DA SILVA COSTA

WALTER DE ANDRADE LEVINDO

## **RETALUDAMENTO E COBERTURA VEGETAL NA ESTABILIDADE DE TALUDES RODOVIÁRIOS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, como parte das exigências para conclusão do curso de Graduação em Engenharia Civil e como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Engenharia de Solos e Geotecnia.

Orientador: Prof. Fausto Rogério Esteves

**DOCTUM – CARATINGA**

**2013**

Dedicamos este trabalho a nossa família que nos deu todo apoio para conquistar este objetivo de vida.

## **AGRADECIMENTO**

Ao me aproximar do encerramento de mais um ciclo da minha vida, gostaria de externar minha sincera gratidão a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para tal. A Deus por abençoar e proteger durante todo esse tempo a minha árdua caminhada. Aos meus pais, que nunca mediram esforços para concretização do meu objetivo, pela paciência e compressão pelas minhas falhas, e apoio nas horas em que eu mais necessitei. As minhas irmãs e meu irmão, também presentes em vários momentos, sejam eles bons ou ruins. Aos meus colegas de classe, pelas agradáveis horas (anos) de convívio, dentro ou fora da instituição, pelos quais não me faltaram momentos de companheirismo, principalmente aqueles em que criei laços de amizade fortíssimos e farão parte da minha vida enquanto ela perdurar. Aos meus professores pelo conhecimento e experiência transmitida a mim, e pela paciência e compreensão ao longo desses anos, contribuindo assim para minha formação profissional. Enfim, a todas as pessoas que direta e indiretamente contribuíram para mais um objetivo em minha vida, meu sincero muito obrigado.

“Feliz o homem que encontrou a sabedoria, o homem que alcançou o entendimento.” Provérbios 3,13

**Walter de Andrade Levindo**

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço!

Ao meu pai e minha mãe em especial por terem me acompanhado, me incentivando desde o primeiro dia na faculdade, por toda confiança e dedicação, pelos dias de dificuldade que tiveram sempre comigo, sem vocês ao meu lado nada disso seria possível. Obrigado novamente pai pela matrícula que o senhor pagou pra mim no meu primeiro dia de luta. Ao meu filho Isaac, pela força de ir em frente que sempre tive todas as vezes que eu olho no rostinho dele. Aos meus irmãos, Tatá, Adriano, Eliane, Renata, Dê, Nandy, João e Beth pelo incentivo e pelos conselhos. Aos meus colegas de classe que fizeram parte do meu aprendizado e crescimento profissional e em especial aos mais próximos que farão parte do meu trabalho como Engenheiro. Há todos meus professores e professoras pelos ensinamentos. E a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para esta conquista.

Acima de tudo agradeço a DEUS por suas bênçãos e por ter me iluminado todos os dias durante essa longa caminhada.

“Entrega o teu caminho ao Senhor; confia nele, e ele tudo fará” (Sl 37:5)

“Bem aventurado o homem que acha a sabedoria, e o homem que adquire conhecimento” (Pv 3:13)

**Eduardo José da Silva Costa**

## RESUMO

Esse trabalho traz definições o uso do processo de retaludamento e cobertura vegetal para estabilização de taludes nas rodovias, objetivando verificar a eficácia ou não da implantação deste sistema para resolução do problema, em diferentes casos. Nestas descrições, são observadas e analisadas onde e em quais situações este sistema é realmente eficaz. O estudo foi dividido em três etapas: a primeira etapa apresenta os principais problemas causados por instabilidade das encostas nas principais rodovias do país e suas conseqüências, na segunda etapa é descrito os estudos preliminares recomendados pelas normas vigentes para definição da solução adequada para o problema e início de confecção de projeto. E na terceira etapa que descreve a execução da obra de retaludamento, a importância das linhas de drenagem, os processos implantação da cobertura vegetal no corpo do talude e sua devida manutenção. Toda a informação nos demonstra o quão é eficaz, rápida e de simples execução, em comparação a outros sistemas de estabilização de taludes em rodovias.

**Palavras - chave:** Estabilidade de encostas, deslizamento, Taludes rodoviários.

## **ABSTRACT**

This paper presents definitions using the process slopes and vegetation for slope stabilization on the highways , in order to verify the effectiveness or otherwise of the implementation of this system for solving the problem in different cases these descriptions are observed and analyzed where and in which situations this system is really effective . The study was divided into three stages : the first stage presents the main problems caused by instability of slopes in the main highways of the country and its consequences , in the second stage is described preliminary studies recommended by the current standards for defining the appropriate solution to the problem and start cooking project and in the third step that describes the execution of the work of slopes , the processes of sowing and planting in the implementation of the vegetation in the body of the talus and its proper maintenance, exemplifying them . All the information shows us how it is effective, fast and simple to perform compared to other slope stabilization systems on highways.

**Keywords:** Stability of slopes, sliding, road slopes.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 5.1 – ESQUEMA DE ESCORREGAMENTO .....	21
FIGURA 5.2 – ESCORREGAMENTO EM BARBACENA/MG, NA MG 135 SAÍDA PARA ANTÔNIO CARLOS. ....	21
FIGURA 5.3 – ESQUEMA DE ESPALHAMENTO .....	22
FIGURA 5.4 – ESQUEMA DE ESCOAMENTO .....	23
FIGURA 5.5 – ESQUEMA DE RASTEJO .....	24
FIGURA 5.6 – EROSÃO CAUSADA POR FALHA EM LINHA DE DRENAGEM ....	25
FIGURA 5.7 – RODOVIA DANIFICADA POR EROSÃO EM MATO GROSSO DO SUL.....	26
FIGURA 6.1 – ESQUEMA COM SINAIS DE POSSÍVEL RISCO DE DESLIZAMENTO.....	27
FIGURA 6.2 – EXEMPLO DE ESTABILIZAÇÃO COM DRENAGEM E PROTEÇÃO SUPERFICIAL.....	28
FIGURA 7.1 – ESQUEMA DE ANTES DO TRATAMENTO.....	28
FIGURA 7.2 – ESQUEMA DE APÓS DO TRATAMENTO POR RETALUDAMENTO E COBERTURA VEGETAL .....	29
FIGURA 7.3 RETALUDAMENTO EM RODOVIA DE BAURÚ/SP.....	30
FIGURA 8.1 – ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DE DRENAGEM EM TALUDE...31	
FIGURA 8.2 – EXEMPLOS DE MANUTENÇÃO DE TALUDE E LINHAS DE DRENAGEM.....	32
FIGURA 9.1 – TIPOS DE RAÍZES .....	33



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 – OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
1.1.1 – Objetivo Geral.....	12
1.1.1 – Objetivo Específico.....	12
1.2 – JUSTIFICATIVA.....	13
<b>2 – REVISÃO BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>15</b>
2.1 - RODOVIAS E MEIO AMBIENTE .....	16
<b>3 – ASPECTOS GERAIS DO SOLO .....</b>	<b>16</b>
3.1 – SOLO RESIDUAL.....	16
3.2 – SOLO COLUVIONAR.....	17
<b>4 – CONCEITO DE TALUDES.....</b>	<b>19</b>
<b>5 – PRINCIPAIS PROBLEMAS CAUSADOS POR INSTABILIDADES EM TALUDES .....</b>	<b>20</b>
5.1 – DESLIZAMENTOS .....	19
5.2 – TIPOS DE DESLIZAMENTOS.....	19
5.2.1 - Escorregamento.....	19
5.2.2 – Espalhamento.....	22

5.2.3 – Escoamento.....	23
5.2.4 – Rastejo.....	24
5.2.5 - Erosão.....	25
<b>6 – ESTUDOS PRELIMINARES PARA PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO .....</b>	<b>27</b>
6.1 – ANÁLISE DE MAPA.....	29
6.2 – RECONHECIMENTO DE CAMPO.....	29
6.3 – PERFURAÇÃO.....	29
6.4 – DADOS HIDROLÓGICOS.....	30
6.5 – INVESTIGAÇÃO DE LABORATÓRIO.....	30
6.6 - PROJETO.....	31
<b>7 – RETALUDAMENTO .....</b>	<b>34</b>
<b>8 – DRENAGEM .....</b>	<b>38</b>
8.1 – TÉCNICAS DE DRENAGEM .....	38
8.2 – NIVELAMENTO LOCAL.....	39
8.3 – VALAS E DRENOS.....	39
8.4 – TUBULAÇÃO DE DRENAGEM.....	39
8.5 – MANUTENÇÃO .....	40
<b>9 – COBERTURA VEGETAL .....</b>	<b>42</b>
<b>10 CONCLUSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>47</b>

## 1-INTRODUÇÃO

Pode-se dizer que as fundamentais atividades que se tornam por muitas vezes culpadas pela acelerada degradação de aspectos geomorfológicos da paisagem são as atividades humanas, tais como agricultura, mineração, escavações e abertura de estradas (INBAR et al., 1998).

Sendo assim entende-se que é considerada uma necessidade a contenção de taludes abertos pela construção civil, uma vez que, expostos às intempéries da natureza, estão suscetíveis à ação da erosão e dos deslizamentos. Esses acontecimentos, na ausência de medidas mitigadoras, podem gerar prolongadas conseqüências econômicas, sociais, ambientais e paisagísticas, além de desencadear o transporte imediato de sedimentos.

