

**Manual de geotecnia:
Taludes de rodovias: orientação para
diagnóstico e soluções de seus
problemas**

Seminário disciplina Urbanização de Encostas 2011/I

Aluna: Angela Favaretto 27/04/2011

INTRODUÇÃO

MANUAL

trata dos problemas geotécnicos ocorrentes em taludes rodoviários em cortes ou aterros, associados a processos de instabilização de massas, como, por exemplo, escorregamentos, erosões e recalques.

OBJETIVO

fornecer a engenheiros e demais técnicos rodoviários informações geológico-geotécnicas básicas, bem como subsídios para diagnóstico e soluções de problemas geotécnicos em taludes em rodovias.

Alguns termos utilizados:

Barbacã = patamar

Gunita = pedrisco

CAPÍTULO I: METODOLOGIA DE ATUAÇÃO E PLANEJAMENTO PARA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

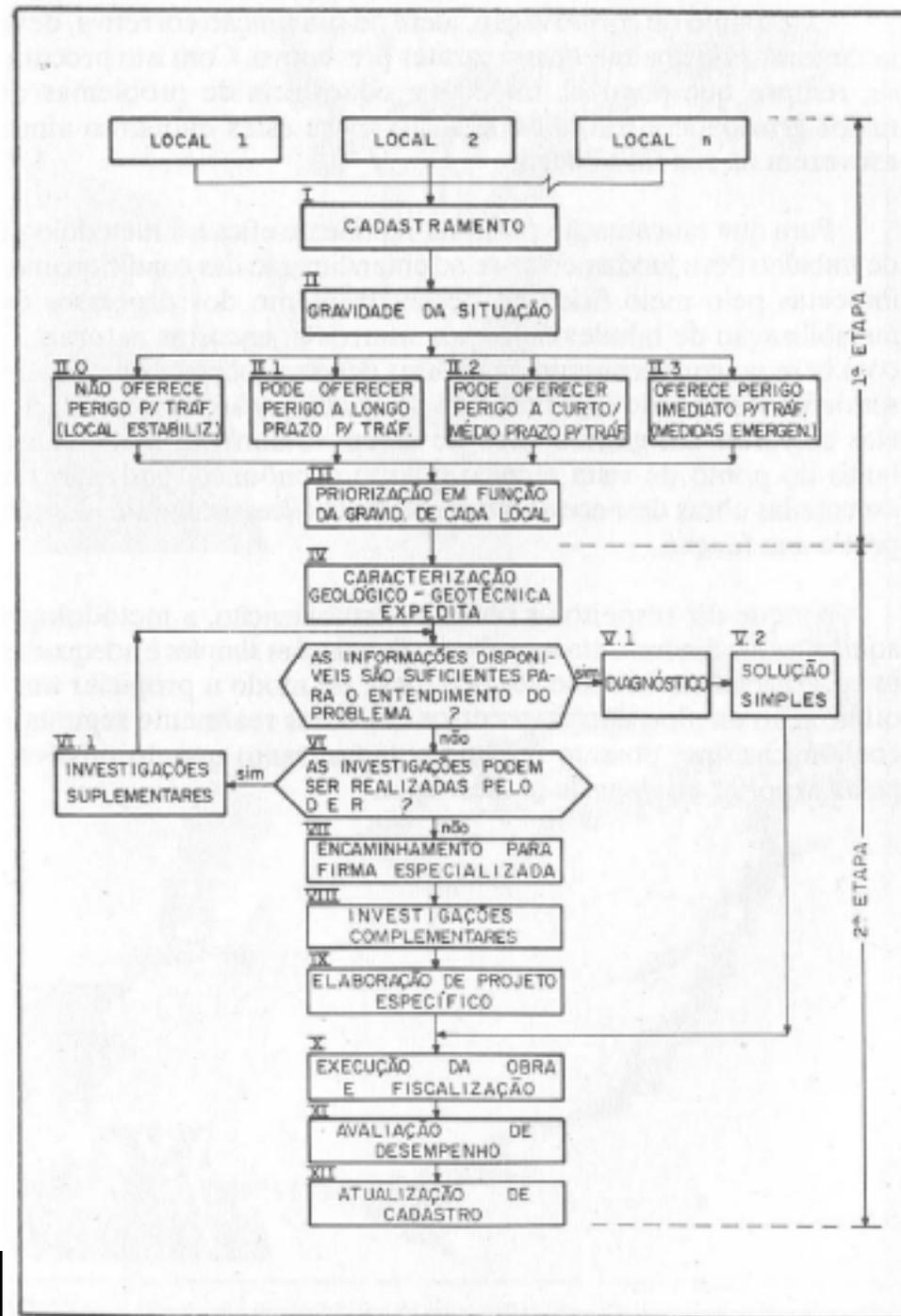


FIGURA I.2 - Fluxo de atividades para planejamento de obras de estabilização

Disponibilizado tabelas sínteses para uso em campo

CAPÍTULO II: CONDICIONANTES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

1. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS REGIONAIS

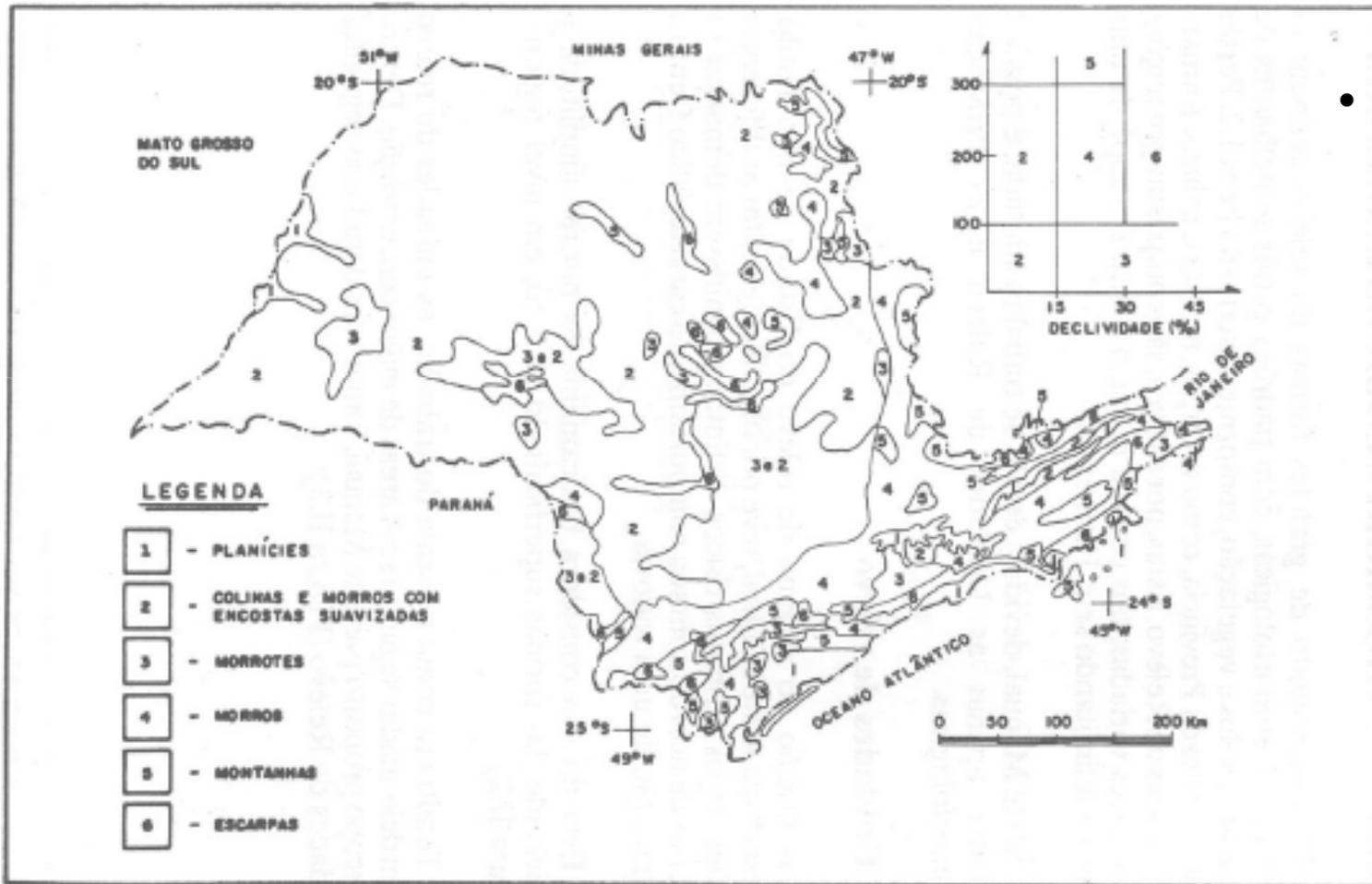


FIGURA II.3 - Áreas de concentração das unidades de relevo

- unidades de relevo – partes menores de cada província como morros, colina.

CAPÍTULO II: CONDICIONANTES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS BÁSICOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

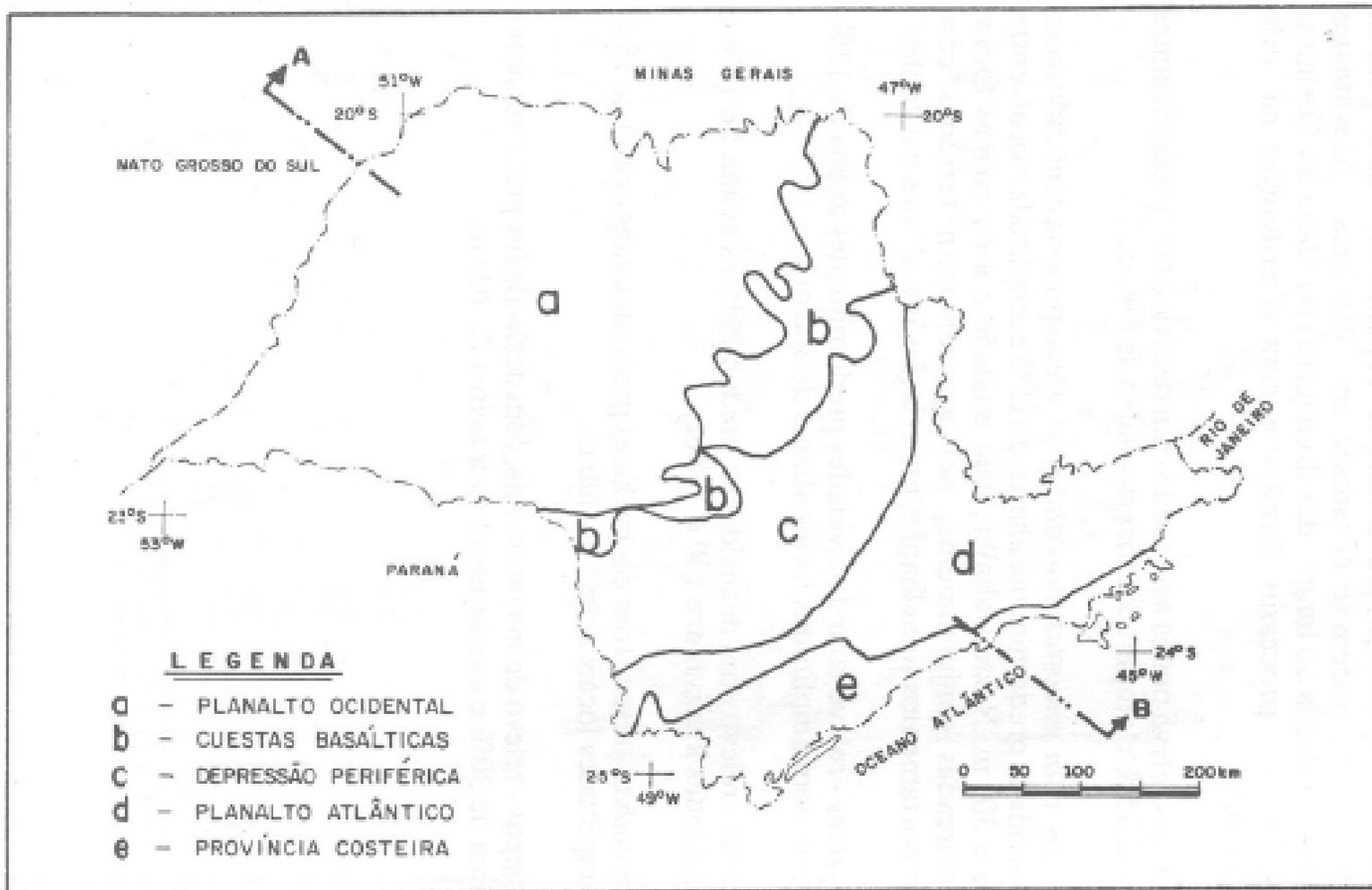


FIGURA II.4 - Províncias geomorfológicas

- províncias geológicas – definidas por grandes formas do relevo.

2. ASPECTOS GERAIS DOS SOLOS E PERFIL DE INTEMPERISMO

Classificação dos **solos**:

orgânicos (grande quantidade de material orgânico);

transportados (erosão, transporte e sedimentação de matéria);

residual (originado da rocha subjacente).

Algumas **características do perfil de intemperismo das rochas**: a variação do perfil de intemperismo em uma mesma litologia é grande, mas pode-se esboçar perfis que caracterizem genericamente cada uma das unidades litológicas.

CAPÍTULO III: UNIDADES DO MEIO FÍSICO

1. **CLASSIFICAÇÃO**: com base nos dados geológicos, geomorfológicos e de solos foram demarcadas 7 Unidades de Análise.