Deste modo a estabilização de talude é o termo aproveitado em geotécnica para os sistemas capazes de garantir que o maciço, seja ele à base de rocha, terra ou até mesmo misto, cesse sua movimentação.

Com a finalidade de apresentar acentuados benefícios à sociedade as grandes obras de engenharia, entre elas as rodovias, são concebidas. Espera-se que a sua construção e operação ocorram de forma segura, sendo o gerenciamento de potenciais riscos ao longo da vida útil destas obras realizado constantemente por uma equipe de técnicos responsáveis. Por se tratarem de obras lineares de grande extensão, caracterizam-se por atravessarem diferentes regiões, de características muito distintas em termos de relevo, vegetação, geologia e condições geotécnicas. Como conseqüência disso, cada região pode apresentar uma resposta diferente aos serviços de terraplenagem ali executados, gerando problemas de estabilidade em seus taludes de corte e aterro, e, conseqüentemente, restrições geológico-geotécnicas importantes para este tipo de obra (LOPES, 2007, p.12)

Em decorrência da frequência dos casos de desestabilidades de maciços de solo, ocasionados por fatores naturais ou por intervenções urbanas, faz-se necessário à elaboração e execução de técnicas construtivas eficazes e capazes de garantir a estabilidade dos maciços de maneira segura, com qualidade, com baixo custo e de rápida execução e eficiência.

A contenção de taludes pela construção civil é uma necessidade, desde que colocado a problemas da natureza, estão capazes de receber a ação da erosão e dos deslizamentos. Essas ações, na ausência de medidas de proteção, podem causar prolongadas consequências econômicas, sociais, ambientais e paisagísticas. No caso das vias de transportes, entre outros problemas podem causar interrupção no tráfego e acidentes. Todos esses problemas podem ser agravados devido à falta de planejamento, monitoramento e manutenção do talude.

Deste modo este trabalho tem por objetivo falar a respeito sobre o método de retaludamento, como procedimento de estabilidade de taludes sem uso de estruturas.

## **1.1 – OBJETIVOS**

### **1.1.1 – OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho é descrever sobre uma solução de custo relativamente mais baixo, execução mais rápida e simplificada, tendo em vista a complexidade do problema, para a estabilização de taludes nas rodovias brasileiras, visando economia e agilidade no segmento.

### **1.1.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Como objetivos específicos têm-se:

- Apresentar quais são e a gravidade dos problemas causados pela instabilidade das encostas de diferentes formas.
- Analisar em quais casos este procedimento é ou não recomendado
- Apresentar a forma correta de execução e manutenção de uma obra de retaludamento.

## 1.2 – JUSTIFICATIVA

Buscar e discutir novas técnicas que sejam mais harmônicas com o ambiente em que vivemos são muito importantes para evolução da sociedade em si. A construção civil, como um dos maiores agentes responsáveis pela modificação deste ambiente, deve sempre buscar novos métodos para reduzir os impactos gerados pela mesma, ao mesmo tempo, aumentando sua eficácia.

Em um grande projeto, o impacto causado por uma obra pode prejudicar sua viabilidade e aprovação frente aos órgãos competentes. Sendo assim, a partir deste estudo e o conhecimento adquirido com ele, podemos conhecer técnicas de contenção de taludes com economia através do não uso de estruturas, e o emprego de cobertura vegetal, contribuindo com a minimização deste impacto, gerando vários benefícios já citados neste estudo, e também podendo facilitar a aprovação e execução do projeto.

Este estudo demonstra o quanto é importante o trabalho em um todo, para a eficácia da resolução do problema com encosta, até mesmo pela complexidade do assunto. A precisão das informações sobre todas as características do solo a ser trabalhado, dados climatológicos da região, linhas de drenagem eficientes, manutenção adequada, análise periódica de risco de novo deslizamento, são alguns dos fatores vitais para o sucesso de todo procedimento.

As condições e processos que promovem a instabilidade devem ser identificados e suas contribuições relativas à ruptura do declive, estimadas, se possível. Conclusões úteis relativas ao aumento da probabilidade de deslizamentos podem ser tiradas através da combinação de análises geológicas e conhecimento das condições meteorológicas de curto e longo prazo. A tecnologia atual permite às pessoas monitorando os movimentos de terra, definir as áreas mais suscetíveis a deslizamentos e emitir avisos e “alertas”, abrangendo períodos de tempo de horas a dias, quando se atinge as condições meteorológicas ou limites conhecidos por aumentar ou iniciar certos tipos de deslizamentos.

Com objetivo de reduzir o tempo de execução desse tipo de obra, minimizar os erros cometidos que comprometem o sucesso do procedimento e os gastos com

esse tipo de problema em nossas rodovias é teoricamente o grande valor deste trabalho.

## **2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICAS**

### **2.1 - RODOVIAS E MEIO AMBIENTE**

A construção de rodovias pode apresentar inúmeros impactos sobre o meio ambiente, como desmatamentos, perda da diversidade biológica, a alteração do sistema natural de drenagem e a degradação do solo. Sob esta ótica, o processo de construção rodoviária deve, portanto, compatibilizar-se com a conservação ambiental a partir do uso de técnicas e métodos de atividades construtivas, que evitem ou minimizem a degradação ambiental.

Um importante princípio a ser considerado em um projeto rodoviário é de que as estradas devem funcionar como elemento indutor de crescimento de uma região, se, evidentemente, estiverem inseridas dentro de um programa de desenvolvimento integrado e multidisciplinar. Não havendo a compatibilização do ambiente com o pretense desenvolvimento, certamente ocorre a degradação dos recursos naturais, com reflexos diretos na conjuntura social e econômica da região (JESUS, 1999)

O histórico dos transportes terrestres, no mundo, ajuda a explicar a importância do assunto e os problemas envolvidos com a evolução da construção de estradas. Para execução e construção de rodovias é necessário que se conheça as tecnologias necessárias para a execução do projeto e a área onde será implantado, para que esta seja ecologicamente correta. Costa e Figueiredo (2001), falam ainda que a implantação de uma rodovia, especialmente quando há necessidade de ocupação de grandes áreas, pode apresentar impactos ambientais significativos.

Dentro desta linha de raciocínio, Lopes e Queiroz (1994) afirmam que uma rodovia é eficiente, econômica e socialmente justa quando estiver enquadrada no meio ambiente ocupado por ela. Conscientes deste princípio, os profissionais envolvidos já admitem a importância da cobertura vegetal e de estruturas de drenagem em projetos rodoviários. Os problemas mais comuns encontrados ao longo de rodovias são as erosões e os deslizamentos de taludes de corte e aterros, os quais, muitas vezes, são resultantes do deficiente acabamento da terraplanagem executada durante obras de construção das estradas e das próprias características dos solos (PARANÁ, 2000, p.35).

### **3 - ASPECTOS GERAIS DOS SOLOS**

Para Denardin (2005), os solos são materiais naturais não consolidados, constituídos de grãos separáveis por processos mecânicos e hidráulicos, de fácil dispersão em água e que podem ser escavados com equipamentos comuns de terraplenagem (pá carregadeira, motoescavotransportadora, etc). O solo ainda terá estrutura artificial quando transportado e/ou compactado mecanicamente, como em aterros, barragens de terra, reforços do subleito de pavimentos, etc.

Alguns solos, dependendo do grau de alteração, não preservam as estruturas relicares da rocha-mãe, enquanto outras são fortemente influenciadas e revelam essas relíquias, sendo que estas estruturas revelam pontes de cimentícias, algumas de precipitação, mas também fraturas e fissuras remanescentes de rochas originalmente faturadas (Mayne and Brown, 2003, p.144).

#### **3.1 - SOLO RESIDUAL**

Segundo Denardin (2005), solos residuais são formados através de intemperização in situ, onde esse material sofre uma redução de densidade e conseqüente aumento da porosidade. Nessas camadas, as partículas e seus arranjos desenvolvem-se de maneira progressiva por processo de intemperismo químico, resultando em um material de mineralogia variada e alto índice de vazios.

A composição mineral, química e textural dos solos residuais refletem-se, não só no processo de amostragem, pela maior ou menor facilidade em obter amostras indeformadas, passando pelas características de identificação, mas também nas propriedades geotécnicas dos solos, nomeadamente, plasticidade, consistência, expansibilidade, permeabilidade, compressibilidade e resistência. A alteração compreende processos, alteração física e alteração química, que conduzem à modificação dos materiais rochosos ocorrentes na superfície terrestre ou perto dela. A taxa de alteração é função do tipo de rocha, clima (precipitação e temperatura) e geomorfologia. Anon (1995) O tipo de alteração e a natureza dos seus produtos são fortemente influenciados pelo clima e litologia. Os fatores dominantes, que controlam



o modo como a meteorização evolui, são a precipitação e a temperatura média. (Viana da Fonseca, 1996, p. 223).

Regiões de clima tropical favorecem a ocorrência de solos residuais, pois estas são caracterizadas pela alta amplitude de temperatura, além de níveis de pluviosidade relativamente elevados, facilitando a ação do intemperismo físico e principalmente químico sobre as rochas (JESUS, 2008, p.188).

### **3.2 - SOLO COLUVIONAR**

Originada em encostas de formações geológicas diversas, a estratigrafia desses locais está normalmente associada à existência de horizontes de solo residual e blocos de rocha originários de um maciço rochoso fraturado. Com o tempo, partículas de solo e blocos de rocha são transportadas por ação da gravidade e da erosão, depositando-se na base e ao longo das encostas. A percolação de água no interior de camadas de solo coluvionares e a deposição em seu interior completam a sua caracterização (MASSAD, 2003, p.55).