2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO- GEOTÉCNICAS DAS UNIDADES E SEUS PRINCIPAIS PROBLEMAS

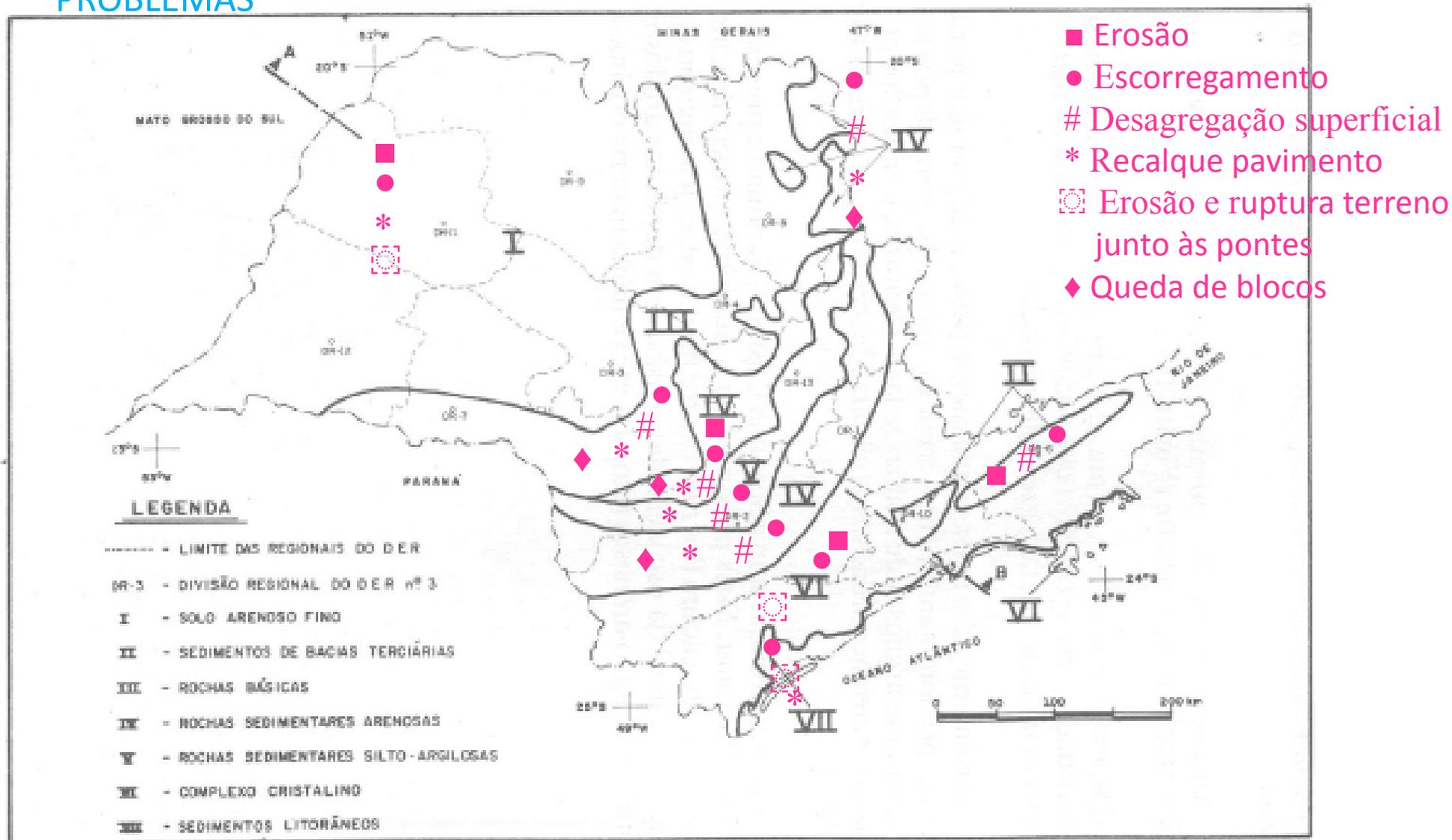


FIGURA III.1 - Unidades de Análise

Tipo de problema	Forma de ocorrência	Principais causas
Erosão	. em taludes de corte e aterro (em sulcos e diferenciada)	. deficiência de drenagem . deficiência de proteção superficial
	. longitudinal ao longo da plataforma	. concentração de água superficial
	. localizada e associada a obras de drenagem (ravinas e boçorocas)	. concentração de água superficial e/ou interceptação do lençol freático
	. interna em aterros (<i>piping</i>)	. deficiência ou inexistência de drenagem interna
Desagregação superficial	. empastilhamento superficial em taludes de corte	. secagem e umedecimento do material . presença de argilo-mineral expansivo ou desconfinamento do material
Escorregamento em corte	. superficial . profundo	. inclinação acentuada do talude . relevo enérgico
	. forma e dimensões variadas	. descontinuidades do solo e rocha
	. superficial em corte ou encostas naturais . profundo em cortes	. saturação do solo
	. formas e dimensões variadas . movimentação de grandes dimensões e generalizada em corpo de talus	. evolução por erosão . corte de corpo de talus . alteração de drenagens
Escorregamento em aterro	. atingindo a borda do aterro	. compactação inadequada da borda
	. atingindo o corpo do aterro	. deficiência de fundação . deficiência de drenagem . deficiência de proteção superficial . má qualidade do material . compactação inadequada . inclinação inadequada do talude
Recalque em aterro	. deformação vertical da plataforma	. deficiência de fundação . deficiência de drenagem . rompimento de bueiro . compactação inadequada
Queda de blocos	geralmente em queda livre	. ação da água e de raízes nas descontinuidades do maciço rochoso
Rolamento de blocos	movimento de bloco por rolamento no corte ou encosta	. descalçamento da base por erosão

CAPÍTULO IV: PRINCIPAIS PROBLEMAS EM TALUDES DE CORTES E ATERROS ENCONTRADOS EM RODOVIAS DO ESTADO DE SP

Ocorrem devido:

- falta de **projeto** específico;
- projeto inadequado;
- por falta de conhecimento do **meio físico**;
- deficiências **construtivas**;
- **má conservação**.

4.1 EROSÃO

Tipo de problema	Forma de ocorrência	Principais causas
Erosão	. em taludes de corte e aterro (em sulcos e diferenciada)	. deficiência de drenagem . deficiência de proteção superficial
	. longitudinal ao longo da plataforma	. concentração de água superficial
	. localizada e associada a obras de drenagem (ravinas e boçorocas)	. concentração de água superficial e/ou interceptação do lençol freático
	. interna em aterros (<i>piping</i>)	. deficiência ou inexistência de drenagem interna

- É a destruição da estrutura do solo e sua remoção, sobretudo pela ação das águas de escoamento superficial, depositando-o em áreas mais baixas do relevo;
- **velocidade lenta, porém contínua e progressiva ao longo do tempo.**



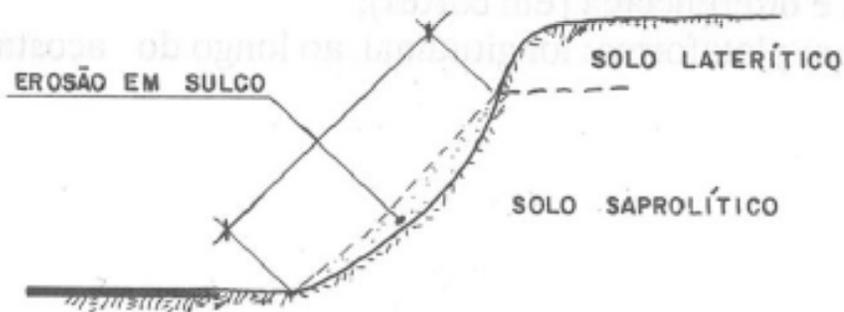
FIGURA IV.2 - Erosão em talude de rodovia

EROSÃO: EM TALUDE DE CORTE OU ATERRO

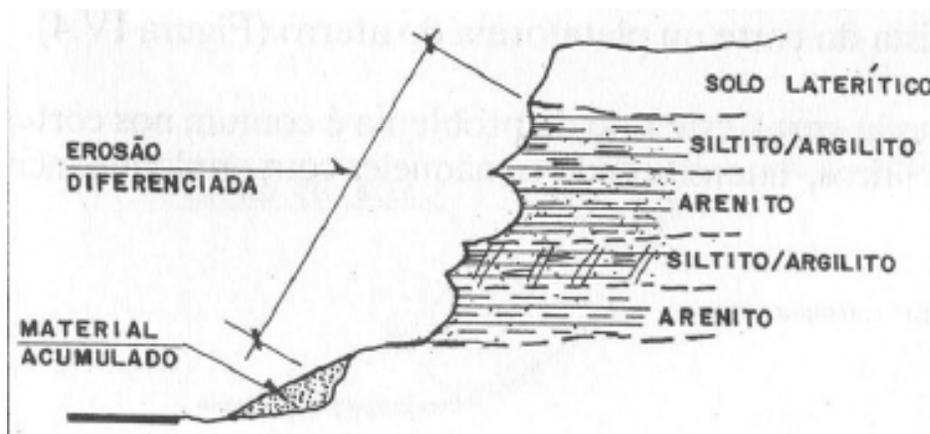
Tipo de problema	Forma de ocorrência	Principais causas
Erosão	. em taludes de corte e aterro (em sulcos e diferenciada)	. deficiência de drenagem . deficiência de proteção superficial
	. longitudinal ao longo da plataforma	. concentração de água superficial
	. localizada e associada a obras de drenagem (ravinas e boçorocas)	. concentração de água superficial e/ou interceptação do lençol freático
	. interna em aterros (<i>piping</i>)	. deficiência ou inexistência de drenagem interna

Medidas preventivas

implantação de sistema de drenagem superficial; regularização do talude, com implantação de proteção superficial.



Erosão em sulco: presente em taludes de maior declividade sem proteção superficial e é formado pelo escoamento de água superficial.



Diferenciada: Ocorrem em taludes de corte constituídos por materiais com diferente suscetibilidades à erosão.

EROSÃO: EM PLATAFORMA

Tipo de problema	Forma de ocorrência	Principais causas
Erosão	. em taludes de corte e aterro (em sulcos e diferenciada)	. deficiência de drenagem . deficiência de proteção superficial
	. longitudinal ao longo da plataforma	. concentração de água superficial
	. localizada e associada a obras de drenagem (ravinas e boçorocas)	. concentração de água superficial e/ou interceptação do lençol freático
	. interna em aterros (<i>piping</i>)	. deficiência ou inexistência de drenagem interna

Medidas preventivas:

dissipação da energia da água através de saídas laterais, caixas de dissipação e bacias de retenção;

EROSÃO: ASSOCIADA À OBRAS DE DRENAGEM

Tipo de problema	Forma de ocorrência	Principais causas
Erosão	. em taludes de corte e aterro (em sulcos e diferenciada)	. deficiência de drenagem . deficiência de proteção superficial
	. longitudinal ao longo da plataforma	. concentração de água superficial
	. localizada e associada a obras de drenagem (ravinas e boçorocas)	. concentração de água superficial e/ou interceptação do lençol freático
	. interna em aterros (<i>piping</i>)	. deficiência ou inexistência de drenagem interna

Medidas preventivas:

execução de caixa dissipação de energia nos pontos de lançamento de água; recomposição do aterro ou corte.

4.2 DESAGREGAÇÃO SUPERFICIAL EM TALUDE

Tipo de problema	Forma de ocorrência	Principais causas
Desagregação superficial	empastanhamento superficial em taludes de corte	<ul style="list-style-type: none"> . secagem e umedecimento do material . presença de argilo-mineral expansivo ou desconfinamento do material

considerado um **fenômeno de instabilidade superficial** e apresenta características de destruição da estrutura do material e sua posterior remoção;

resulta da **ação umedecimento/secagem** dos solos, comum em regiões tropicais.

Medidas preventivas: impedimento da ocorrência da ciclicidade através de proteção superficial com tela e gunita ou do confinamento do talude, com camada de solo compactado.

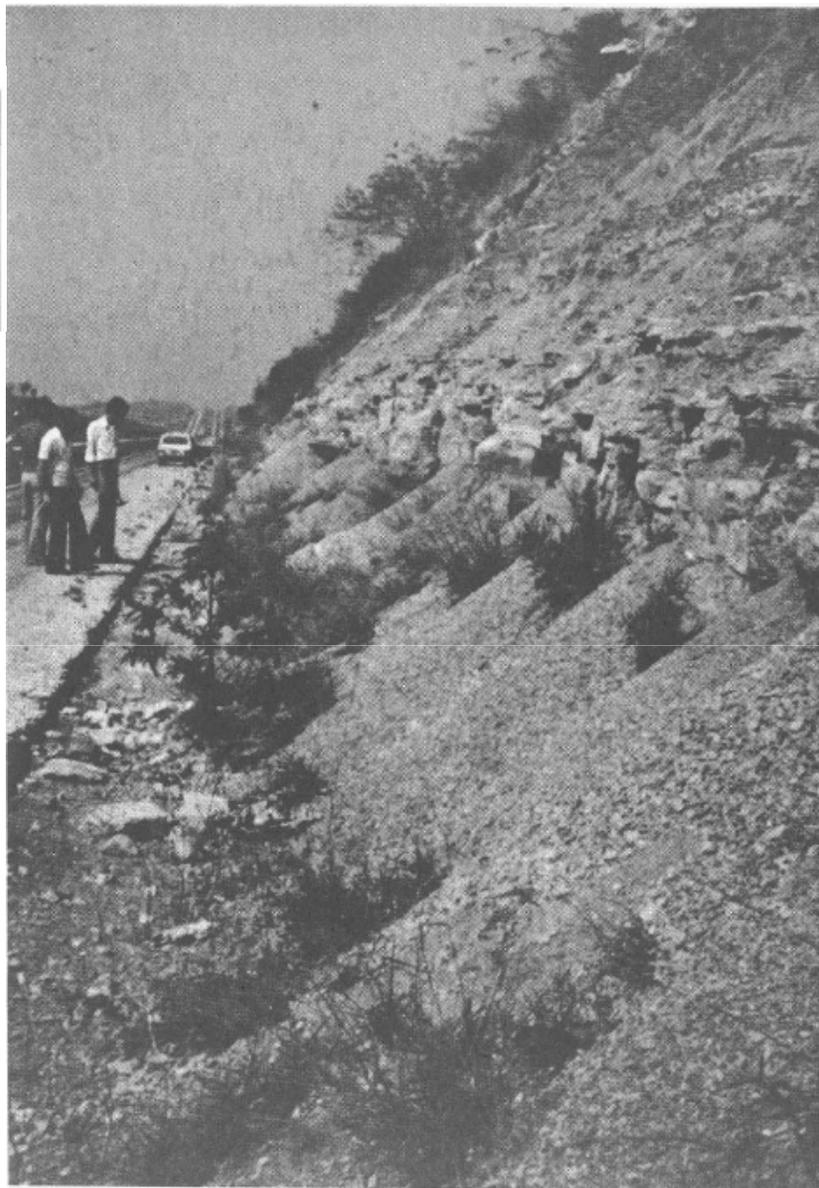


FIGURA IV.8 - Desagregação superficial em taludes

4.3 ESCORREGAMENTOS

Tipo de problema	Forma de ocorrência	Principais causas
Escorregamento em corte	. superficial . profundo	. inclinação acentuada do talude . relevo enérgico
	. forma e dimensões variadas	. descontinuidades do solo e rocha
	. superficial em corte ou encostas naturais . profundo em cortes	. saturação do solo
	. formas e dimensões variadas . movimentação de grandes dimensões e generalizada em corpo de tálus	. evolução por erosão . corte de corpo de tálus . alteração de drenagens
Escorregamento em aterro	. atingindo a borda do aterro	. compactação inadequada da borda
	. atingindo o corpo do aterro	. deficiência de fundação . deficiência de drenagem . deficiência de proteção superficial . má qualidade do material . compactação inadequada . inclinação inadequada do talude

Movimentos rápidos;

Superfície de ruptura bem definida, que é a função do tipo de solo ou rocha, da geometria do talude e das condições de fluxo da água.

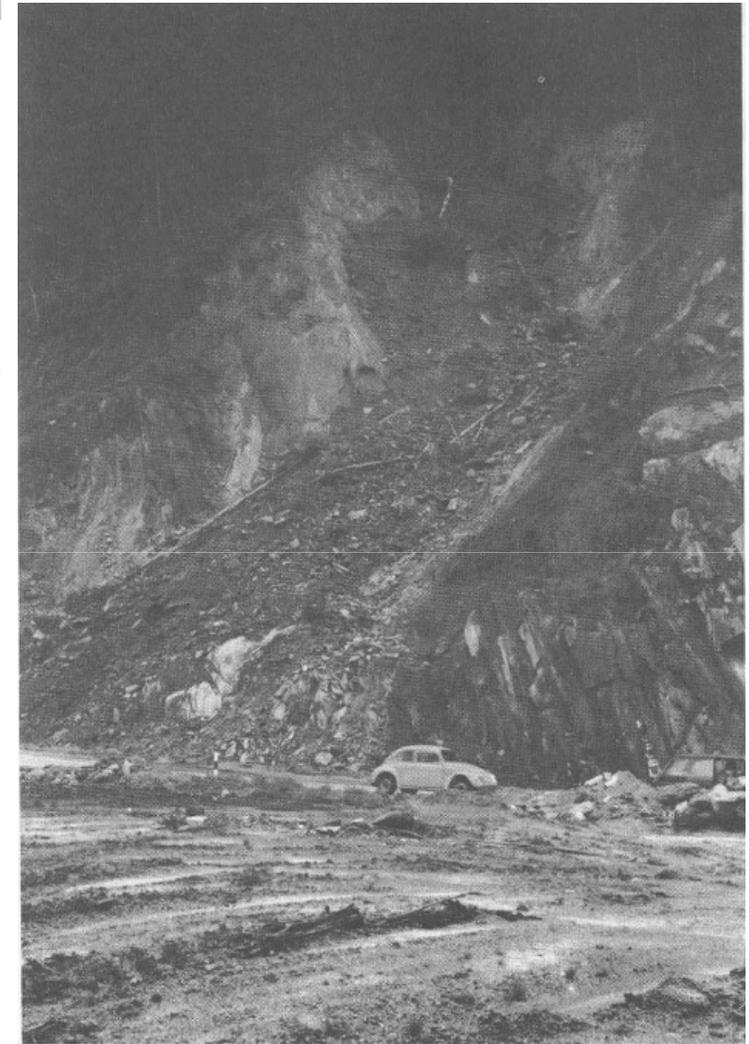


FIGURA IV.9 - Escorregamento em taludes de corte em rodovias

4.3.1 ESCORREGAMENTOS: EM CORTE

- *Devido à inclinação acentuada:* incompatibilidade com a resistência do solo.
- *Devido à descontinuidade do maciço:* resultante de estruturas residuais ou do contato solo/rocha.

Medidas preventivas

- Retaludamento;
- Sistema de drenagem adequado;
- Proteção superficial.

Medidas preventivas:

- conhecimento prévio das descontinuidades;
- adoção de inclinações compatíveis e/ou obras de contenção.

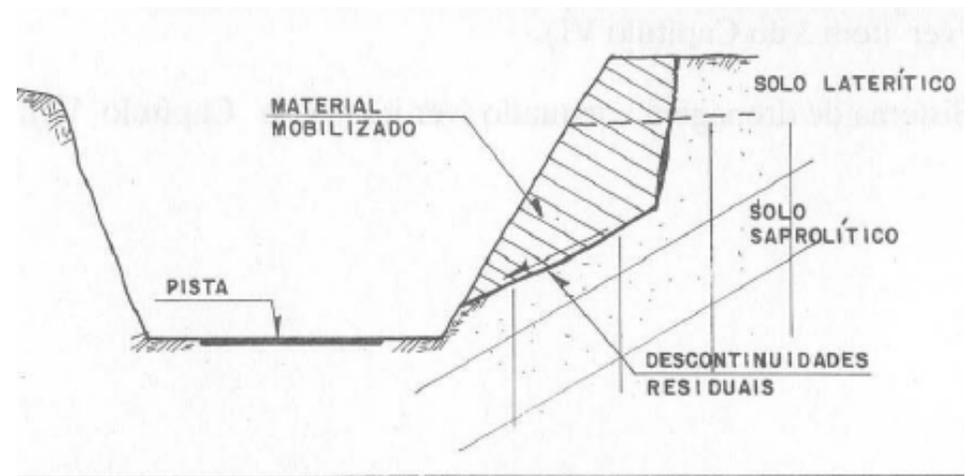
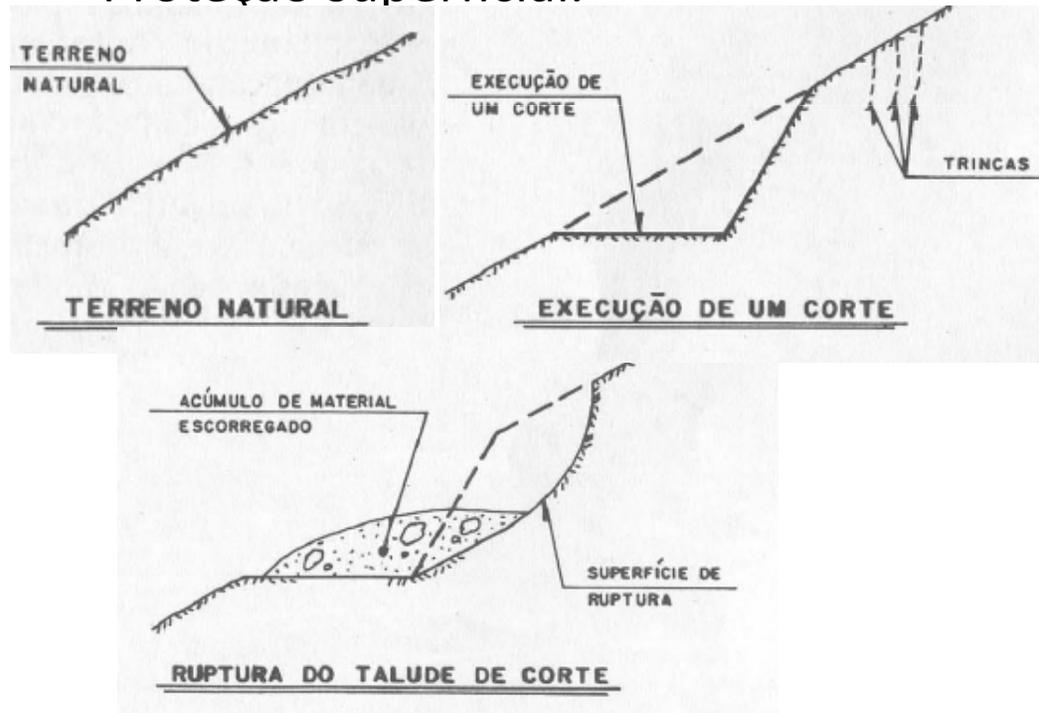


FIGURA IV.12 - Escorregamento causado por descontinuidade

4.3.1 ESCORREGAMENTOS: EM CORTE

- *Devido à saturação* : do lençol freático, ou saturação temporária do solo, decorrente da infiltração durante períodos prolongados de precipitação.

Medidas preventivas:

- lençol freático: drenagem superficial e profunda;
- saturação temporária do solo: impermeabilização superficial; execução de obras de contenção.

- *Devido à evolução de erosão*:

Provoca mudança na forma do talude, formando paredes subverticais, incompatíveis com a resistência do solo.

Medidas preventivas:

- abatimento do talude;
- execução de proteção superficial;
- execução de obras de contenção pequenas e localizadas.

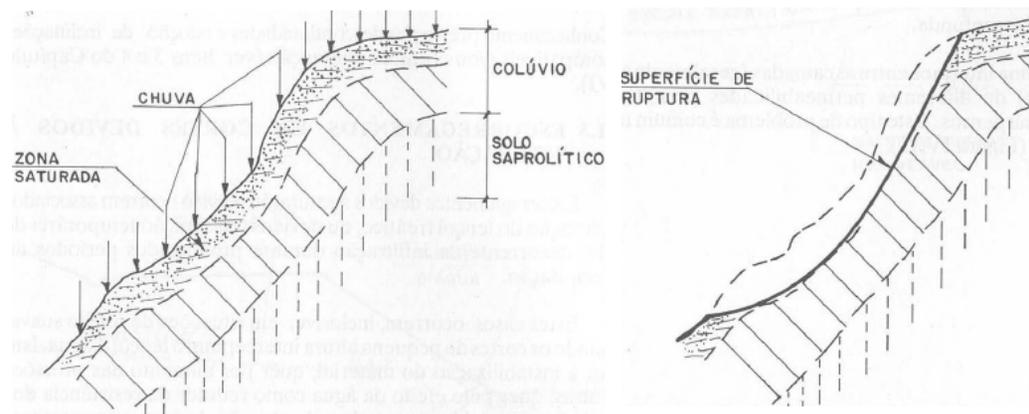


FIGURA IV.14 - Escorregamento devido à saturação do talude

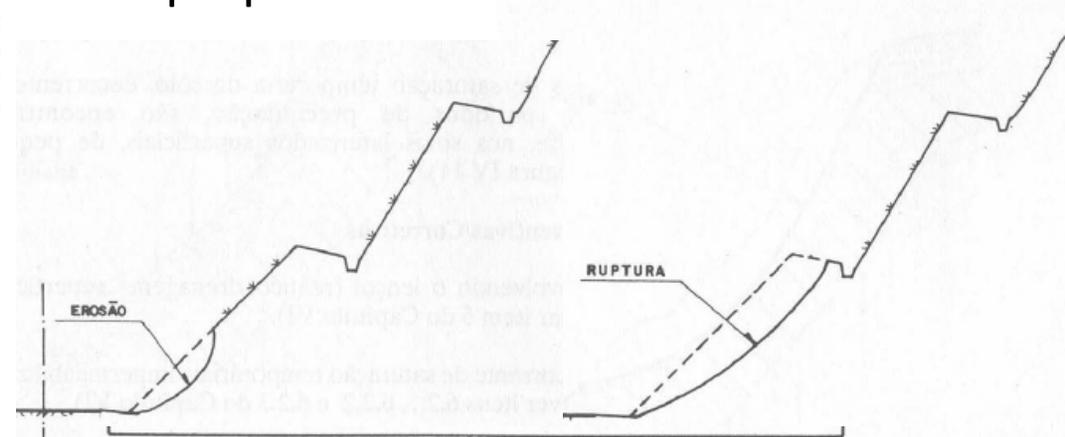


FIGURA IV.15 - Escorregamento devido à evolução da erosão

4.3.1 ESCORREGAMENTOS: EM CORTE

- *Devido à corpo de talus:* material heterogêneo; poroso. Encontrados nos anfiteatros das encostas, em áreas de baixa declividade.

Medidas preventivas:

- sistema de drenagem profunda e superficial;
- impermeabilização superficial;
- retaludamento e/ou obras de contenção.

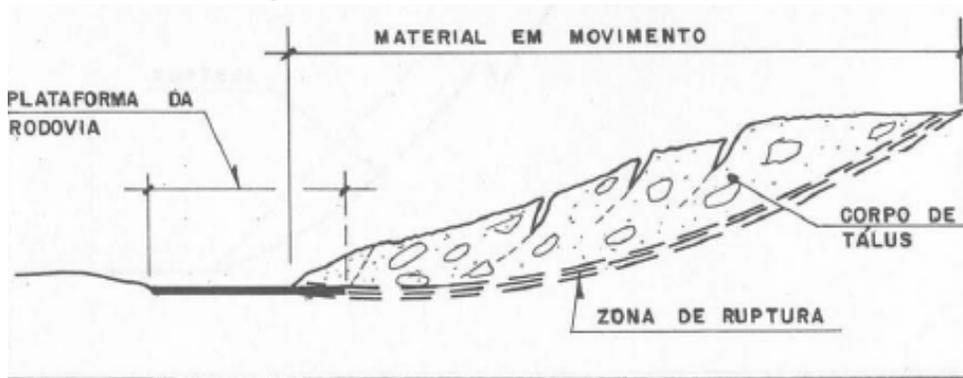


FIGURA IV.16 - Escorregamento em corpo de talus

4.3.2 ESCORREGAMENTOS: EM ATERRO

- *Devido à problemas de fundação:* sobrecarga do aterro sobre o talude interfere na estabilidade do maciço.

Medida preventiva:

- Adequado preparo do terreno para o aterro e remoção das camadas de solo vegetal e orgânico.

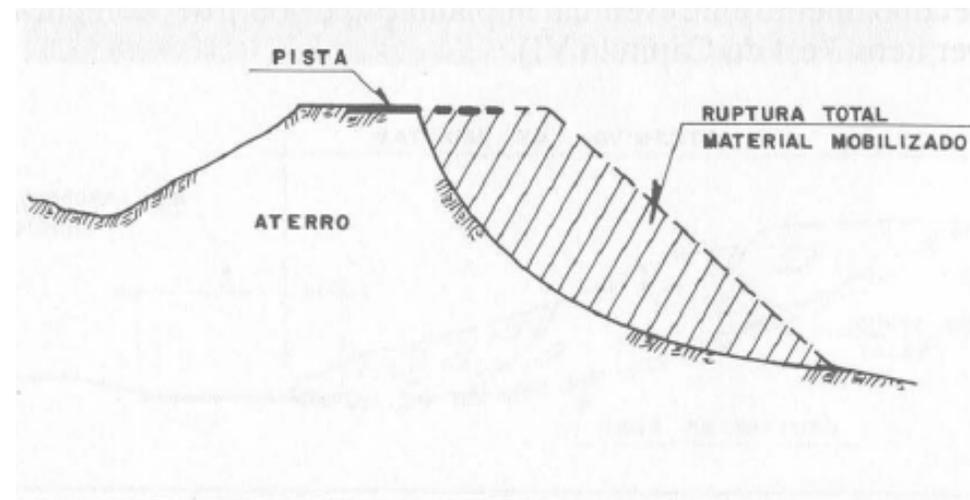


FIGURA IV.17 - Escorregamento em aterro

4.3.1 ESCORREGAMENTOS: EM CORTE

- *Devido à corpo de tálus:*



4.3.2 ESCORREGAMENTOS: EM ATERRO

- *Devido à problemas de fundação*



4.3.2 ESCORREGAMENTOS: EM ATERRO

- *Devido à problemas no corpo do aterro:* má compactação ou ausência, uso de materiais inadequados, associados a geometria e a deficiência ou inexistência de drenagem. Deve-se atentar para as bordas, pois são as mais afetadas.

Medidas preventivas: reconstrução do aterro com material de boa qualidade, bem compactado e implantação de sistema de drenagem.

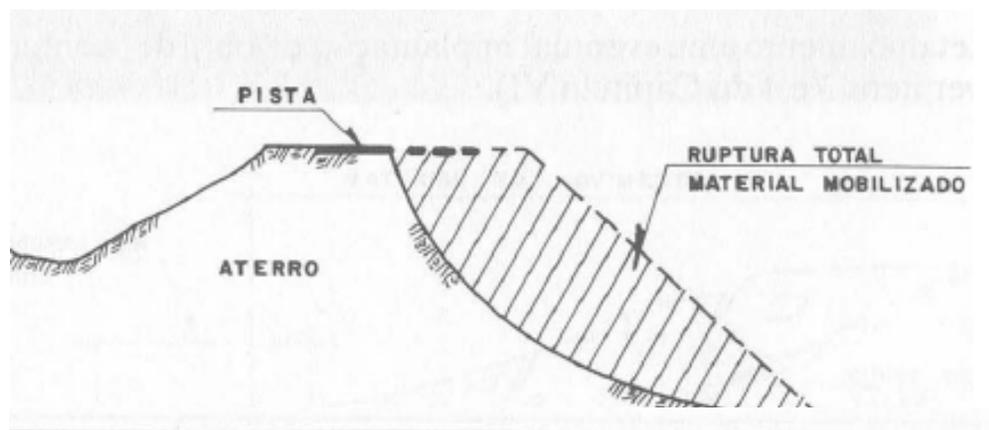


FIGURA IV.17 - Escorregamento em aterro

- *Devido à problemas com os sistemas de drenagem e proteção superficial:* danos aos dispositivos de drenagem e incorreto dimensionamento. Provocam infiltrações que levam à saturação e erosão em sulcos podendo levar à escorregamentos.

Medidas preventivas:

- Manutenção dos sistemas de drenagem, evitando os problemas e corrigindo-os em sua fase inicial;
- reconstrução do que já foi danificados;
- proteções devidas.

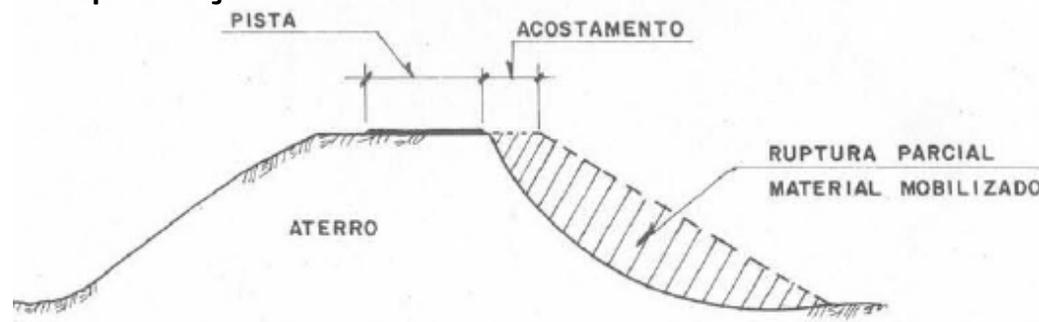


FIGURA IV.25 - Escorregamento parcial em aterro devido a problemas no sistema de drenagem

4.3.2 ESCORREGAMENTOS: EM ATERRO

- *Devido à problemas no corpo do aterro:*
- *Devido à problemas com os sistemas de drenagem e proteção superficial:*



4.3.1 ESCORREGAMENTOS: EM ATERRO

- *Devido à problemas travessia de corpo de drenagem:* quando interceptam linhas de drenagem natural (talvegues) devendo permitir a travessia da água ou por obras de arte, ou bueiros ou galerias. Se mal dimensionados podem gerar erosão interna (piping). Quando não permite a passagem da linha de drenagem há o represamento de água.

Medidas preventivas:

- sistema de proteção junto às entradas dos bueiros, remoção de vegetação de maior porte junto ao seu acesso e manutenção sistemática;
- reconstrução da obra, com dimensionamento adequado e proteções devidas.