Sua formação normalmente ocorre lentamente, através de processos de rastejos, sendo possível, porém, a ocorrência de movimentos acelerados após períodos de chuvas intensas devido à infiltração de água em seu interior, ou seja, aumentos significativos de poro-pressão. De maneira similar, quando uma porção do solo residual escorrega e se deposita sobre a própria encosta, este novo acréscimo na capa de colúvio pode gerar processos de instabilização. Isso ocorre porque quando o material é depositado suavemente, representa o acréscimo de apenas alguns centímetros à camada superficial da encosta a cada evento, ao contrário dos casos onde os movimentos são acelerados e pode trazer vários metros de material em um único evento aos depósitos de encosta (RODRIGUEZ, 2005, p. 67).

Mais recentemente, Lacerda (2004) propôs a diferenciação de colúvios em duas classes: (a) colúvio desestruturado, resultante da deposição de material que é quebrado ou desintegrado e (b) colúvio resultante da formação de uma superfície de deslizamento no solo residual, apenas discernível através de inclinômetros. Esta proposta considera e enfatiza os movimentos lentos (rastejos) em profundidade que podem ocorrer em solo residual, formando colúvios que se deslocam como um corpo único contínuo

#### 4 - CONCEITO DE TALUDES

Taludes são superfícies inclinadas de maciço terroso, rochoso ou misto, que podem ser originados por processo geológico, geomorfológico e ações antrópicas que limitam um maciço de solo seja ele composto por terra ou rocha (PINTO, 2006, p. 98). O autor explica também que o talude é composto basicamente de crista ou topo localizada em sua parte superior, pé ou base localizado em sua parte inferior, corpo do talude e ângulo de inclinação. Estas partes são encontradas em taludes artificiais que é o caso daqueles formados por corte e aterros e os taludes naturais que é o caso daqueles formados em encostas.

Os taludes, sejam eles do tipo artificial ou natural, têm como principal função a de garantir estabilidade do maciço o qual ele limita. Mas, por influência de vários fatores sejam eles físicos, químicos, geológicos e até mesmo sociais, acabam muitas vezes expostos a riscos de ruptura e exigem a necessidade de avaliações e intervenções executivas as quais através de métodos e técnicas visam garantir a estabilidade controlada do mesmo (SAYÃO e SIEIRA, 2005, p. 77).

De uma forma geral, os taludes, sejam eles de ordem natural, de estradas ou de aterros sanitários, estão sujeitos com relativa frequência a problemas associados à instabilização de massa (MANHAGO, 2008, p. 47). Esses locais se constituem de superfícies mais frágeis, devido ora à exposição do solo, ora às deficiências comumente resultantes da construção. Estes aspectos associados geralmente à falta de proteção superficial e à inexistência ou ineficácia de sistema de drenagem podem desencadear processos erosivos (CARVALHO, 1991, p. 84).

O estudo sobre ruptura em taludes intensificou-se para fins de obras civis nas últimas cinco décadas no Ocidente, Patton e Deere (1971) apud TOMINAGA, (2007) enfatizam que a importância disso seria a de se definir os fatores geológicos que controlam a estabilidade de taludes. De forma simples, a ruptura é a formação de uma superfície de cisalhamento na massa. Segundo o mesmo autor, existem diferentes tipos de ruptura que são classificados pelo grau de fratura do maciço rochoso, em maciços resistentes a descontinuidade que determina a situação do plano de ruptura.

## **5 - PRINCIPAIS PROBLEMAS CAUSADOS POR INSTABILIDADES EM TALUDES**

### **5.1 – DESLIZAMENTO.**

Geólogos, engenheiros e outros profissionais, com ligeiras diferenças entre si, sempre se apóiam em definições específicas de deslizamento. Neste estudo, levaremos em consideração a definição segundo MACHADO GRISI (2007), descrevendo como movimento de descida do solo, de rochas e/ou material orgânico, sob o efeito de gravidade, e também a formação geológica resultante de tal.

### **5.2 – TIPOS DE DESLIZAMENTO.**

As classificações dos diferentes tipos de deslizamentos são associados aos mecanismos específicos das falhas em taludes e as propriedades e características peculiares de cada tipo de falha geológica.

#### **5.2.1 – ESCORREGAMENTO.**

Um escorregamento é um movimento de uma massa de solo ou rocha, em declive, que ocorre sobre superfícies em ruptura ou sobre zonas relativamente finas com intensa deformação por cisalhamento. O movimento não ocorre, inicialmente, de maneira simultânea, por toda área que vem a se tornar superfície da ruptura, o volume de material deslocado aumenta a partir de uma área no local de ruptura, analisa CARLOS DE SOUZA PINTO, (2006, p.125).

Associa-se geralmente a taludes de tamanho entre 20 e 40 graus de inclinação. Em solos, a superfície de ruptura tem geralmente uma relação de profundidade que varia entre 0,3 e 0,1.

Como afirma HOMERO PINTO CAPUTO (1987), os escorregamentos têm como principal mecanismo de desencadeamento a chuva intensa e/ou contínua, que pode levar a saturação intensa dos taludes e aumentar os níveis de água no interior do solo, o escoamento rápido dos rios após enchentes, um aumento da água subterrânea devido o enchimento das represas ou o aumento dos níveis dos

ribeirões, lagos e rios, que causam erosão na base dos taludes, vazamentos em tubulações subterrâneas, podendo causas escorregamentos. Visto pelo lado de freqüência de ocorrência, e o tipo de deslizamento mais comum dentre todos.

Como analisa MACHADO GRISSI (2007), os escorregamentos são de fácil previsibilidade, tendo em vista que, grande parte das ocorrências acontece em áreas anteriormente afetadas. Abertura de fissuras no cume ou na base pode ser um indicativo de ruptura iminente.

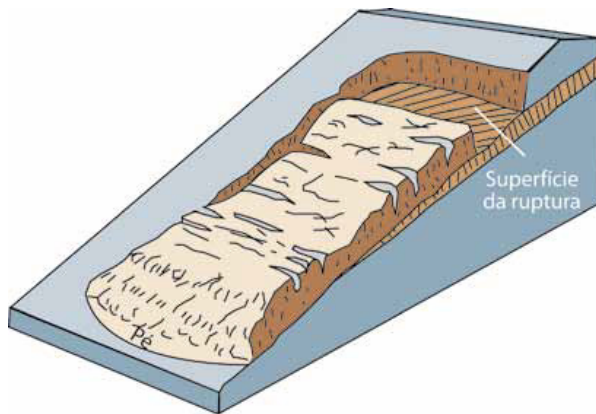


FIGURA 5.1 – ESQUEMA DE ESCORREGAMENTO



FIGURA 5.2 – ESCORREGAMENTO EM BARBACENA/MG, NA MG 135 SAÍDA PARA ANTÔNIO CARLOS, NA ALTURA DO KM 06.

### 5.2.2 – ESPALHAMENTO

Uma extensão de 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. Espalhamentos pode ser o resultado da liquefação ou fluxo (extrusão) do material menos rígido.

Ocorre geralmente em terrenos de baixa inclinação ou planos, especialmente onde existia uma camada superior de rocha ou solo que ao aumentar sua extensão mova-se para cima de uma camada menos rígida e mais fraca. Tais rupturas são comumente acompanhadas geralmente de um afundamento generalizado em direção a essa camada inferior.

A área afetada pode iniciar em pequenas proporções e possuir fissuras que podem se espalhar rapidamente, no caso de medidas não serem tomadas para resolução de tal problema.

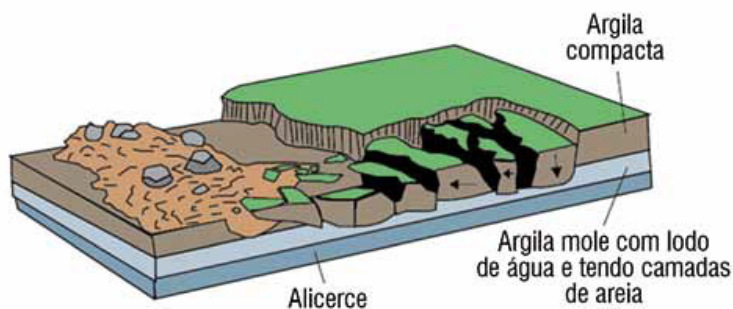


FIGURA 5.3 – ESQUEMA DE ESPALHAMENTO

A velocidade do movimento pode ser de vagaroso a moderado e, algumas vezes, rápido, após certos mecanismos de desencadeamento, tais como terremoto.

De acordo com MACHADO GRISSI (2007), podemos citar como mecanismos de desencadeamento de um espalhamento:

- Liquefação da camada inferior mais fraca, por abalo sísmico.
- Sobrecarga no solo, acima do terreno instável
- Saturação de uma camada mais mole devido a excesso de precipitação

- Deformação plástica de material instável e profundo
- Podem causar extremos danos a propriedades, edifícios, estradas, ferrovias e redes de abastecimento.
- Alta probabilidade de ocorrerem em áreas anteriormente afetadas, sendo assim, de fácil previsibilidade.