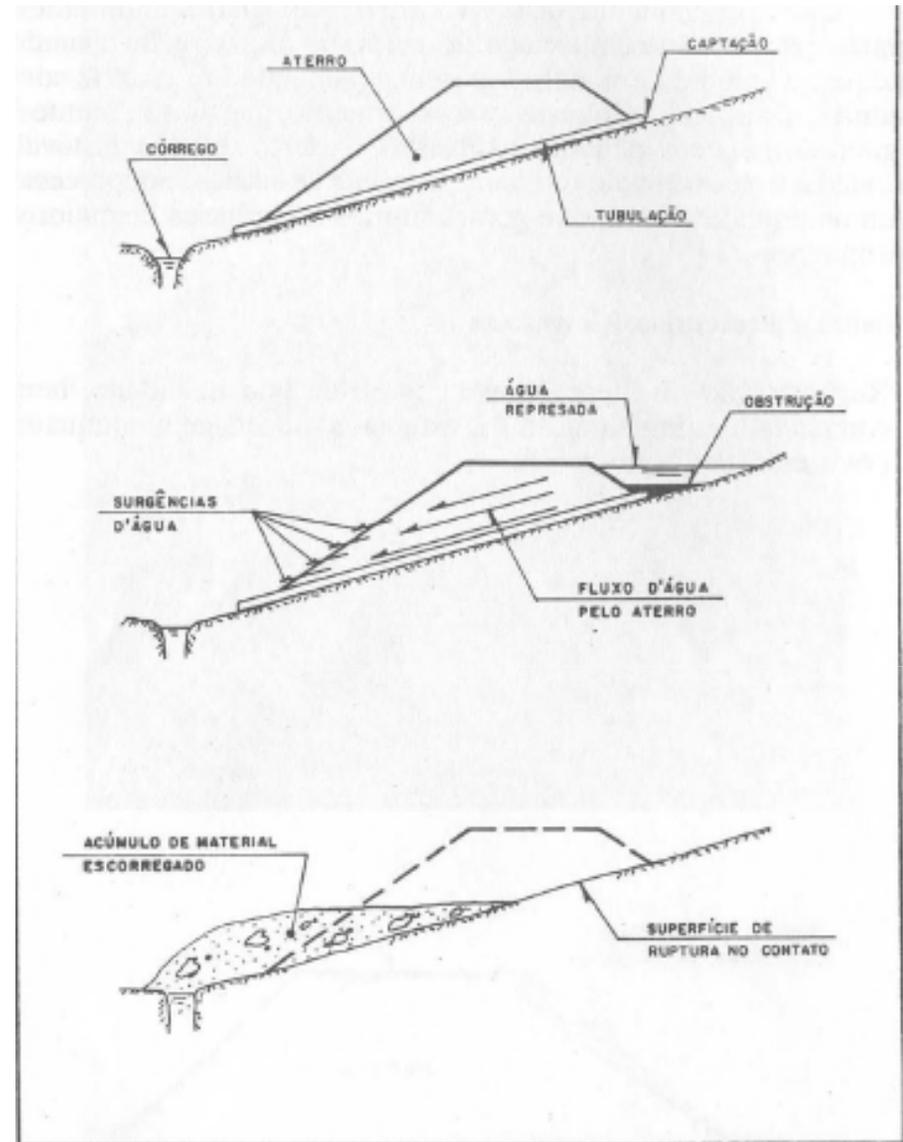


FIGURA IV.23 - Ruptura de talude motivada por obstrução de sistema de drenagem, infiltração d'água represada e fluxo através do maciço

5. RECALQUES EM ATERRO

Tipo de problema	Forma de ocorrência	Principais causas
Recalque em aterro	. deformação vertical da plataforma	. deficiência de fundação . deficiência de drenagem . rompimento de bueiro . compactação inadequada

Medidas preventivas: recomposição do aterro.

6. QUEDA DE BLOCOS

Tipo de problema	Forma de ocorrência	Principais causas
Queda de blocos	geralmente em queda livre	. ação da água e de raízes nas descontinuidades do maciço rochoso

Medidas preventivas:

situação 1: remoção manual e individual de blocos instáveis; fixação dos blocos instáveis com chumbadores ou tirantes; proteção com tela metálica com ou sem gunita.

Situação 2: impedimento de umedecimento e secagem através de proteção superficial com compactação de solo compactado.

7. ROLAMENTO DE BLOCOS

Tipo de problema	Forma de ocorrência	Principais causas
Rolamento de blocos	movimento de bloco por rolamento no corte ou encosta	. descalçamento da base por erosão

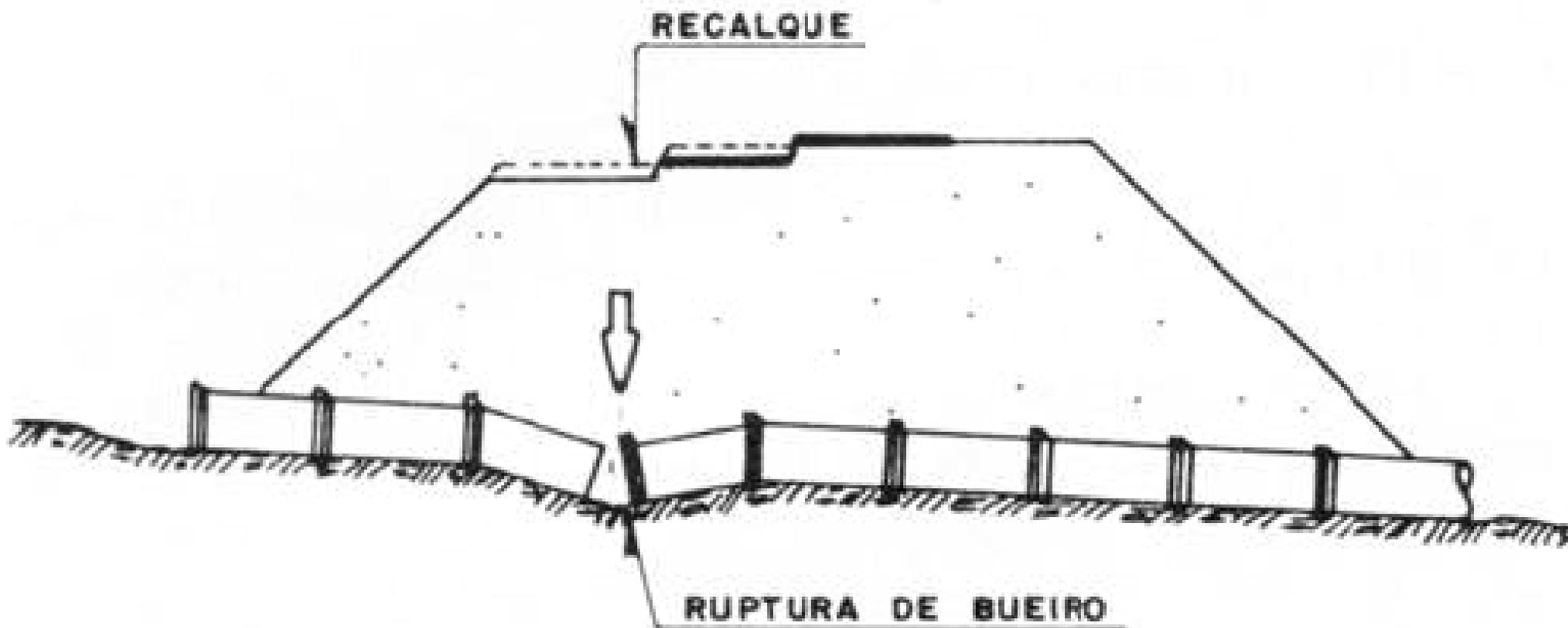
Medidas preventivas:

- proteção da área de apoio do bloco com implantação de sistemas de drenagem e proteção superficial; desmonte e remoção; fixação do bloco por chumbadores ou tirantes.

5. RECALQUES EM ATERRO

Tipo de problema	Forma de ocorrência	Principais causas
Recalque em aterro	. deformação vertical da plataforma	. deficiência de fundação . deficiência de drenagem . rompimento de bueiro . compactação inadequada

Medidas preventivas: recomposição do aterro.



6. QUEDA DE BLOCOS

Tipo de problema	Forma de ocorrência	Principais causas
Queda de blocos	geralmente em queda livre	ação da água e de raízes nas descontinuidades do maciço rochoso

Medidas preventivas:

situação 1: remoção manual e individual de blocos instáveis; fixação dos blocos instáveis com chumbadores ou tirantes; proteção com tela metálica com ou sem gunita.

Situação 2: impedimento de umedecimento e secagem através de proteção superficial com tela e gunita ou do confinamento do talude, com camada de solo compactado.

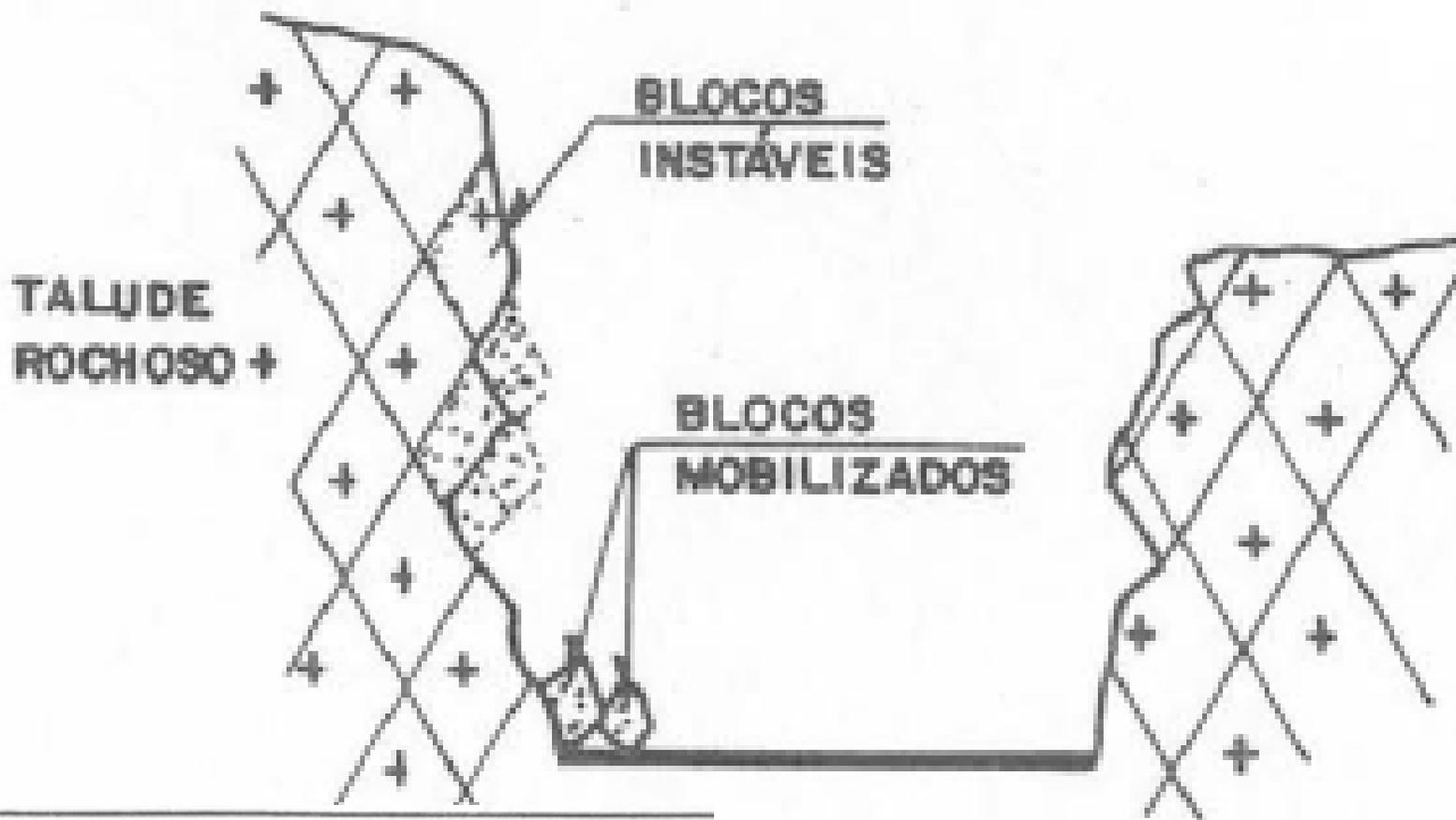


FIGURA IV.27 - Queda de blocos em taludes de rochas ígneas

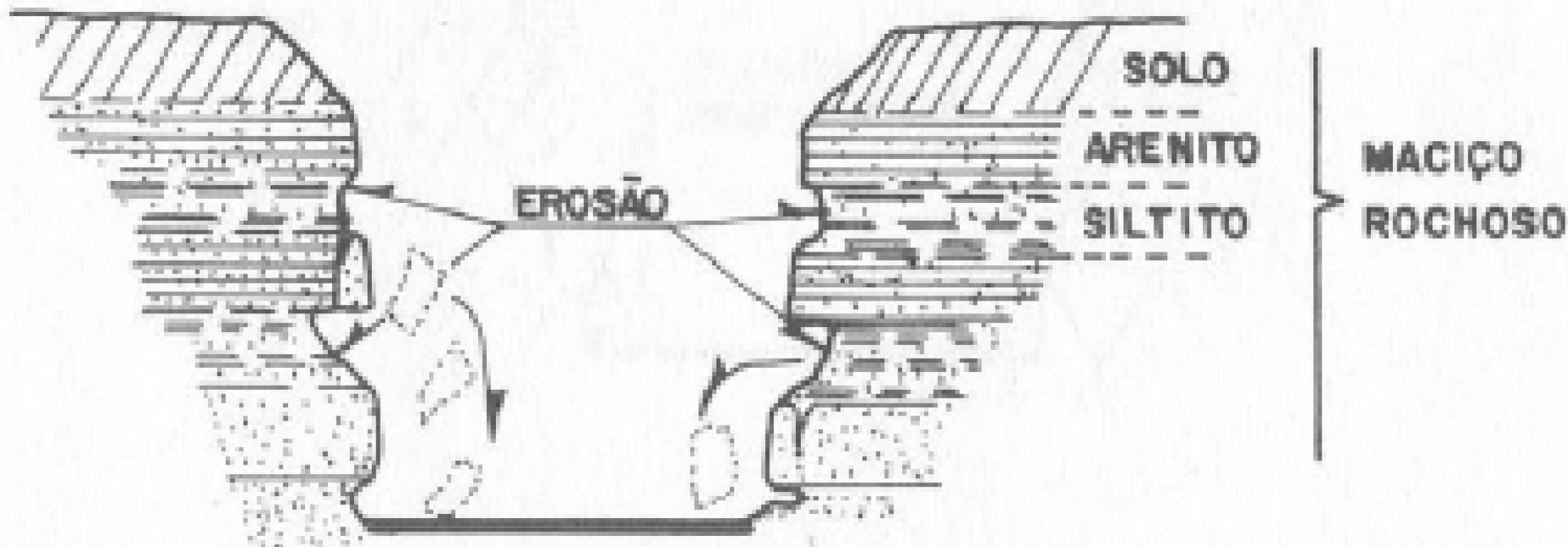


FIGURA IV.28 - Queda de blocos em taludes de rochas sedimentares

7. ROLAMENTO DE BLOCOS

Tipo de problema	Forma de ocorrência	Principais causas
Rolamento de blocos	movimento de bloco por rolamento no corte ou encosta	descaçamento da base por erosão

Medidas preventivas:

- proteção da área de apoio do bloco com implantação de sistemas de drenagem e proteção superficial; desmonte e remoção; fixação do bloco por chumbadores ou tirantes.