### **5.2.3 – ESCOAMENTO**

De acordo com Lynn M. Highland (2008), escoamento é um movimento espacialmente contínuo no qual as superfícies de cisalhamento têm vida curta, espaço reduzido entre si e não são preservadas. Os componentes de velocidade na massa que se desloca em um escoamento são semelhantes às de um líquido viscoso. Há, com frequência, uma mudança gradativa de escorregamentos para escoamentos, dependendo da quantidade de água presente, da mobilidade e da evolução do movimento.

Tem registros de grandes ocorrências no mundo inteiro, principalmente em ravinas íngremes. Pode ter maior frequência em taludes em que a vegetação tenha sido destruída por queimadas ou extração de madeira. Em geral, é um movimento lento e o escoamento é longo e estreito, estendendo-se por quilômetros em terrenos inclinados. Detritos e a lama são frequentemente encontrados na base dos taludes e geram depósitos triangulares e cônicos, chamados de cones e detritos, por vezes, também instáveis.

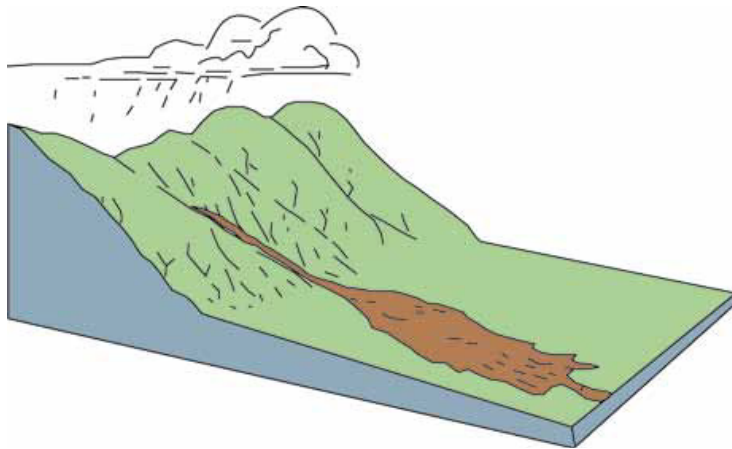


FIGURA 5.4 – ESQUEMA DE ESCOAMENTO

O fluxo de detritos podem ser letais, por ocorrerem de maneira rápida e imediata, podendo arrastar matacões e outros fragmentos. Podem mover objetos do tamanho de residências, no ato da descida, enterrar estruturas e afetar qualidade da água com grande acúmulo de sedimentos.

Este tipo de fluxo de detritos pode ocorrer com frequência em qualquer área íngreme com precipitação intensa, especialmente em áreas que a vegetação tenha sido recentemente removida, explica ÁLVARO RODRIGUES DOS SANTOS (2012).

#### 5.2.4 - RASTEJO

De acordo com ÁLVARO RODRIGUES DOS SANTOS (2012), rastejo é o nome informal dado ao fluxo lento de terra e consiste de um movimento vagaroso, imperceptível e contínuo, para baixo do solo que forma o talude. Esse tipo de deslocamento é causado por tensão de cisalhamento interna suficiente para causar deformação, mas insuficiente para causar rupturas.

Provavelmente, o tipo mais comum de deslizamento, frequentemente precedendo outros tipos de deslizamento, mais rápidos e danosos. Podem ser regionais ou simplesmente limitados por pequenas áreas. É difícil definir o limite do rastejo, pois o evento, por si só, é lento e faltam características superficiais que potencializem deformações perceptivas.



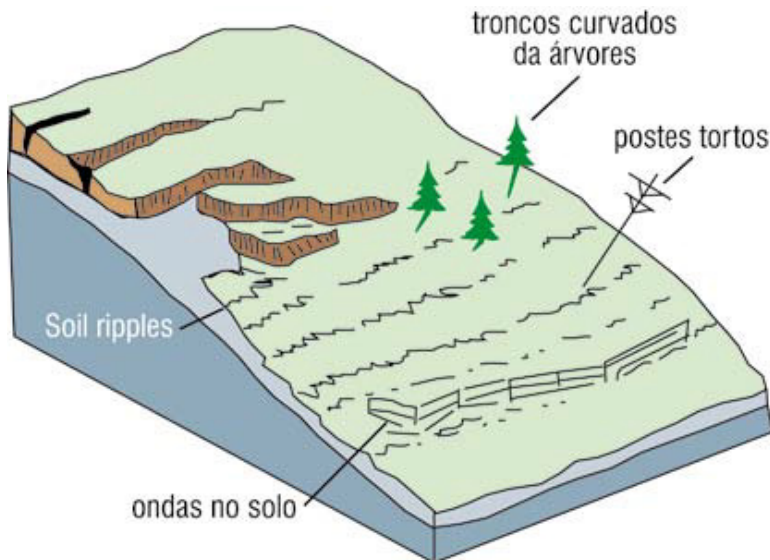


FIGURA 5.5 – ESQUEMA DE RASTEJO

O rastejo pode, de maneira lenta, afastar tubulações. É dificilmente detectado, tendo sua previsibilidade em alguns casos detectada por curvas nos troncos das arvores (efeito de fototropia) ou inclinação de cercas, muros de arrimo e postes.

### 5.2.5 - EROSÃO

Lynn M. Highland (2008) define como processo erosivo a destruição da estrutura do solo e sua remoção, depositando-os em aeras mais baixas do relevo. Podem se apresentar por escoamento laminar, esculpindo a superfície do terreno como um todo, sem formação de canais definidos, ou por escoamento concentrado, com formação de ravinas e podendo chegar a configuração de voçorocas, à medida que atinge o lençol freático. A erosão tem como principais causas:

- Escoamento de água superficial, geralmente em taludes de maior declividade
- Concentração de água superficial em um único canal, proveniente do talude ou da própria plataforma
- Ausência de dissipadores de energia durante o escoamento
- Falhas em sistemas de drenagem superficiais
- Ausência de vegetação

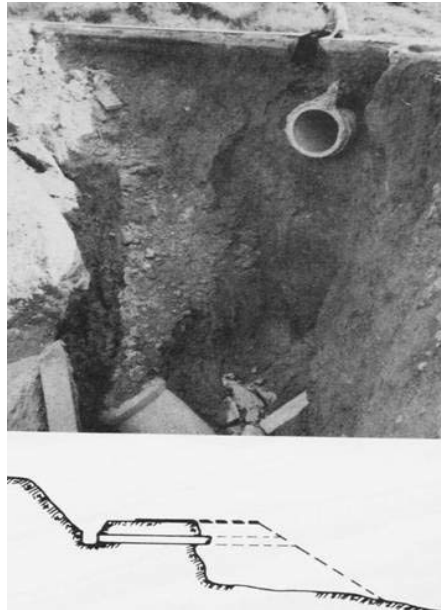


FIGURA 5.6 – EROSIÃO CAUSADA POR FALHA EM LINHA DE DRENAGEM



FIGURA 5.7 – RODOVIA DANIFICADA POR EROSIÃO EM MATO GROSSO DO SUL.

O processo erosivo atinge todos os setores da sociedade, seja economicamente ou socialmente, e pode causar danos a às bacias hidrográficas, prejudicando o suprimento de água e energia, agricultura, construção civil, seja na habitação popular e/ou de transportes (rodovias), causa assoreamento de rios e lagos, diminuindo a capacidade de armazenamento de água dos reservatórios ou diminuindo a vazão onde há águas correntes, segundo ÁLVARO RODRIGUES DOS SANTOS (2012).

## **6 – ESTUDOS PRELIMINARES PARA PROCEDIMENTO DE ESTABILIZAÇÃO.**

Quanto à escolha e a adoção de um ou outro tipo de obra para determinado local, é preciso esclarecer que esse tipo de escolha é o produto final de todo um processo de caracterização geológico-geotécnica e fenomenológica, onde a obra deve atuar exatamente sobre o agente causador da instabilidade.

Não se pode relevar a importância da análise de custo-benefício de cada alternativa de solução, devendo sempre procurar verificar o ganho de segurança de cada solução a ser discutida, com relação à situação original.

Deve-se ponderar que mesmo em uma análise de custo e risco, não existe situação qualquer que com “risco zero”. O que significa que mesmo com uma obra bem projetada, o risco de novos deslizamentos sempre existirá, mesmo que mínimo, como sugere DENISE MARIA SOARES GERSCOVICH (2012, p.146)

Ainda segundo DENISE MARIA SOARES GERSCOVICH (2012), as tecnologias atuais permitem o monitoramento preciso dos movimentos de terra, definir áreas suscetíveis a deslizamentos e emitir alertas, quando se atinge condições meteorológicas conhecidas por aumentar os riscos, e para estabilização dos mesmos.

Especificamente nos casos em que usaremos o método descrito neste estudo, em obras de estabilização de taludes que envolvem retaludamentos, drenagem, remoção de massas escorregadas, ou seja, onde as características geológico-geotécnicas do maciço apresentam maior complexidade. É interessante que seja trabalhado juntamente com os desenhos de projeto, aqueles de caracterização geológica e fenomenológica, o que facilitará a realização das adequações que se fizerem necessárias durante a obra.

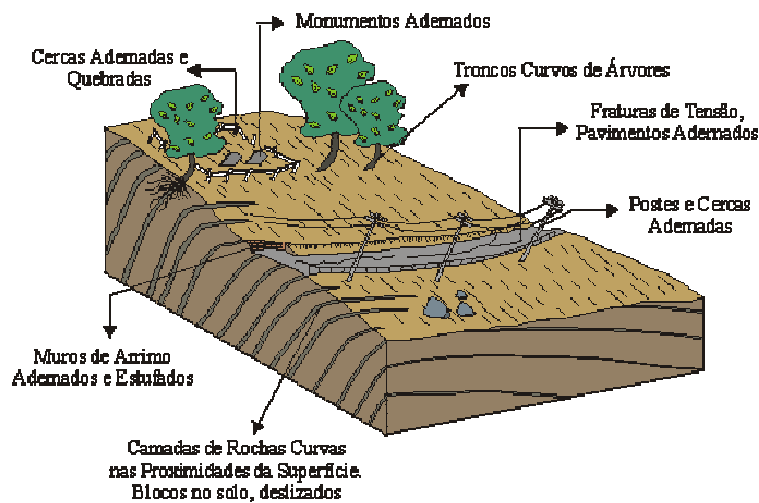


FIGURA 6.1 – ESQUEMA COM SINAIS DE POSSÍVEL RISCO DE DESLIZAMENTO.

O solo dá vários sinais que podem ser observados apenas com visitas ao local. São características que podem indicar, mesmo que superficialmente, a gravidade do problema. São estes sinais:

- Nascentes, infiltrações e solo úmido ou saturado, em áreas previamente secas na base de taludes.
- Rachaduras no solo, em rochas ou no cume dos taludes.
- Calçadas ou lajes que se distanciam do solo próximo a declives; solo que se afasta de fundações.
- Cercas que se encontram fora de prumo ou se apresentam de forma distinta, quando já foram em linha reta
- Protuberâncias incomuns ou mudanças de altitude no chão, calçamentos, passeios, ou calçadas.
- Postes, árvores, cercas e muros inclinados.
- Inclinação ou rachaduras excessivas no piso de concreto e fundações.

- Danos em tubulações de água ou em outras estruturas subterrâneas.
- Rápido aumento ou diminuição dos níveis de cursos de água, eventualmente acompanhado de aumento de turbidez (teor de turvação da água pelo solo).
- Emperramento de portas e janelas e espaços abertos visíveis.
- Afundamento ou inclinação para baixo / queda de estradas ou caminhos.

### **6.1 - ANÁLISE DE MAPA**

A análise de mapa é geralmente um dos primeiros passos para uma investigação de deslizamento de terra. Os mapas necessários incluem superfície rochosa e geológica, topografia, solos e, se disponível, mapas de geomorfologia (SAYÃO e SIEIRA, 2005)

Através do conhecimento de matérias e processos geológicos, uma pessoa tecnicamente bem preparada pode obter uma idéia de suscetibilidade a instabilidade analisando tais mapas (SAYÃO e SIEIRA, 2005)

### **6.2 - RECONHECIMENTO DE CAMPO**

Muitos dos sinais mais sutis do movimento de massa não podem ser identificados nos mapas ou fotografias, como explica DENISE MARIA SOARES GERSCOVICH (2012). Características de campo são sempre obrigatórias para verificar e detectar características de deslizamento e para avaliar criticamente o potencial de instabilidade de uma encosta vulnerável.

### **6.3 - PERFURAÇÃO**

A perfuração é necessária para indicar o tipos de materiais que constituem o talude, bem como a profundidade em relação à superfície de deslizamento, a espessura e geometria da massa de deslizamento, lençol freático, grau de

perturbação dos materiais presentes, idade dos solos, propriedades de engenharia dos materiais, segundo a NBR 11682.

Assim como explica a NBR 11682, as amostras devem ser embaladas e manuseadas de forma a preservar as condições de umidade natural, bem como evitar contaminação por outros materiais. Para o adequado entendimento dos fenômenos geológicos ocorrentes, os estudos de investigação deverão basear-se na caracterização dos condicionantes litológicos, estruturais e geomorfológicos.

A caracterização litológica visa identificar os principais tipos de solos e rochas existentes na área de estudo. Ele envolve a caracterização desde a superfície até as sondagens, poços e trincheiras.

A caracterização das condicionantes de caráter estrutural, como por exemplo, fraturas e xistosidades, é de fundamental importância em taludes rochosos e de material saprolítico, nas quais feições estruturais ainda são preservadas.

A caracterização geomorfológica permite estabelecer os padrões de comportamento das encostas, e com isto definir formas, locais e regiões mais ou estáveis.

#### **6.4 – DADOS HIDROLÓGICOS**

Devem ser levantadas informações sobre a pluviometria local e o regime hidráulico de cursos d'água (vazão e velocidade) existentes na encosta em estudo. Surgências d'água permanentes, ou sujeitas à variações sazonais, também deverão ser investigadas e registradas no levantamento topográfico, visando a identificação de caminhos de drenagem subterrânea (SAYÃO e SIEIRA, 2005).

#### **6.5 – INVESTIGAÇÕES DE LABORATÓRIO**

As investigações de laboratório objetivam a caracterização física e mecânica dos diversos solos que compõem a estratigrafia da encosta. Ensaio de granulometria, limites de liquidez e plasticidade, e ensaios de determinação da resistência ao cisalhamento devem ser obrigatórios para os estudos de estabilização de encostas terrosas em que se considera uma superfície potencial de ruptura. A

não realização destes ensaios, apenas admitida para as situações citadas a seguir, deve ser justificada pelo projetista, que assumirá a responsabilidade pela escolha dos parâmetros de cálculo para o projeto, orienta a NBR 11682.

Existência prévia de resultados de ensaios em quantidade suficiente na área de estudo permitindo então adotar parâmetros que estejam baseados em ampla experiência local.

Evidência de instabilizações no local de estudo que permitam estimar com segurança os parâmetros por retro análise.

Predominância de situações onde a realização de ensaios não acrescentará muito na quantificação de parâmetros de cálculo, tais como encostas com preponderância de blocos de rocha, certos depósitos de tálus, encostas com predominância rochosa, etc.

## **6.6 - PROJETO**

Elaboração de modelo geotécnico representativo das condições locais, caracterizado por planta de situação e seções transversais representativas, incluindo análise crítica e definição dos parâmetros aplicáveis ao mesmo.

De acordo com a NBR 11682, a escolha da solução a ser adotada no projeto de estabilização deverá levar em conta:

- Estudo de alternativas de projeto considerando:
- Acessos;
- Condições de operação de equipamentos;
- Disponibilidade de materiais;
- Local adequado para “bota-fora” se for o caso;
- Dificuldades construtivas;

- Interferências com instalações existentes, enterradas ou não, e propriedades de terceiros;
- Implicações ambientais;
- Dificuldades de manutenção;
- Segurança da equipe/equipamentos envolvidos na construção;
- Custos;
- Prazos.

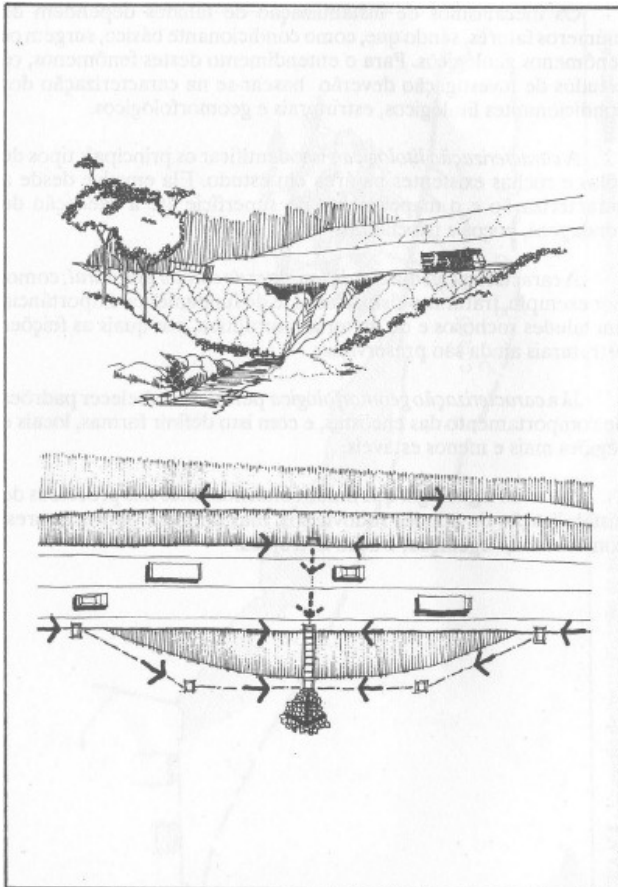


FIGURA 6.2 – EXEMPLO DE ESTABILIZAÇÃO COM DRENAGEM E PROTEÇÃO SUPERFICIAL



O Projeto Executivo deve conter todos os elementos suficientemente detalhados para que possa ser executado sem suscitar dúvidas por parte do Executor e da Fiscalização.

## 7 - RETALUDAMENTO

As obras de retaludamento são caracterizadas pela alteração da geometria dos taludes através de cortes nas partes superiores da encosta, tendo o intuito de melhorar o ângulo de repouso abrandando o relevo e aliviando a carga atuante no talude. O retaludamento de encostas deve ser efetuado com equipamento mecânico apropriado, e acompanhado por aterros compactados nas bases dos taludes para evitar a continuidade do processo além de drenagem e cobertura superficial com a finalidade de diminuir o peso do talude. Essas obras têm a finalidade de conduzir adequadamente as águas superficiais, além de evitar fenômenos erosivos e os escorregamentos e reduzir os esforços a serem suportados pela estrutura, como pontua o Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2011, p. 63).