CAPÍTULO V: PROCEDIMENTOS PARA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

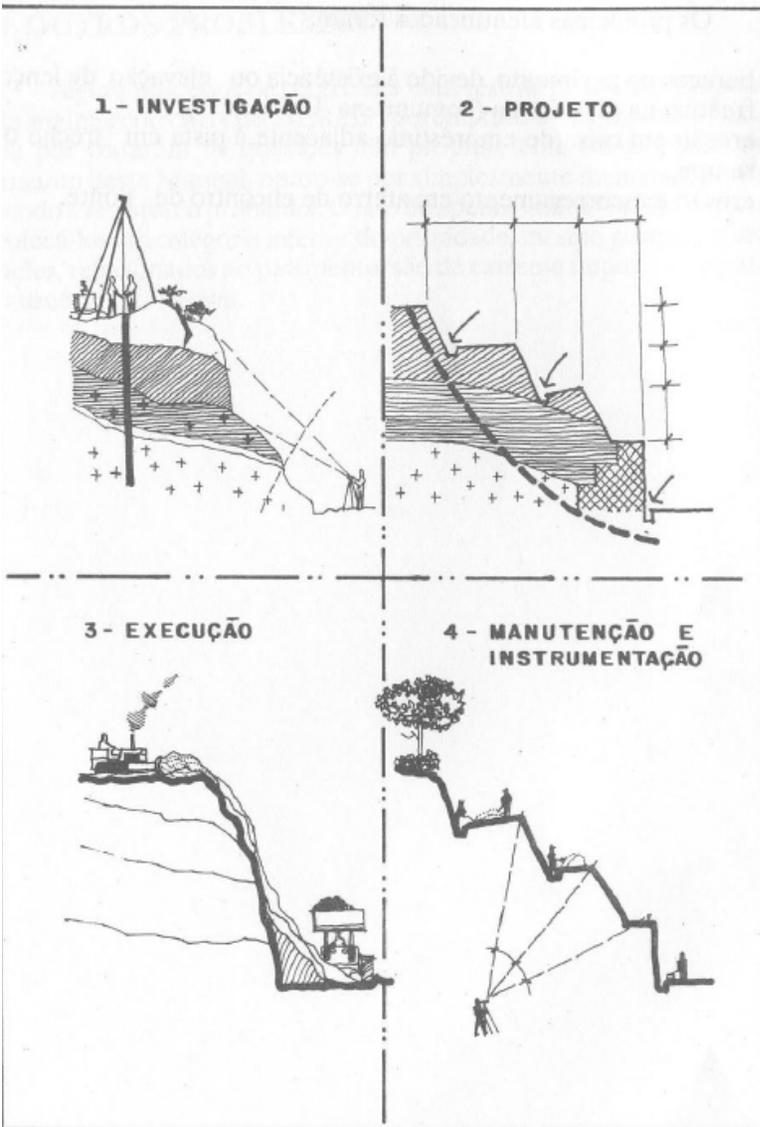


FIGURA V.1 - Principais fases de trabalho na estabilização de taludes

A) Investigação: Identificação da fenomenologia dos processos de instabilização que ocorreram, ocorrem ou poderão vir a ocorrer no talude. Caracterização dos condicionantes litológico, estrutural e geomorfológico além de clima, vegetação e ação antrópica.

B) Projeto: concepção e elaboração do projeto de contenção com base nos estudos investigativos, levando em conta fatores de ordem econômica e técnica. Qual a melhor solução? Partir sempre das soluções mais simples e de menor custo.

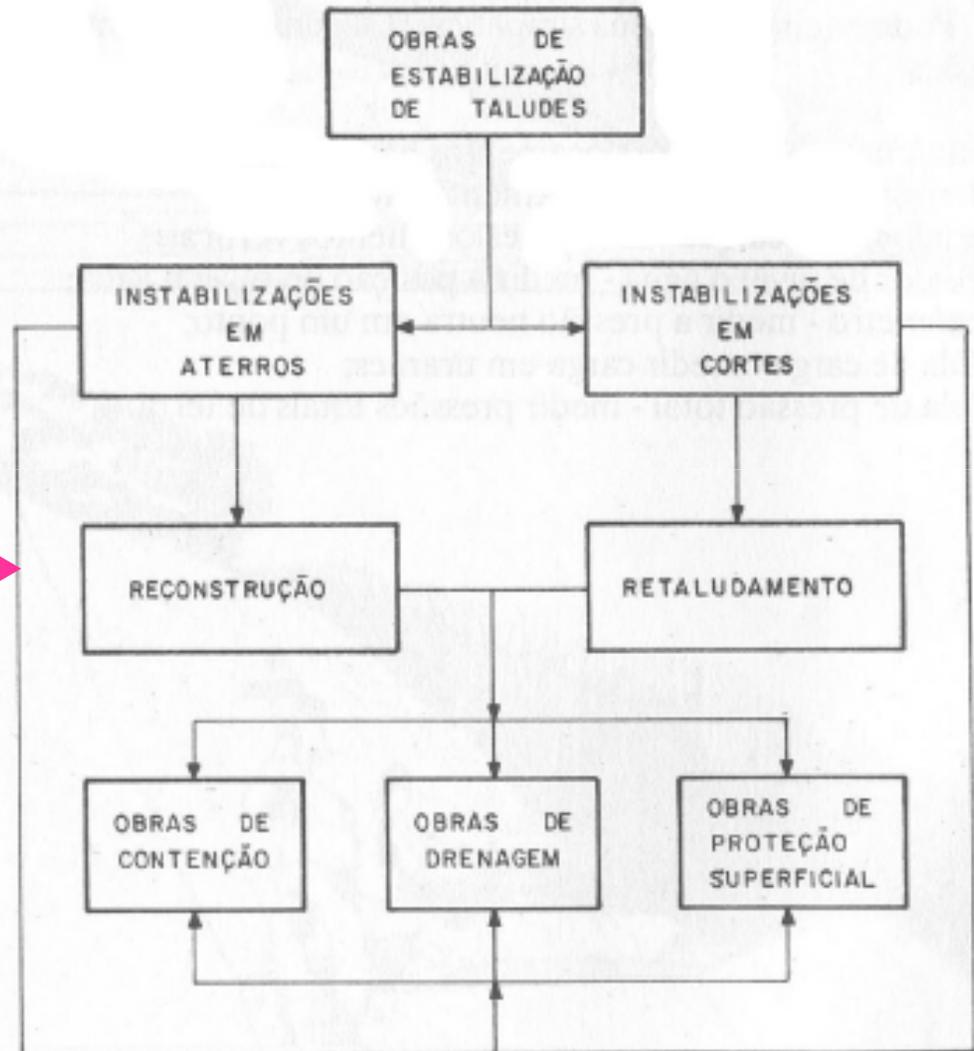
C) Execução: a partir da escolha da melhor solução iniciam-se as fases de implantação do(s) método(s) a ser(em) aplicado(s) no talude. Vale lembrar que ocorrem adaptações ao projeto e por isso é essencial o acompanhamento, fiscalização e vistoria técnica.

D) Manutenção e Instrumentação: acompanhamento periódico da estrutura executada e manutenção preventiva e corretiva quando necessário. Vale lembrar que um grande problema nasceu pequeno e foi evoluindo.

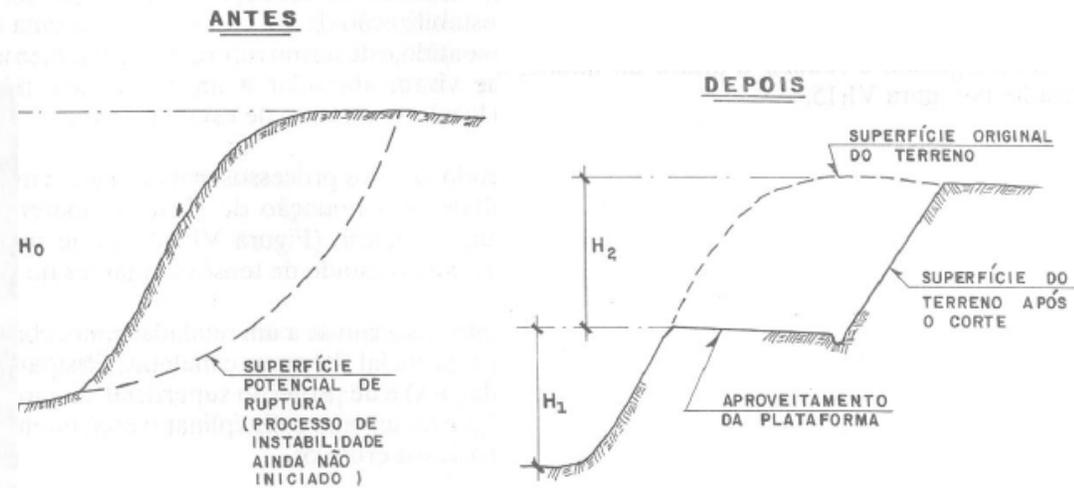
CAPÍTULO VI: OBRAS DE ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

A **solução** deve **considerar** os estudos, as características do meio físico e os processos de instabilização envolvidos. Optar pela solução mais simples e econômica.

- Escolha da jazida de solo e tratamento;
- Limpeza do terreno/preparo da fundação;
- Estocagem do solo superficial e do solo com matéria orgânica;
- Preparação da superfície de contato entre o terreno natural e o aterro em degraus;
- Implantação de drenagem de base e superficial e prot. vegetal;
- Compactação, deixando faixa de 0,5m ao longo do talude para posterior remoção;
- Evitar apoiar em solo mole;



2. RETALUDAMENTO



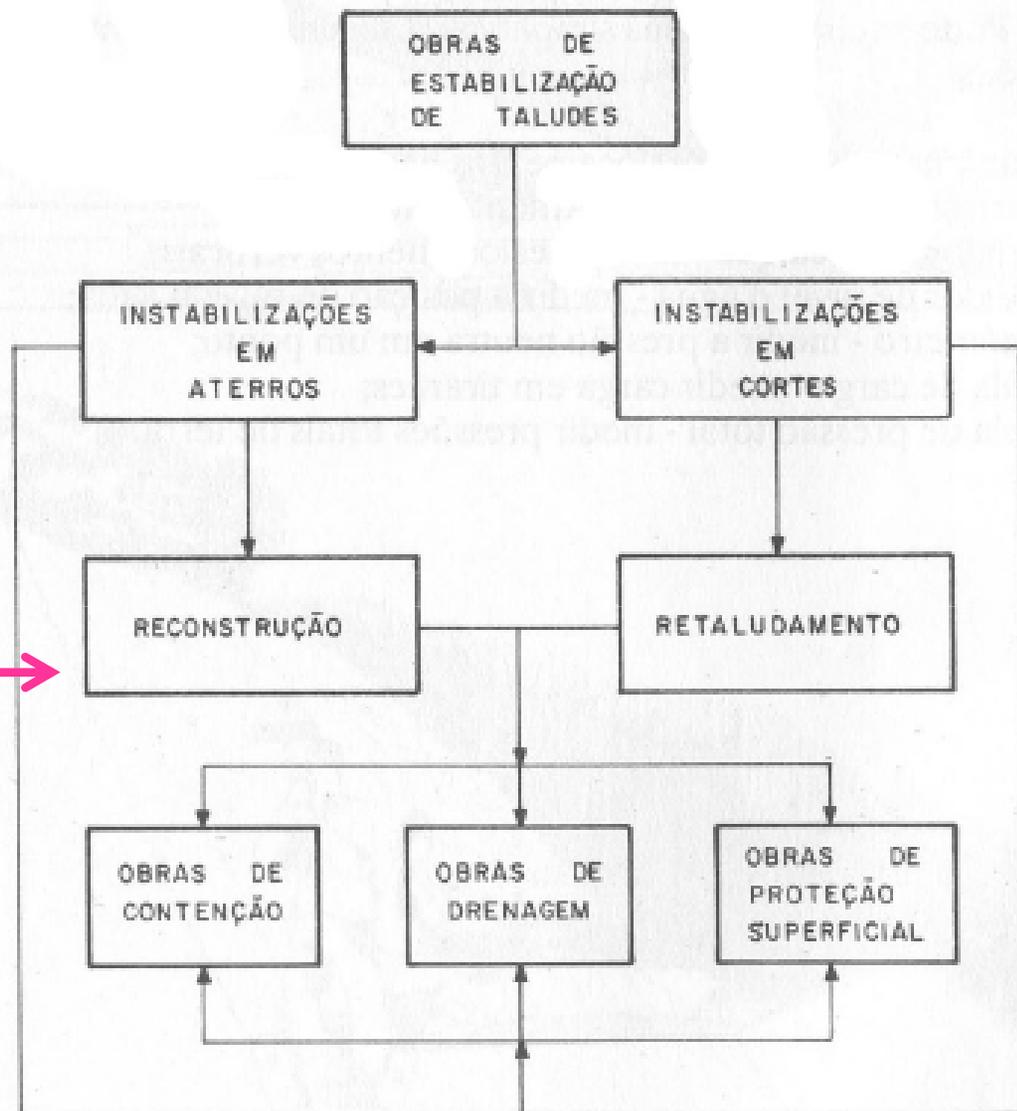
- Processo de terraplenagem (corte ou aterro) alteração dos taludes naturais para abrandar a inclinação e estabiliza-los;
- Associar obras de controle de drenagem e proteção superficial para reduzir a infiltração d'água e disciplinar o escoamento superficial, inibindo os processos erosivos;
- JAZIDAS: minimizar os impactos negativos no meio ambiente, não intervir no aspecto paisagístico respeitando as reservas florestais e áreas de proteção de mananciais.

3. OBRAS DE CONTENÇÃO

estruturas que **oferecem resistência** à movimentação ou à sua ruptura, ou ainda que **reforçam** uma parte do maciço, de modo que esta parte possa resistir aos esforços tendentes à instabilização do mesmo.

Podem ser classificadas em:

- **muros de arrimo;**
- **obras especiais de estabilização;**
- **soluções alternativas em aterro.**



3. OBRAS DE CONTENÇÃO: Muro de arrimo

Muros de contenção tipo gravidade, ou seja, a reação ao empuxo do solo é proporcionada pelo peso do muro e pelo atrito em sua fundação, função direta deste peso.

Podem ser:

- **Muro de pedra seca ou armagassada;**
- ***Crib-walls*** (caixa de concreto preenchida com terra);
- **Gabiões** (caixas de arame galvanizado preenchidas com pedras, justapostas e costurados com arame);
- **Muros de arrimo de solo- cimentado ensacado** (usado para proteger superficialmente o talude ou construir muros de arrimo de gravidade);
- **Muro de concreto armado** (execução de aterro ou reaterro, para estabilidade precisa do peso próprio + peso do solo adjacente).

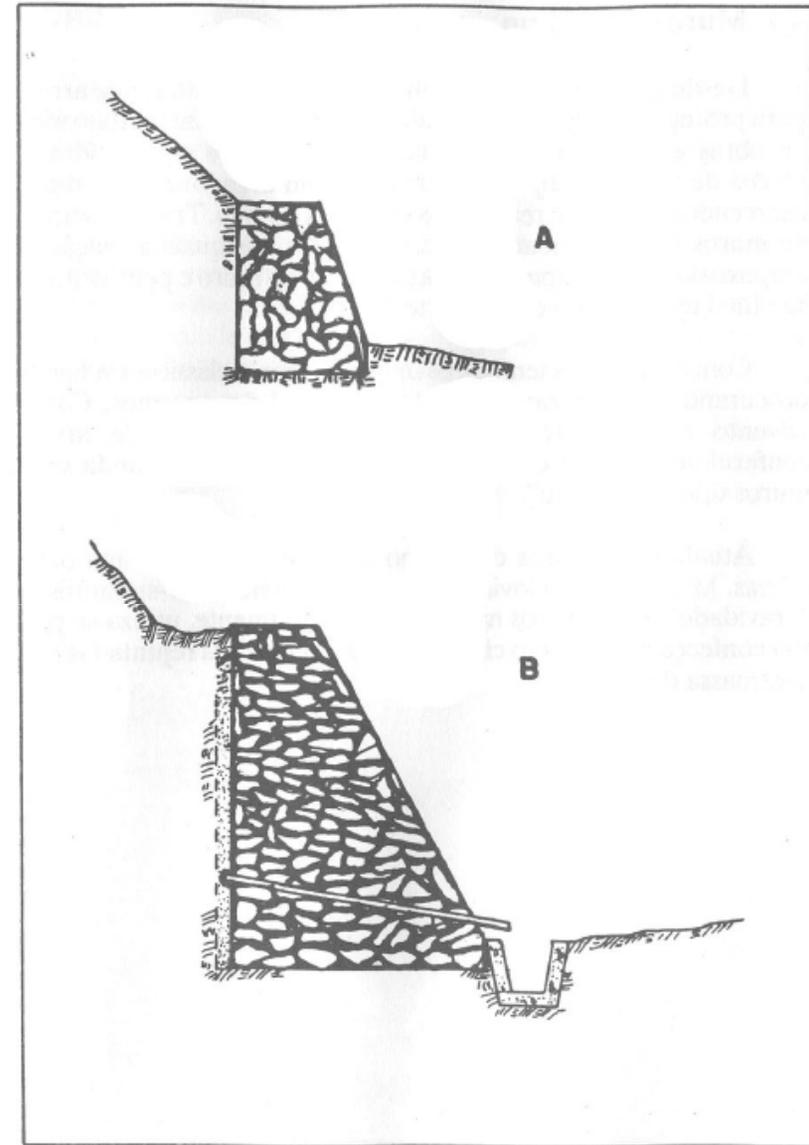


FIGURA VI.18 - Muros tipo "gravidade". A - de pedra seca; B - de pedra argamassada

3. OBRAS DE CONTENÇÃO: Muro de arrimo

Muros de contenção tipo gravidade, ou seja, a reação ao empuxo do solo é proporcionada pelo peso do muro e pelo atrito em sua fundação, função direta deste peso.