Esse método consiste em alterar o talude original por meio de cortes ou aterros de modo a estabilizar o mesmo, mudando suas características físicas como a sua inclinação, sendo então aplicada uma inclinação mais suave, calculada de acordo com a linha de ruptura definida (GERSCOVICH, 2009, p. 58). A autora ainda comenta que este método é considerado o mais simples, eficaz e barato existente justamente por utilizar como material o próprio terreno e não demandar uma mão de obra específica.

De acordo com o Carvalho (1991, p. 77), este tipo de obra é a mais utilizada em face de sua simplicidade e eficácia, mas também pelo fato de que para qualquer tipo de solo e rocha, em qualquer condição de ocorrência e sob a ação de quaisquer esforços, haverá sempre uma geometria do talude que a estabilidade do maciço ocorre. Em casos que há a necessidade de grandes áreas e que a terraplenagem se torna muito cara, podem-se recorrer às obras de contenção ou as obras de drenagem. Para qualquer tipo de solo ou rocha, em qualquer condição de ocorrência e sob ação de quaisquer esforços, sempre existirá uma condição geométrica de talude que oferecerá estabilidade ao maciço.

As soluções que envolvem alterações na geometria do talude podem abranger desde um simples retaludamento, tendo como princípio a redução do ângulo médio



Segundo Dyminski (2005, p. 62) esse processo costuma ser executado em conjunto com a drenagem superficial e à proteção superficial (vegetação) com o objetivo de reduzir a infiltração de água no solo e controlar o escoamento superficial, diminuindo assim, o impacto destrutivo sobre o talude pela erosão.

Assim como explica ÁLVARO RODRIGUES DOS SANTOS (2012, p. 89), os cortes podem ser contínuos, se a altura for inferior a 5 metros, ou escalonados, em caso de altura superior a 5 metros.



FIGURA 7.3 RETALUDAMENTO EM RODOVIA DE BAURÚ/SP.

Os solos ou sedimentos tem seu relevo definido pela ação da água ou da gravidade, e suas formas e declives devem-se, por um lado, aos diferentes tipos de litologia, granulometria, adensamento, estratificação, e estruturas, por outro, condições climáticas locais, particularmente a umidade, temperatura e pluviosidade. São ensaios de grande importância para obtenção de informações essenciais da encosta, segundo a NBR 11682:

- Ensaio de análise granulométrica.
- Limites de Atterberg (LL e LP).
- Ensaios de umidade natural.

- Densidade dos grãos.
- Compactação.
- Ensaio Triaxiais.
- Adensamento.
- Permeabilidade.
- Cisalhamento direto

A NBR 11682 sugere algumas recomendações na utilização deste procedimento:

- Fazer remoção do material a partir do topo do talude, para evitar acidentes ao descalçar a base do talude.
- Escalonamento em taludes de altura superior a 5 metros para evitar acúmulo de água superficial sobre a face do talude.
- Fazer proteção superficial harmonizada ao sistema de microdrenagem, previamente dimensionado no projeto de retaludamento.
- Remoção de matéria excedente, evitando danos às áreas vizinhas, bem como assoreamento de linhas de drenagem, rios e lagos.
- Deixar declividade não superior a 1:2
- Fazer redirecionamento de drenagem

## 8 - DRENAGEM

### 8.1 – TÉCNICAS DE DRENAGEM

A água no solo é provavelmente o contribuinte mais importante para o início de um deslizamento. Não surpreende, portanto, que uma drenagem adequada seja o elemento mais importante de um sistema de estabilização de encostas para deslizamentos de terra existentes e potenciais. A drenagem é eficaz, pois aumenta a estabilidade do solo e reduz o peso da massa de deslizamento. A drenagem pode ser superficial ou subterrânea. Medidas de drenagem superficial requerem projetos e custos mínimos e possuem benefícios substanciais para a estabilidade. São recomendadas em qualquer tipo de deslizamento, potencial ou existente. Os dois objetivos da drenagem superficial são: evitar a erosão da face, reduzindo o potencial de queda da superfície, e evitar a infiltração de água no solo, diminuindo a pressão da água subterrânea. A drenagem subterrânea também é eficaz, mas pode ser relativamente cara. Assim, é essencial que a água do solo seja identificada como uma causa do deslizamento antes que os métodos de drenagem subterrânea sejam utilizados (GERSCOVICH, 2009, p.174). São os seguintes os vários métodos de drenagem:

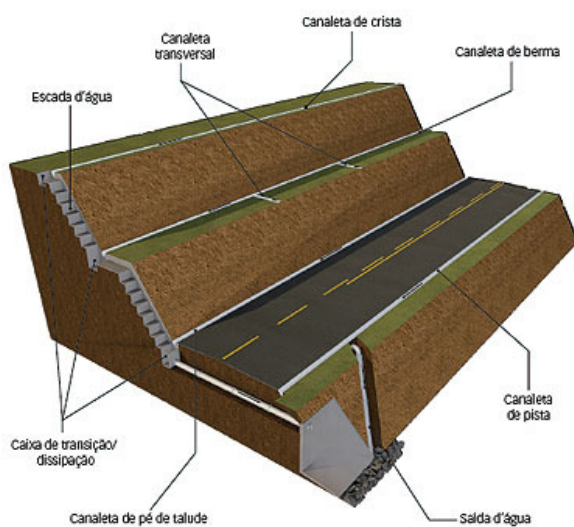


FIGURA 8.1 – ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DE DRENAGEM EM TALUDE

## **8.2 – NIVELAMENTO LOCAL**

Suavização da topografia da superfície de deslizamento pode impedir que a água da superfície acumule em poças ou conecte-se com as águas subterrâneas. Quaisquer depressões nas encostas que possam reter água parada devem ser removidas. Preenchimento e vedação de grandes fendas na superfície por terraplenagem do solo são técnicas benéficas que evitam que a água da superfície atinja a superfície de deslizamento (GERSCOVICH, 2009, p.185).

## **8.3 – VALAS E DRENOS**

A drenagem superficial pode ser feita através de valas na superfície ou drenos subterrâneos rasos. A drenagem de superfície é especialmente importante a cabeça do deslizamento, onde um sistema de corte de valas que atravessam o muro de cabeceira, e drenos laterais para condução do escoamento em torno da borda do deslizamento é eficaz. A inclinação da vala deverá ser de pelo menos 2%, para garantir fluxo rápido distante da área instável. O tipo mais simples de drenagem subterrânea é a trincheira lateral construída acima de uma encosta instável. Valas de drenagem são econômicas somente para solos rasos sobre rochas ou sobre terreno impermeável. As valas devem ser escavadas até a base do solo superficial para interceptar qualquer fluxo de água subterrânea ao longo do plano de falha. Elas devem ser preenchidas com cascalho grosso para evitar desprendimento dos fiancos da vala. Um melhoramento é utilizar um tubo de drenagem e aterrar a área, em seguida, com cascalho grosso (GERSCOVICH, 2009, p.185).

## **8.4 – TUBULAÇÕES DE DRENAGEM**

Tubulações horizontais para drenagem são dispositivos usados para a prevenção de deslizamento na construção de estradas. São mais eficazes quando instaladas durante as escavações iniciais. Devido aos longos atrasos para diminuir os lençóis d'água subterrâneos, os drenos são eficazes apenas se os tubos são cuidadosamente instalados, a superfície de ruptura é interceptada, e os encanamentos realmente drenam o solo. Como a maioria das encostas tem diferentes solos e diferentes condições hidráulicas e geométricas, os sistemas de

drenagem devem ser concebidos individualmente. Após a perfuração ter sido realizada até a profundidade desejada e as camisas instaladas, estas são limpas de todo resíduo de solo e os segmentos de tubo de PVC para drenagem são encaixados, cobertos com um filtro e, em seguida, empurrados para dentro das camisas e acoplados. As camisas são, então, retiradas e telas são instaladas nas extremidades dos tubos de drenagem. Os orifícios de drenagem devem ser cuidadosamente limpos de cascalhos e lama. Os orifícios com resíduos podem ter apenas 25% de eficácia. Em solos argilosos, uma mudança completa nos lençóis de água subterrânea pode levar até 5 anos, com 50% de melhoria ocorrendo ao longo do primeiro ano. Uma vez que os lençóis freáticos são reduzidos em solos argilosos, a mudança é bastante estável; no entanto, flutuações sazonais podem ocorrer: chuvas não irão alterar o nível de água do solo nas encostas desde que os tubos não estejam obstruídos. Em solos arenosos, o lençol freático irá diminuir em poucos meses, mas também irá varar com as chuvas (GERSCOVICH, 2009, p. 185).

### **8.5 – MANUTENÇÃO**

As obras de estabilização de taludes, de uma maneira geral, necessitam de uma manutenção periódica, principalmente das linhas de drenagem, dada as suas peculiaridades em termos de funcionamento e desempenho. Qualquer falha, mau funcionamento ou colapso podem afetar todo o conjunto de estabilização. A grande importância de um empenho no sentido de melhoria significativa do nível de manutenção das obras de estabilização de taludes reside no fato de os grandes problemas de instabilização não nascerem grandes, mas forem evoluído a partir de pequenos problemas facilmente solucionáveis em estágio inicial, com obras simples e cuidados usuais de manutenção. (DENISE MARIA SOARES GERSCOVICH, 2012).