Podem ser:

- **Muro de pedra seca ou armagassada;**
- ***Crib-walls*** (caixa de concreto preenchida com terra);
- **Gabiões** (caixas de arame galvanizado preenchidas com pedras, justapostas e costurados com arame);
- **Muros de arrimo de solo- cimentado ensacado** (usado para proteger superficialmente o talude ou construir murros de arrimo de gravidade);
- **Muro de concreto armado** (execução de aterro ou reaterro, para estabilidade precisa do peso próprio + peso do solo adjacente).

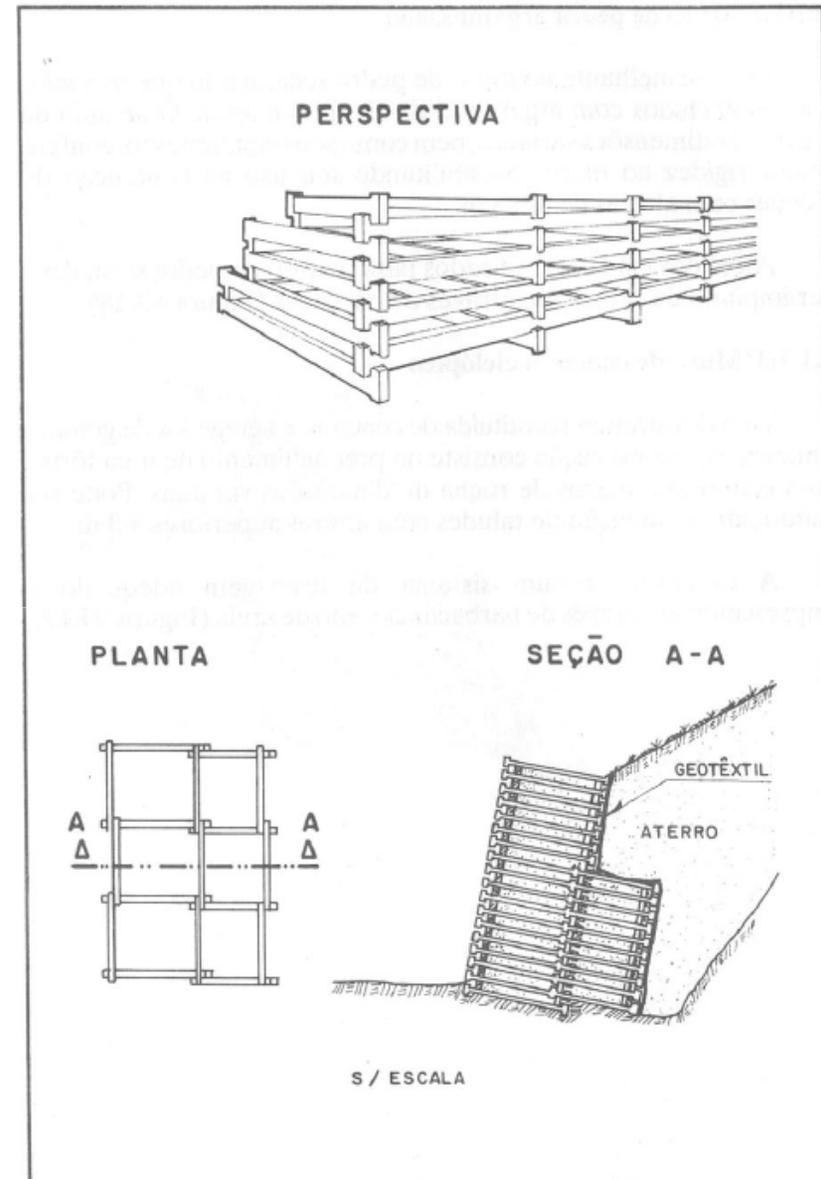


FIGURA VI.20 - Contenção com *crib-walls*

3. OBRAS DE CONTENÇÃO: Muro de arrimo

Muros de contenção tipo gravidade, ou seja, a reação ao empuxo do solo é proporcionada pelo peso do muro e pelo atrito em sua fundação, função direta deste peso.

Podem ser:

- **Muro de pedra seca ou armagassada;**
- ***Crib-walls*** (caixa de concreto preenchida com terra);
- **Gabiões** (caixas de arame galvanizado preenchidas com pedras, justapostas e costurados com arame);
- **Muros de arrimo de solo- cimentado ensacado** (usado para proteger superficialmente o talude ou construir murros de arrimo de gravidade);
- **Muro de concreto armado** (execução de aterro ou reaterro, para estabilidade precisa do peso próprio + peso do solo adjacente).

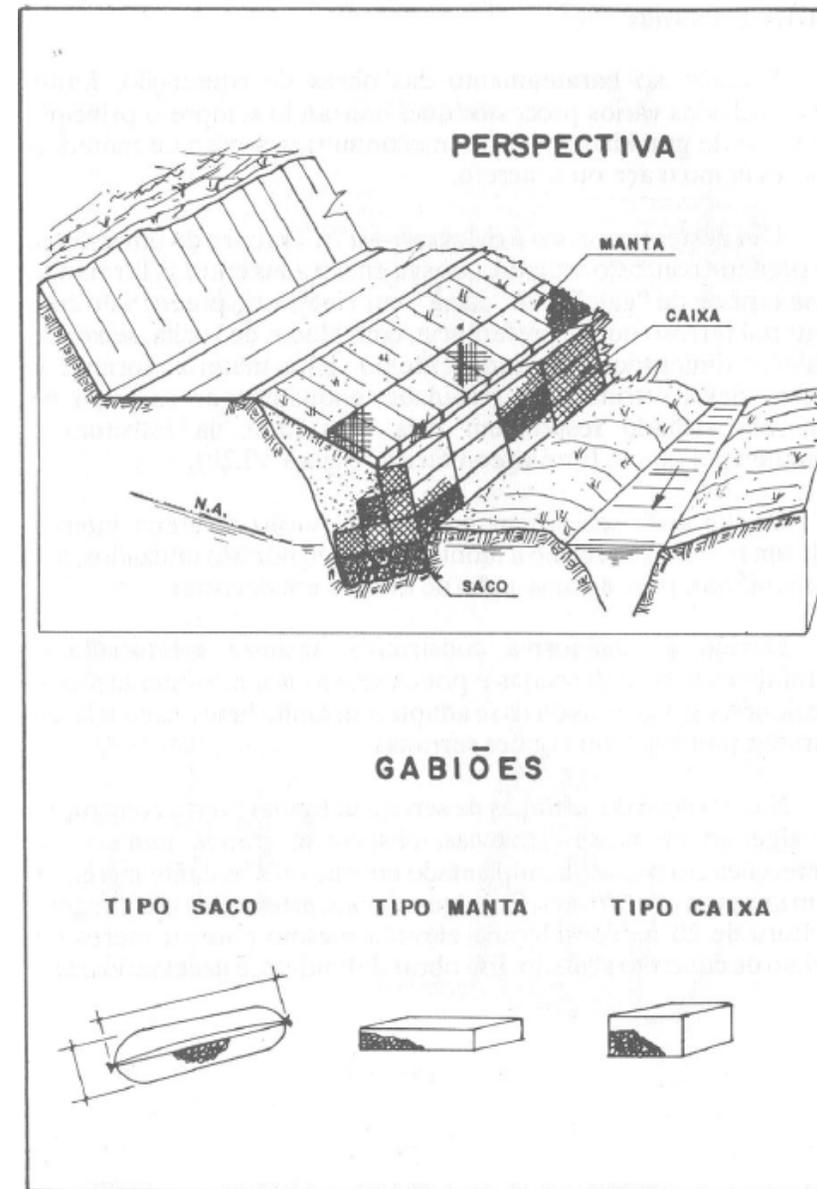


FIGURA VI.21 - Contenção com gabiões

3. OBRAS DE CONTENÇÃO: Muro de arrimo

Muros de contenção tipo gravidade, ou seja, a reação ao empuxo do solo é proporcionada pelo peso do muro e pelo atrito em sua fundação, função direta deste peso.

Podem ser:

- **Muro de pedra seca ou armagassada;**
- ***Crib-walls*** (caixa de concreto preenchida com terra);
- **Gabiões** (caixas de arame galvanizado preenchidas com pedras, justapostas e costurados com arame);
- **Muros de arrimo de solo- cimentado ensacado** (usado para proteger superficialmente o talude ou construir muros de arrimo de gravidade);
- **Muro de concreto armado** (execução de aterro ou reaterro, para estabilidade precisa do peso próprio + peso do solo adjacente).

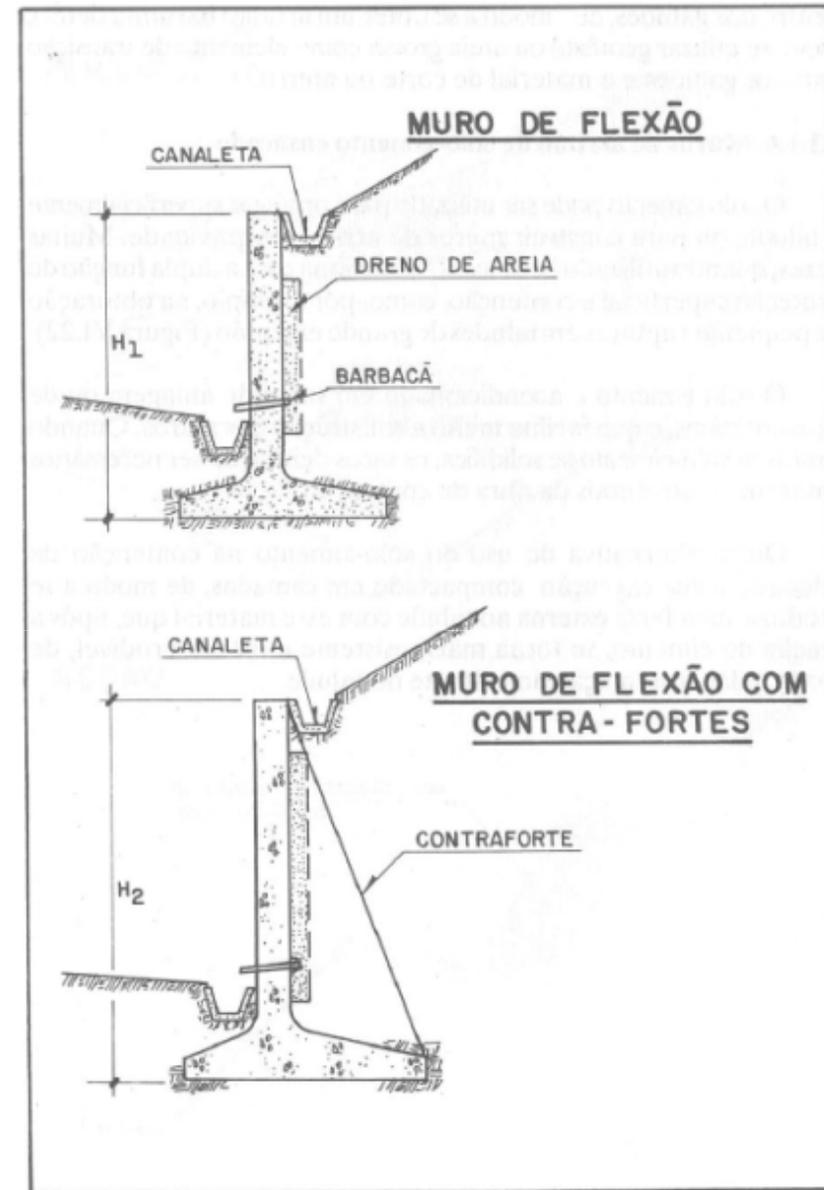


FIGURA VI.23 - Muros de concreto armado tipo flexão

3. OBRAS DE CONTENÇÃO: Obras especiais de estabilização

- **Tirantes** (ancorar massas de solo ou blocos de pedras) e **chumbadores** (conter blocos isolados ou fixar obras de concreto armado);
- **Cortinas atirantadas:** execução de elementos verticais ou subverticais de concreto armado, que funcionam como paramento e que são ancorados no substrato resistente do maciço através de tirantes protendidos. É um dos processos mais utilizados apesar do alto custo. Em corte iniciam o processo de cima para baixo e em aterro de baixo pra cima;
- **Terra armada:** associação de solo compactado e armaduras, completada por um paramento externo composto de placas, denominado pele;
- **Aterro reforçado com geotêtil:** solo e manta geotêxtil. Cabe a ela além do confinamento do solo junto à face externa, resistir aos esforços de tração desenvolvidos no maciço. Proteger manta do sol.

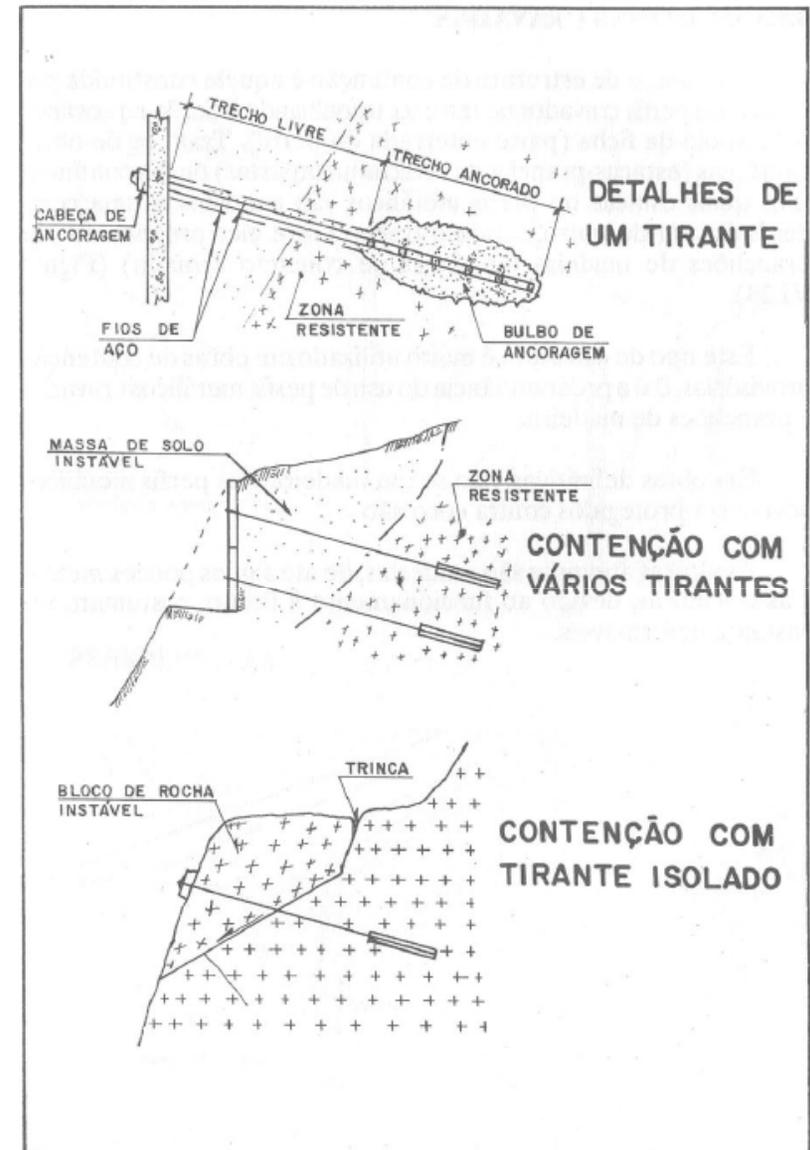


FIGURA VI.25 - Detalhes de um tirante e exemplos de aplicação

3. OBRAS DE CONTENÇÃO: Obras especiais de estabilização

- **Tirantes** (ancorar massas de solo ou blocos de pedras) e **chumbadores** (conter blocos isolados ou fixar obras de concreto armado);
- **Cortinas atirantadas:** execução de elementos verticais ou subverticais de concreto armado, que funcionam como paramento e que são ancorados no substrato resistente do maciço através de tirantes protendidos. É um dos processos mais utilizados apesar do alto custo. Em corte iniciam o processo de cima para baixo e em aterro de baixo pra cima;
- **Terra armada:** associação de solo compactado e armaduras, completada por um paramento externo composto de placas, denominado pele;
- **Aterro reforçado com geotêtil:** solo e manta geotêxtil. Cabe a ela além do confinamento do solo junto à face externa, resistir aos esforços de tração desenvolvidos no maciço. Proteger manta do sol.

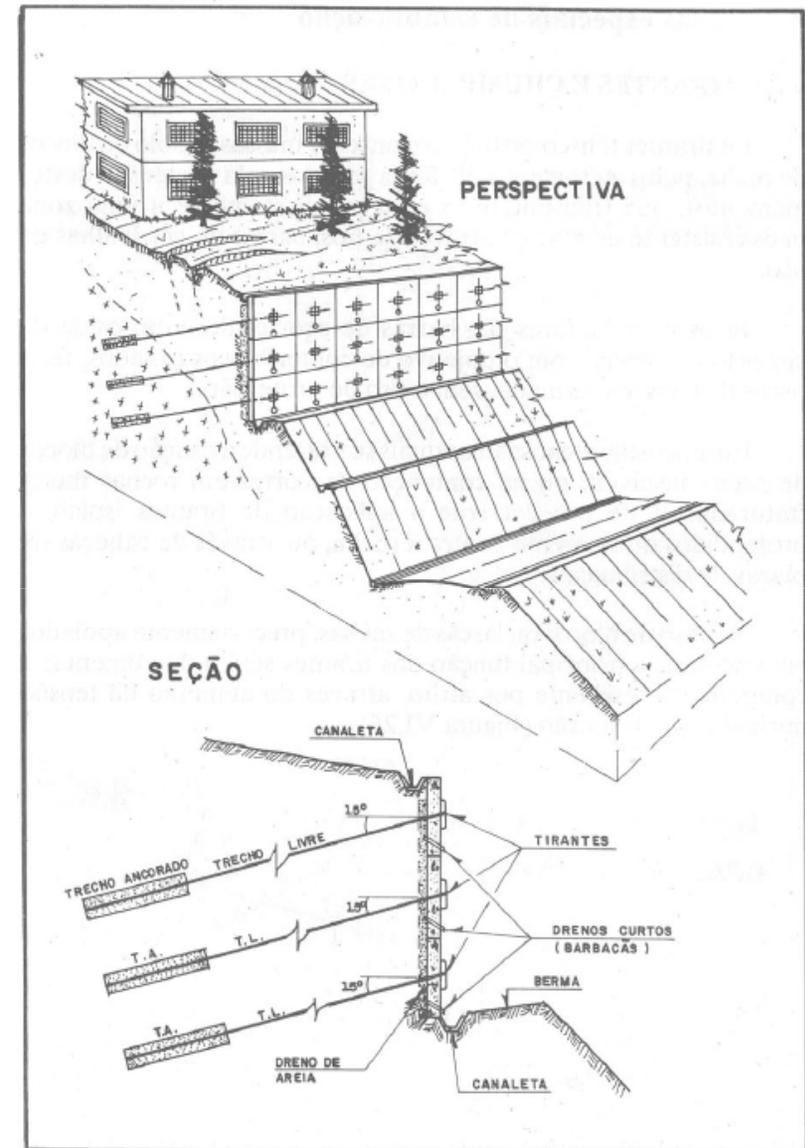


FIGURA VI.26 - Exemplo de aplicação de uma cortina atirantada

3. OBRAS DE CONTENÇÃO: Obras especiais de estabilização

- **Tirantes** (ancorar massas de solo ou blocos de pedras) e **chumbadores** (conter blocos isolados ou fixar obras de concreto armado);
- **Cortinas atirantadas:** execução de elementos verticais ou subverticais de concreto armado, que funcionam como paramento e que são ancorados no substrato resistente do maciço através de tirantes protendidos. É um dos processos mais utilizados apesar do alto custo. Em corte iniciam o processo de cima para baixo e em aterro de baixo pra cima;
- **Terra armada:** associação de solo compactado e armaduras, completada por um paramento externo composto de placas, denominado pele;
- **Aterro reforçado com geotêtil:** solo e manta geotêxtil. Cabe a ela além do confinamento do solo junto à face externa, resistir aos esforços de tração desenvolvidos no maciço. Proteger manta do sol.

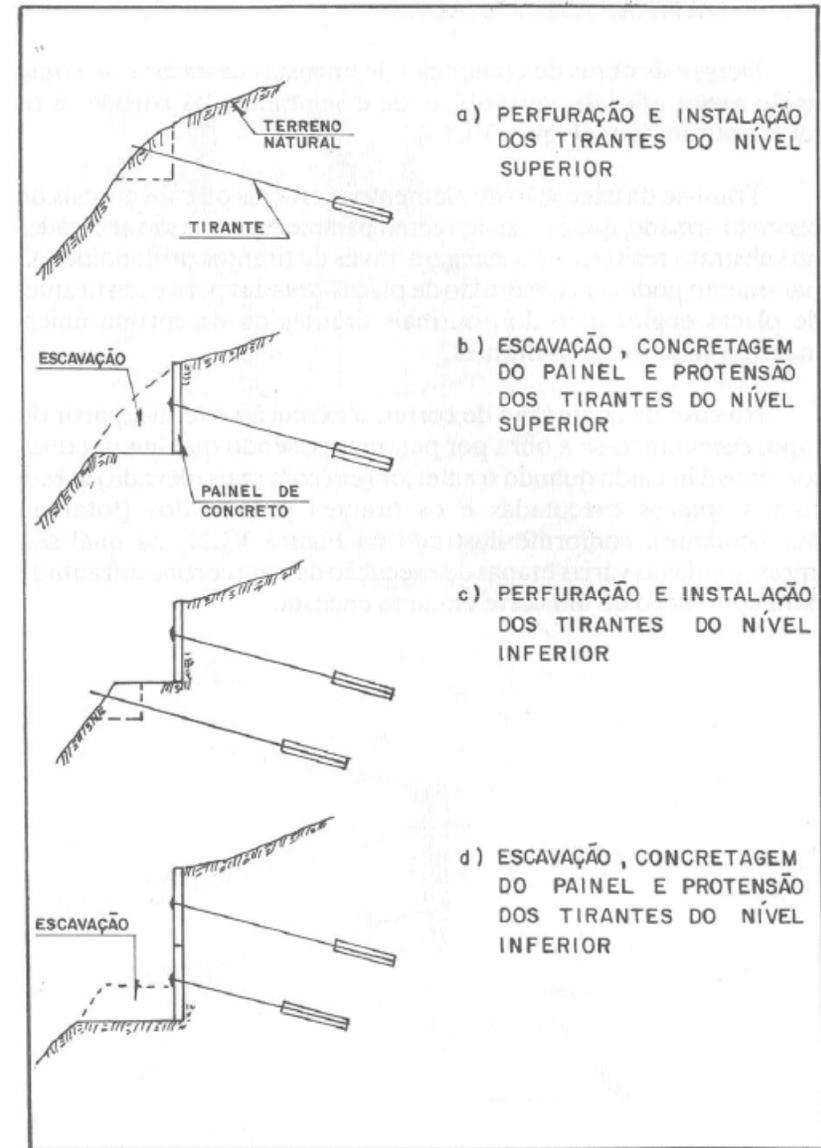


FIGURA VI.27 - Sequência construtiva, simplificada, de cortinas atirantadas na contenção de cortes

3. OBRAS DE CONTENÇÃO: Obras especiais de estabilização

- **Tirantes** (ancorar massas de solo ou blocos de pedras) e **chumbadores** (conter blocos isolados ou fixar obras de concreto armado);
- **Cortinas atirantadas:** execução de elementos verticais ou subverticais de concreto armado, que funcionam como paramento e que são ancorados no substrato resistente do maciço através de tirantes protendidos. É um dos processos mais utilizados apesar do alto custo. Em corte iniciam o processo de cima para baixo e em aterro de baixo pra cima;
- **Terra armada:** associação de solo compactado e armaduras, completada por um paramento externo composto de placas, denominado pele;
- **Aterro reforçado com geotêtil:** solo e manta geotêxtil. Cabe a ela além do confinamento do solo junto à face externa, resistir aos esforços de tração desenvolvidos no maciço. Proteger manta do sol.

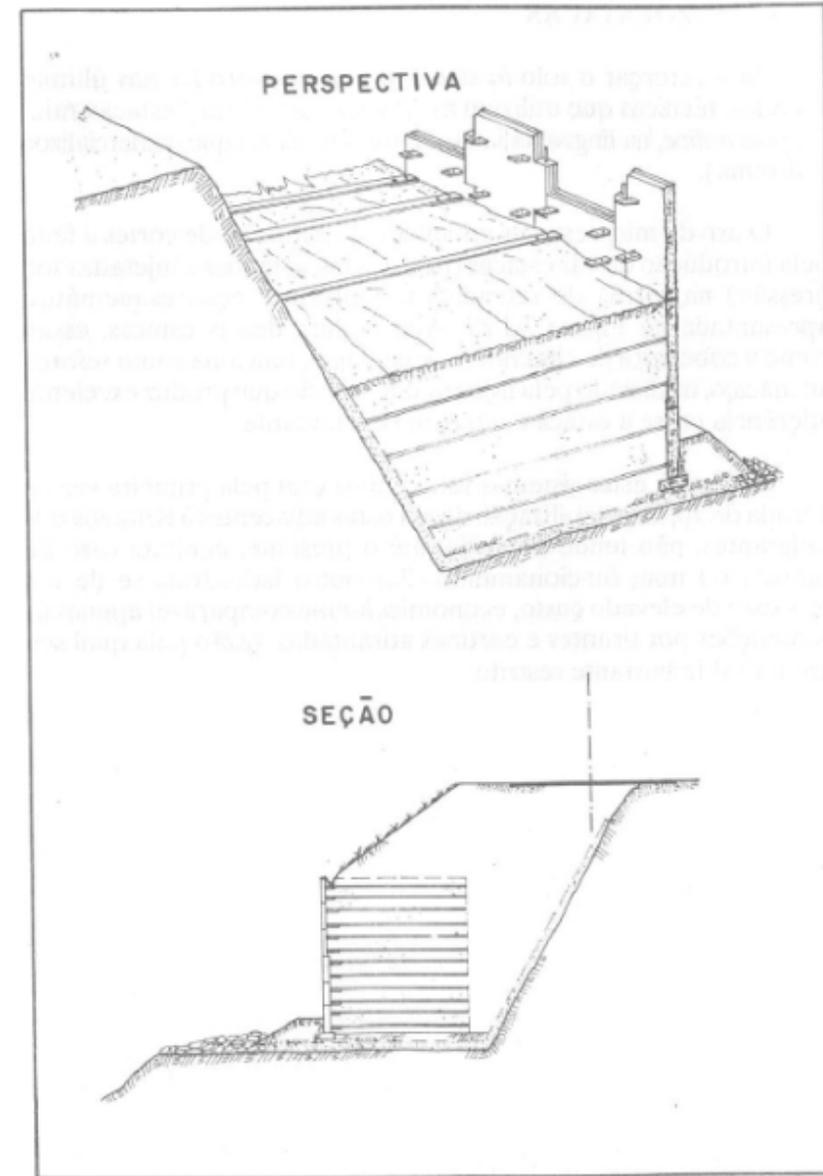


FIGURA VI.30 - Detalhes de uma "terra armada"

3. OBRAS DE CONTENÇÃO: Obras especiais de estabilização

- **Tirantes** (ancorar massas de solo ou blocos de pedras) e **chumbadores** (conter blocos isolados ou fixar obras de concreto armado);
- **Cortinas atirantadas:** execução de elementos verticais ou subverticais de concreto armado, que funcionam como paramento e que são ancorados no substrato resistente do maciço através de tirantes protendidos. É um dos processos mais utilizados apesar do alto custo. Em corte iniciam o processo de cima para baixo e em aterro de baixo pra cima;
- **Terra armada:** associação de solo compactado e armaduras, completada por um paramento externo composto de placas, denominado pele;
- **Aterro reforçado com geotêxtil:** solo e manta geotêxtil. Cabe a ela além do confinamento do solo junto à face externa, resistir aos esforços de tração desenvolvidos no maciço. Proteger manta do sol.

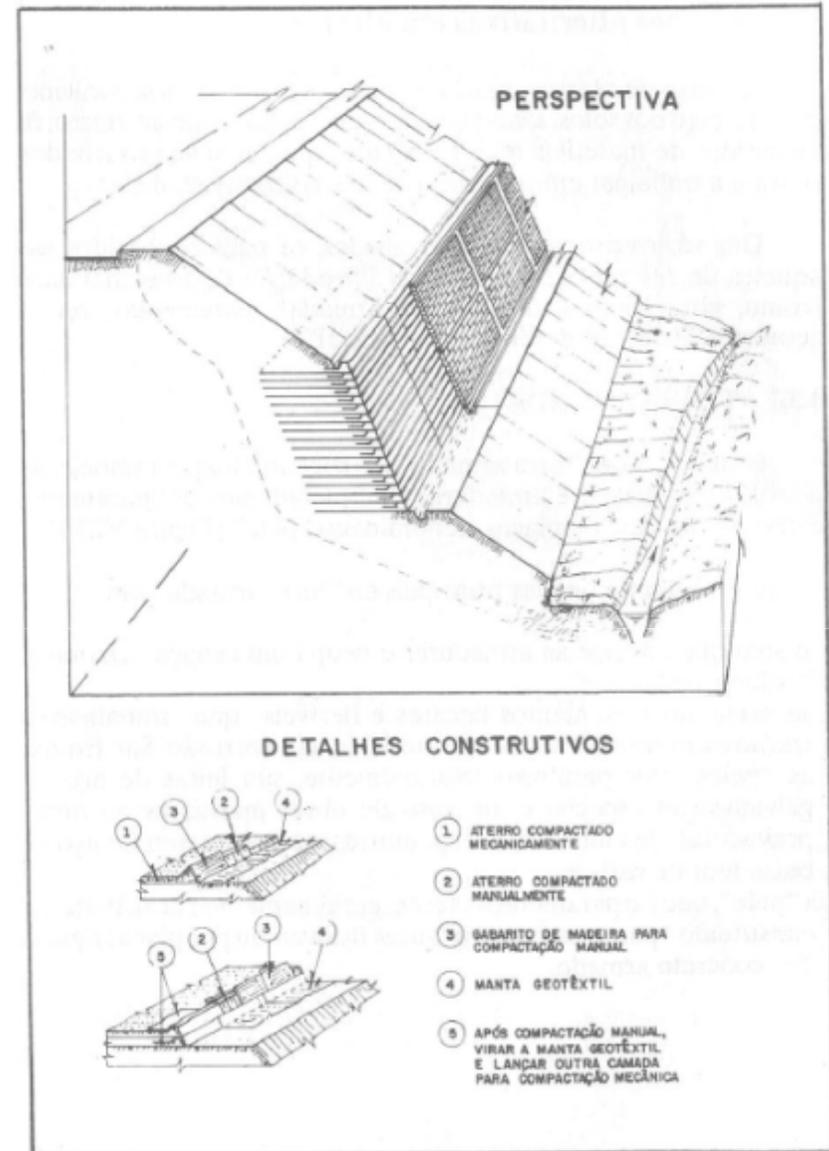


FIGURA VI.31 - Exemplo de utilização de aterro reforçado com geotêxtil e detalhes construtivos

4. OBRAS DE DRENAGEM

finalidade de **captação e direcionamento das águas do escoamento superficial**, bem como a **retirada da água de percolação interna do maciço**. Representa um dos **procedimentos mais eficientes e de mais larga utilização** na estabilização de todos os tipos de taludes, tanto nos casos em que a drenagem é utilizada como único recurso, quanto naqueles em que ela é um recurso adicional, utilizado conjuntamente com obras de contenção, retaludamento ou proteções diversas.

Podem ser:

* Drenagem superficial * Drenagem profunda

Drenagem superficial

Consiste na captação do escoamento das águas superficiais através de canaletas, valetas, sarjetas ou caixas de captação e, em seguida, condução destas águas para um local conveniente. De trechos em trechos são instalados dissipadores de energia ou elementos de proteção, objetivando reduzir a força erosiva das águas, evitar o transbordamento dos condutos e impedir a formação de bloqueios ou obstruções. Geralmente são associados a serviços de proteção superficial dos taludes e das bermas, tais como revestimentos impermeabilizantes ou revestimentos vegetais (principalmente gramíneas).