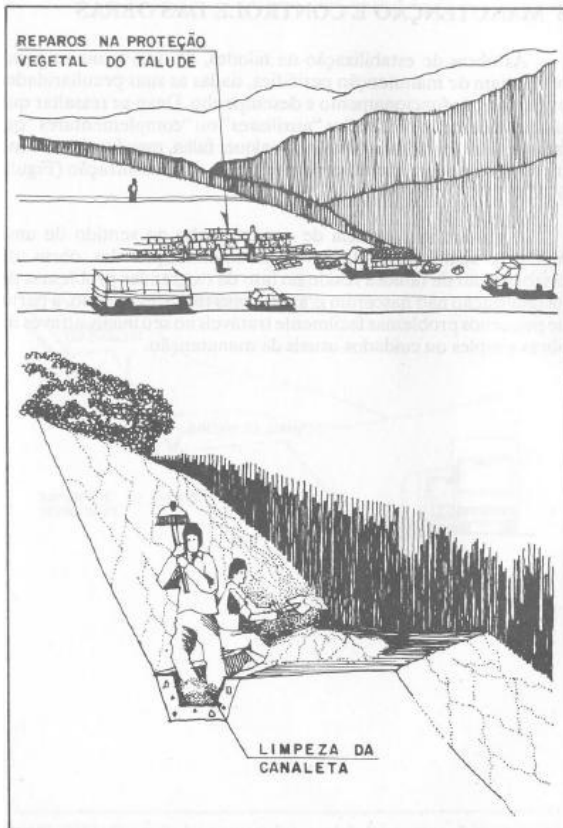


FIGURA 8.2 – EXEMPLOS DE MANUTENÇÃO DE TALUDE E LINHAS DE DRENAGEM

A instrumentação cumpre papel essencial em todo processo de estabilização de um talude, tanto na avaliação de seu desempenho, como na possibilidade de se extrapolar resultados e se verificar as validades dos modelos teóricos assumidos em projeto. Assim, deve se encarar a instrumentação como um dos melhores meios de se aprimorar os modelos de cálculos e dimensionamentos existentes (SAYÃO e SIEIRA, 2005). Temos a seguir, alguns instrumentos e suas funções:

- Inclinômetro – medir deslocamentos horizontais.
- Extensômetro – medir deslocamentos horizontais.
- Medidor de recalque – medir deslocamentos verticais.
- Piezômetro – medir pressão neutra de algum ponto.
- Célula de carga – medir carga em tirantes.
- Célula de pressão total – medir pressões totais em terra.

## 9 – COBERTURA VEGETAL

Áreas retaludadas, geralmente ficam frágeis em virtude da exposição de novas áreas cortadas, razão pela qual, o projeto de retaludamento deve incluir um sistema de drenagem eficiente e altamente recomendável a proteção do talude alterado com revestimentos naturais de origem vegetal, de acordo com DENISE MARIA SOARES GERSCOVICH (2012, p.88).

Neste tipo de procedimento, o revestimento natural possui várias funções de extrema importância como explica GUIDICINI, NIEBLE (1999, p. 17): atenuar choque das chuvas sobre o solo, contendo a erosão, reduzir a infiltração das águas, fazendo-as escoar grande parte pelas suas folhas, proteger a parte superficial do solo da erosão, em decorrência da trama formada pelas suas raízes, reduzindo também a infiltração das águas, além de contribuir para amenizar a temperatura local e criando um ambiente visualmente mais agradável.

A cobertura vegetal é um dos fatores determinantes, pois é considerada uma defesa natural do solo. A proteção vegetal protege o solo contra o impacto com a chuva, as raízes deixam o solo mais poroso, aumentando a infiltração, e aumentam a capacidade do solo de reter água por efeito de produção e incorporação da matéria orgânica.

Algumas raízes pivotantes atuam como “tirantes vivos” promovendo o ancoramento de grandes massas de solo. Isso é observado com mais frequência em solos residuais, onde há diferenças significativas da resistência de cisalhamento ao longo da profundidade. Ocorre uma transferência de tensões de cisalhamento do solo para as raízes, proporcionando uma redução na erodibilidade do solo e um aumento na estabilidade do talude ou encosta, como afirma DENISE MARIA SOARES GERSCOVICH (2012, p. 88).

Tal efeito, chamado de reforçamento radicular, e pode variar de acordo com alguns fatores:

- Capacidade de resistência a tração das raízes.
- Propriedades de interface entre as raízes e o solo.
- Arquitetura radicular, ou seja, concentração, características de ramificação e distribuição das raízes no solo.
- Quantidade de solos explorados pelas raízes.
- Declividade e espessura do talude.
- Características geotécnicas do solo. Estes fatores ajudam o reforço radicular, no entanto, outros fatores também devem ser considerados.

Existem diversos tipos de vegetação que podem ser empregados, arbustos, em alguns casos, podem ser tão ou mais eficientes que árvores, pois raízes fasciculadas apresentam alta resistência a tração e ao arrancamento, por ocupar uma grande superfície. Tudo deve ser levado em consideração, não se esquecendo do clima, época do ano e local onde será feito o plantio (COELHO, 2005, p. 95).

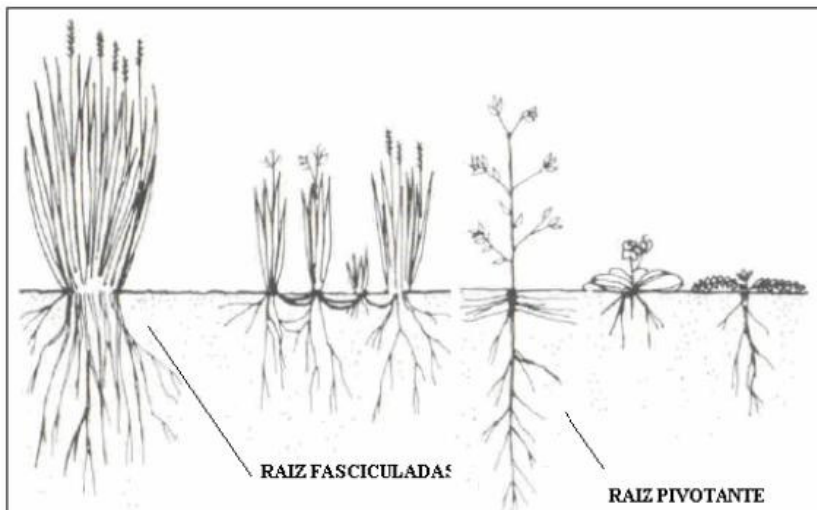


FIGURA 9.1 – TIPOS DE RAÍZES

Outro efeito causado pelo sistema radicular de vegetação é o aumento da coesão entre partículas. Em solos arenosos, onde essa coesão é baixa, a vegetação pode aumentar significativamente a resistência a deslizamentos superficiais e às

movimentações por cisalhamento. Uma pequena variação na coesão radicular pode influenciar substancialmente o coeficiente de segurança dos taludes (COELHO, 2005, p. 96). As raízes agregam partículas e aumentam resistência do solo, reduzindo o transporte de sedimentos. Os caules aumentam a rugosidade, reduzindo a energia potencial da água.

## 10 - CONCLUSÃO

Embora que seja considerada de extrema importância para o desenvolvimento do país, às rodovias necessitam ser projetadas e executadas colocando sempre o conceito de consciência ambiental em primeiro lugar, garantindo, portanto que impactos ambientais negativos ao meio ambiente e, conseqüentemente, à população prévia e posteriormente inserida que vive à margens da rodovia, sejam impedidos.

Com certeza se torna bastante comum os escorregamentos em taludes urbanos em muitas cidades brasileiras, sobretudo naquelas onde acontecem o empobrecimento de migrantes, provocando uma formação desordenada de moradias em áreas de risco, que são locais sujeitos à ocorrência de fenômenos de natureza geológico-geotécnica e hidráulica, implicando em possibilidades de perda de vidas e/ou danos materiais.

Entende-se que é preciso ter consciência que se tratando de taludes rodoviários devem-se levar em consideração diversos fatores, assim como estudo de instabilidade do solo e suas características, para se fazer uma análise mais precisa. É muito respeitável ter conhecimento a respeito de os solos em questão, para que se possa dimensionar tanto a quantidade e tipos de equipamentos a se aproveitar.

Na construção de taludes rodoviários o primeiro passo a ser tomado é o estudo preliminar, ou seja, a sondagem para conseguir as características do terreno e do solo com o qual vai trabalhar. Tal caracterização é essencial para que assim possa realizar controles tanto de compactação de camadas, como especificações de projeto.

Entende-se que diante da problemática econômica, social, ambiental e paisagística que a falta de medidas mitigadoras em projetos rodoviários traz, entende-se que a revegetação de áreas abertas, como taludes, seja a opção de menor custo e maior sustentabilidade para as condições criadas. As espécies que crescem espontaneamente nesses locais perturbados podem ser as mais recomendadas, devido à sua grande adaptabilidade, para recuperação dessas áreas degradadas.

Percebe-se que necessita ser efetivado o estudo de instabilidade do solo e isso deve acontecer antes de ser iniciado qualquer serviço da execução do talude, agregando todo o estudo de carga que será transmitida para o local. A partir daí, analisar qual técnica de execução poderá ser aproveitada até mesmo para uma contenção natural da obra que seria o retaludamento.

Com equipamento mecânico apropriado o retaludamento de encostas necessita ser realizado, e seguido por aterros compactados nas bases dos taludes para impedir a continuidade do processo além de drenagem e cobertura superficial com a finalidade de diminuir o peso do talude.

Conclui-se que o retaludamento na maioria das vezes vem sendo a mais aproveitada em face de sua simplicidade e eficácia, mas ainda pelo fato de que para qualquer tipo de solo e rocha, em qualquer condição de ocorrência e sob a ação de quaisquer esforços, existirá sempre uma geometria do talude que a estabilidade do maciço ocorre.

## 11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANH, T.B.; CHO, S.D. & YANG, S.C. **Stabilization of soil slope using geosynthetic mulching mat.** Geotext. Geomembr., 20:135-146, 2002.

ANON (1995) – **The description and classification of weathered rocks for engineering purposes.** Geological Society Engng. Group Working Party Report. Quarterly Journal Engineering Geology Quarterly Journal of Engineering Geology, 28, pp. 207-242.

AUGUSTO FILHO, O. **Escorregamentos em encostas naturais e ocupadas: análise e controle.** São Paulo: IPT, 1992. p. 96-115. Apostila do curso de geologia de engenharia aplicada a problemas ambientais.

AUGUSTO FILHO, O., VIRGÍLI, J.C. **Estabilidade de taludes.** In: OLIVEIRA, A.M.S., BRITO, S.N.A. (Eds). **Geologia de Engenharia.** São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p.243-69.

BARROS, E.J. **Carta de risco de movimentos gravitacionais de massa, zona norte dos morros de Santos, SP, com a utilização de Sistemas de Informações Geográficas.** 2001. 149f. (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BELLIA, V. **Impactos das obras rodoviárias.** In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE NAS RODOVIAS, 1993, Florianópolis. Anais... Florianópolis: DER/SC, ABDER, 1993.

BERTOL, I.; COGO, N.P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J.C. & AMARALA, A.J. **Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo.** R. Bras. Ci. Solo, 31:133-142, 2007.

BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone. 1990. 355 p.

BIGARELLA, J. J; BECKER, R. D.; PASSOS, E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1996. 875 p.

CANO, A.; NAVIA, R.; AMEZAGA, I. & MONTALVO, J. **Local topoclimate effect on short-term cutslope reclamation success**. Ecol. Eng., 18:489-498, 2002.

CARVALHO, P.A.S. (coord.). **Manual de Geotecnia: taludes de rodovias, orientações para diagnóstico e soluções dos seus problemas**. São Paulo: IPT, 1991. 338p

CARVALHO, C. S. & GALVÃO, T. (Org) 2006. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais**. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991. 136 p.

COSTA, P. S. e FIGUEIREDO, Wellington. C. **Estradas: Estudos e Projetos**. 2<sup>a</sup> ed. Salvador: EDUFBA, v.1, 2001. 430p.

CUNHA, M. A., FARAH, F., CERRI, L. E. S., GOMES, L. A., GALVÊS, M. L., BITAR, O. Y., FILHO, O. A., SILVA, W. S. **Ocupação de encostas**. São Paulo: IPT. 216p. 1991.

CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. **Degradação ambiental**. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B., eds. **Geomorfologia e meio ambiente**. 4.ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2003. p.337-379.



DANIEL, T.C.; SCHARPLEY, A.N.; EDWARDS, D.R.; WEDEPOHL, R. & LEMUNYON, J.L. **Minimizing surface water eutrophication from agriculture by phosphorus management**. J. Soil Water Conserv., 40:30-38, 1994.

DENARDIN, A. P. **Estudo do comportamento mecânico de um solo saprolítico de basalto de teutônia**, RS. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

DURAN, J. S. e SANTOS Jr. P. **Estruturas de Solo Reforçado com o Sistema Terramesh**. 2005. 28 p. Encarte Técnico – Maccaferri do Brasil Ltda. - São Paulo, 2005.

DYMINSKI, A. S. **Noções de Estabilidade de Taludes e Contenções**. 2005. 28 f. Notas de Aulas – Departamento de Engenharia da Universidade Federal do Paraná, Paraná 2005.

GALAS; N. D. **Uso de vegetação para contenção e combate à erosão em taludes**. 2006. 64 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

GERSCOVICH, D. M. S. **Estabilidade de Taludes**. 2009. 160 f.– Notas de Aulas - Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2009.

GOMES, A. M.; SILVA A. C. **Reabilitação da cobertura vegetal de área degradada por empréstimo de materiais**. Lavras: UFLA, 2002.

GRAY, D.H. & SORTIR, R.B. **Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: A practical guide for erosion control**. New York, John Wiley & Sons, 1996. 378p.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p

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

INBAR, M.; TAMIR, M. & WITTENBERG, L. **Runoff and erosion process after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area**. *Geomorphology*, 24:17-33, 1998.

JESUS, R.M. **Recuperação de áreas degradadas em sistemas rodoviários**. In: A VARIÁVEL AMBIENTAL EM OBRAS RODOVIÁRIAS – SEMINÁRIO NACIONAL, 1999. Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: FUPEF, DER/PR. 1999. p.125-135.

JESUS, A. C.. **Retroanálise de escorregamentos em solos residuais não saturados. Dissertação (Mestrado)** – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

LACERDA, W. A. 2004. The behavior of colluvial slopes in a tropical environment. In IX International Symposium on Landslides. Rio de Janeiro, Brasil. V.2, pp. 1315-1342.

KOBIYAMA Masato; MENDONÇA Magaly; MORENO Davis Anderson; MARCELINO Isabela P. V. de Oliveira; MARCELINO Emerson; GONÇALVES Edson; BRAZETTI Leticia Luzia Penteado; GOERL Roberto Fabris; MOLLERI Gustavo Souto Fontes; RUDORFF Frederico Moraes; **Prevenção de desastres naturais conceitos básicos**. Curitiba, PR; 2006.

LINHARES, R. M. **Análise de estabilidade de talude rodoviário em solo residual**. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011

LOPES, J.A.U., QUEIROZ, S.M.P. **Rodovias e meio ambiente no Brasil: uma resenha crítica**. In: RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. SIMPÓSIO

SUL-AMERICANO, 1: SIMPÓSIO NACIONAL, 2, 1994, Curitiba, PR. Anais...  
Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais – FUPEF, 1994. p.75-90.

LOPES, A. P. R. **Mapeamento do potencial de instabilização de taludes rodoviários usando SIG e seções geológico-geotécnicas de campo com aplicação na rodovia SP-310.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, 2007.

MACHADO JÚNIOR, D. de M. **Taludes de Rodovias: orientações para diagnósticos e soluções de problemas.** São Paulo: IPT. 2003

MAGALHÃES, A. de F. **Avaliação do desempenho de Técnicas de Bioengenharia na Proteção e Conservação da Cobertura Final de Taludes em Aterros de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos: Estudo de Caso para o Aterro Sanitário de Belo Horizonte,** MG. 2005. 169 f.. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Recursos Hídricos e Meio Ambiente). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

MANHAGO, S. R. **Técnicas de revegetação de Talude de Aterro Sanitário.** 2008. 18 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

MASSAD, F. **Obras de terra – Curso Básico de Geotecnia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

MAYNE, P.W. & Brown, D.A. 2003. Site characterization of Piedmont residuum of North America. Characterization and Engineering Properties of Natural Soils, Vol. 2, pp.1323- 1339. Swets & Zeitlinger, Lisse

NOGAMI, J. S., VILLIBOR, D. F., Beligni, M. e Cincerre, J. R., 2000. **“Pavimentos com Solos Lateríticos e gestão de manutenção de Vias Urbanas”.** São Paulo.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte: Deflor, 2005. 84p.

PINTO, C. S. Curso Básico de Mecânica dos Solos. 2006. 355 p. Oficina de Textos. ed 3. São Paulo 2006.

RODRIGUEZ, T. T. **Proposta de classificação geotécnica para colúvios brasileiros. Tese (Doutorado)** – Programas De Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005

SAYÃO, A. & SIEIRA, A. C. F. **Manual Técnico sobre Reforço de Solos**, Maccaferri do Brasil Ltda. - São Paulo, 2005.

SOUZA, C. M. de. **Recuperação de áreas degradadas em Aterros Sanitários**. 2007. 40 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro: Seropédica, 2007.

TOMINAGA, L. K. **Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP**. 2007. 240 f. Tese (Doutorado em Ciências: Geografia e Física) - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo 2007.

TOMINAGA, Lídia Keiko; JAIR Santoro; ROSANGELA do Amaral. **Desastres Naturais conhecer para prevenir**. Instituto geológico; São Paulo, 2009.

XAVIER, Herbe. *Percepção Geográfica dos Deslizamentos de Encostas em áreas de Risco no Município de Belo Horizonte- MG*. Tese de Doutorado. UNESP. Rio Claro-SP, 1996.

## **MANUAIS PESQUISADOS**

BRASIL, MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de Desastres**. Disponível em <http://www.integracao.gov.br> . Acesso 20/11/2013

PARANÁ. SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES. DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de instruções ambientais para obras rodoviárias**. Curitiba: SETR/DER e UFPR/FUPEF, 2000. 246p.