4. OBRAS DE DRENAGEM: superficial

1. Canaletas longitudinais de berma (patamares):

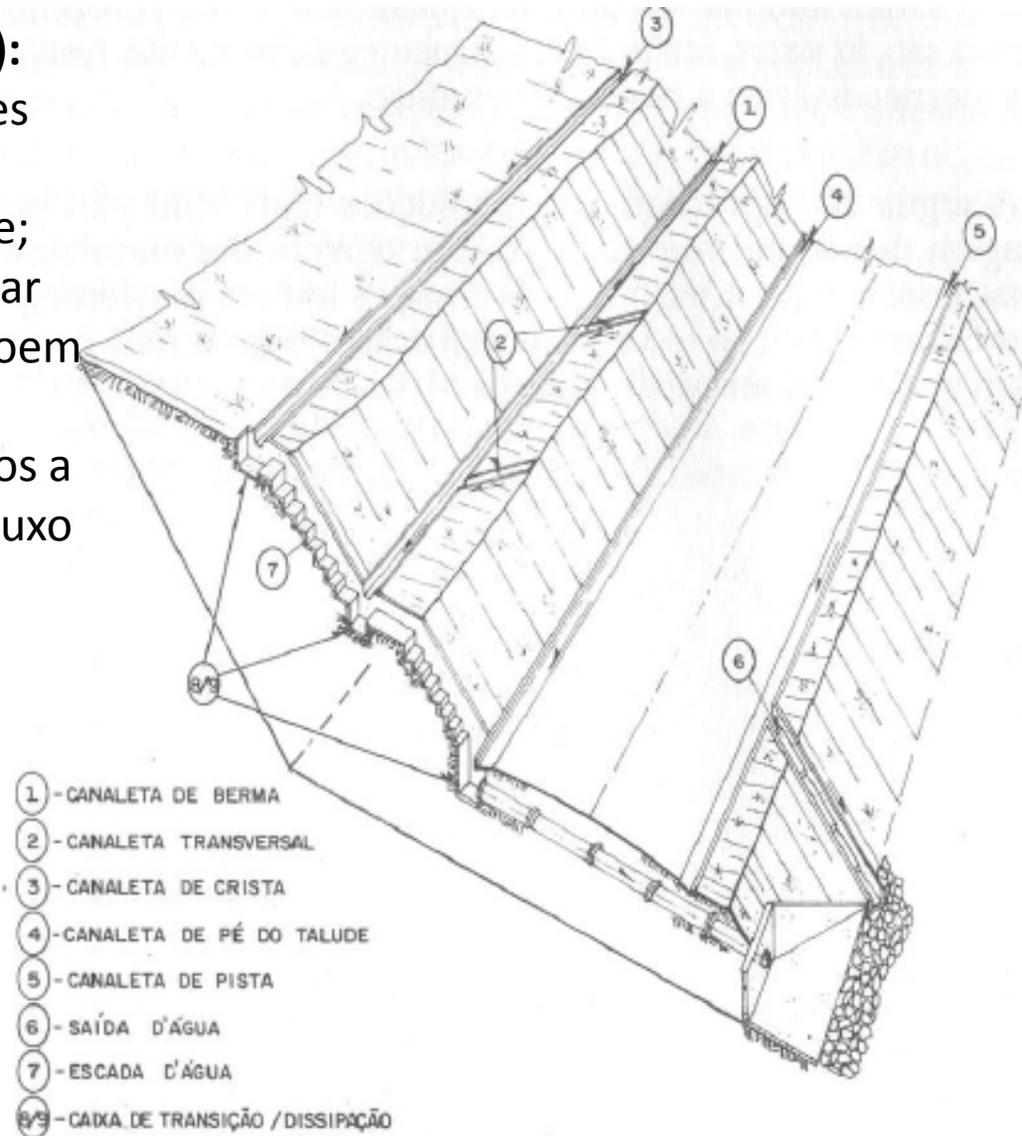
construídos no sentido longitudinal dos patamares dos taludes de corte e aterro; objetivo coletar as águas pluviais que escoam na superfície do talude;

2. Canaletas transversais de berma: objetivo evitar que as águas pluviais que atingem o patamar escoem longitudinalmente, fora da canaleta longitudinal;

3. Canaletas de crista: canais construídos próximos a crista de um talude de corte, para interceptar o fluxo de água superficial proveniente do terreno a montante;

4. Canaletas de pé (base) : construídos no pé dos taludes para coletar as águas superficiais do talude. Impedem inicio dos processos erosivos;

5. Canaletas de pista: construída lateralmente à pista, acompanhando a declividade longitudinal da rodovia com o objetivo de captação das águas superficiais provenientes da pista ou plataforma lateral.



Indicação dos diversos dispositivos de um sistema de drenagem superficial

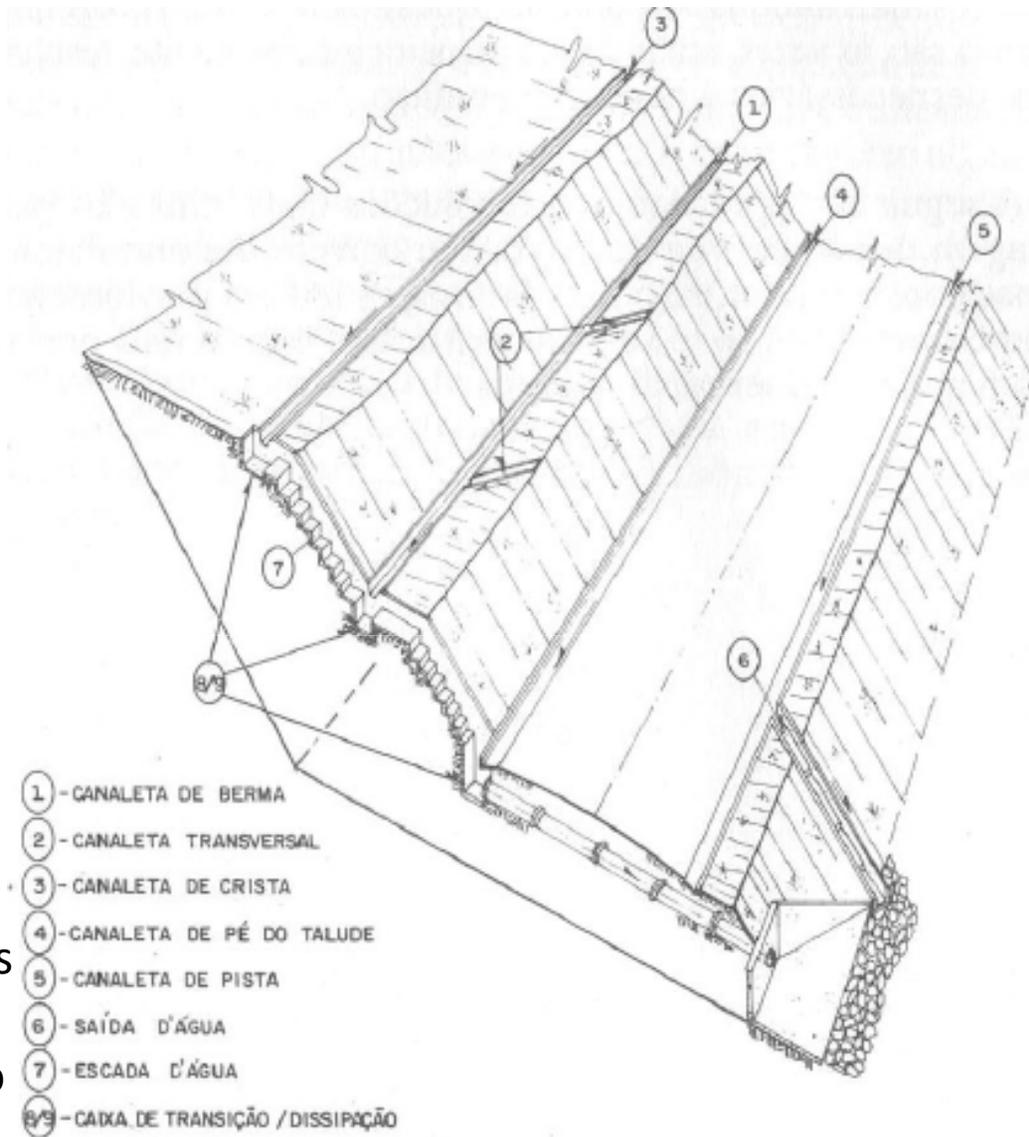
4. OBRAS DE DRENAGEM: superficial

6. Saídas laterais: junto e obliquamente às canaletas de pista, com objetivo de interceptar as águas das canaletas e encaminhá-las para as drenagens naturais ou para bueiros próximos;

7. Escadas d'água: objetivo coletar e conduzir as águas superficiais captadas pelas canaletas não deixando que atinjam velocidades de escoamento elevadas devido à dissipação de energia;

8. Caixas de dissipação: caixa de concreto construídas nas extremidades das escadas d'água e canaletas de drenagem com o objetivo da dissipação da energia hidráulica das águas coletadas, evitando, dessa forma, velocidades elevadas de escoamento;

9. Caixas de transição: construídas junto às escadas d'água e canaletas, nas mudanças bruscas de direção de escoamento na união de canaletas. Tem por objetivo direcionar melhor o escoamento das águas e possibilitar a dissipação de energia hidráulica.



Indicação dos diversos dispositivos de um sistema de drenagem superficial

4. OBRAS DE DRENAGEM: profunda

Objetiva a retirada de água da percolação interna dos maciços reduzindo a vazão de percolação e as pressões neutras intersticiais. É realizada por drenos sub-horizontais, cujo funcionamento se dá por fluxo gravitacional, poços de alívio, ponteiras, trincheiras drenantes ou galerias.

- **Drenos sub-horizontais profundos:** São tubos de drenagem, geralmente de PVC rígido, instalados em perfurações sub-horizontais.
- **Trincheiras drenantes:** drenos enterrados, utilizado para captar e conduzir a água que percola pelo maciço de solo até os pontos de captação e/ou lançamento a superfície. É utilizado nas bordas do pavimento das pistas de rodovias, para impedir a subida do nível d'água no subleito do pavimento.
- **Barbacãs:** tubos curtos instalados em muros de concreto ou de pedra rejuntada, para coletar águas subterrâneas dos maciços situados a montante dos muros

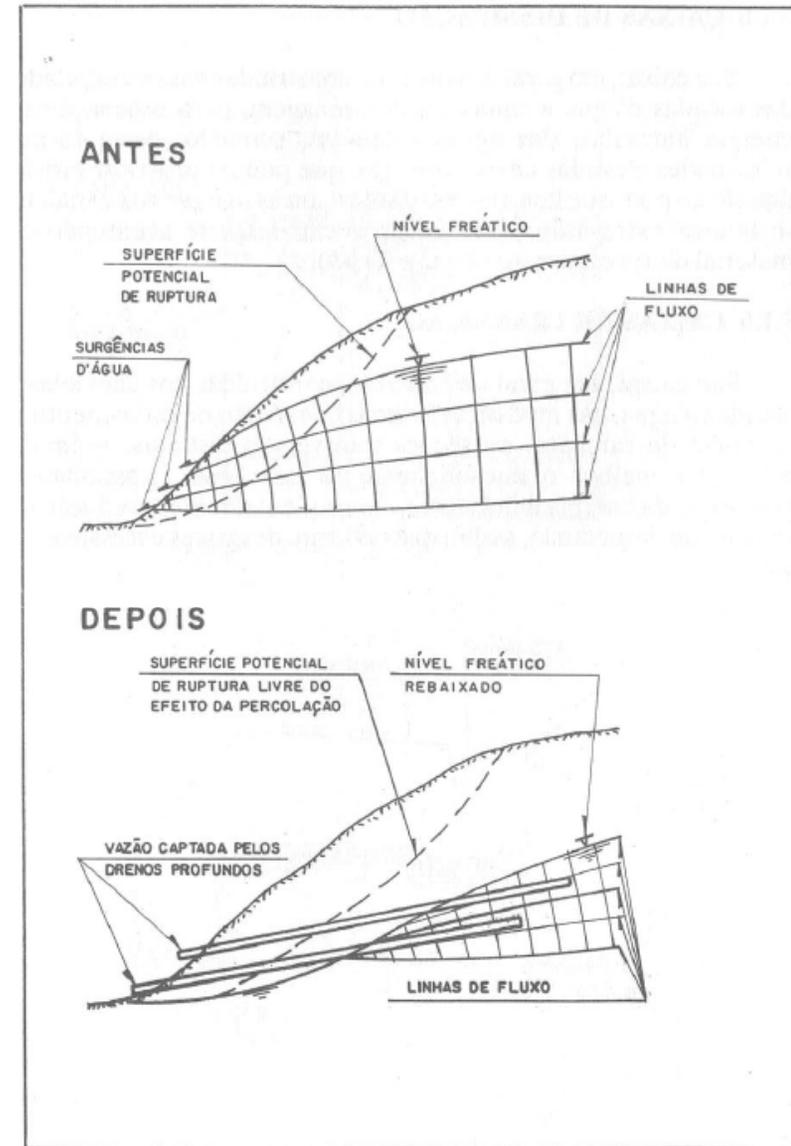
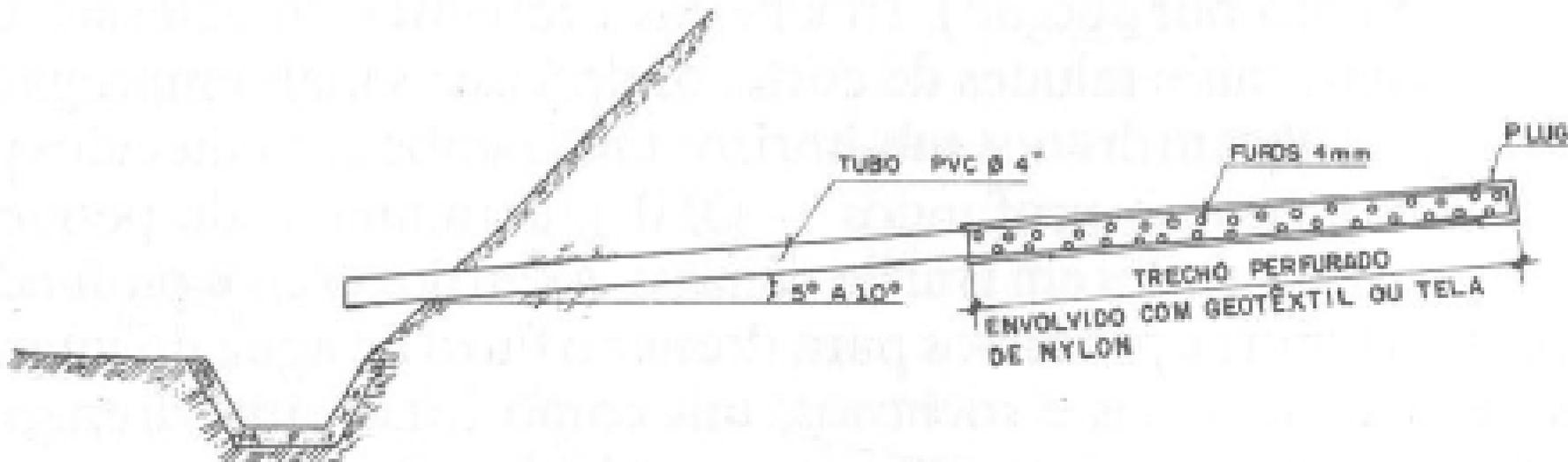


FIGURA VI.36 - Estabilização de um talude por drenagem profunda

4. OBRAS DE DRENAGEM: profunda

Objetiva a retirada de água da percolação interna dos maciços reduzindo a vazão de percolação e as pressões neutras intersticiais. É realizada por drenos sub-horizontais, cujo funcionamento se dá por fluxo gravitacional, poços de alívio, ponteiras, trincheiras drenantes ou galerias.

- **Drenos sub-horizontais profundos:** São tubos de drenagem, geralmente de PVC rígido, instalados em perfurações sub-horizontais.

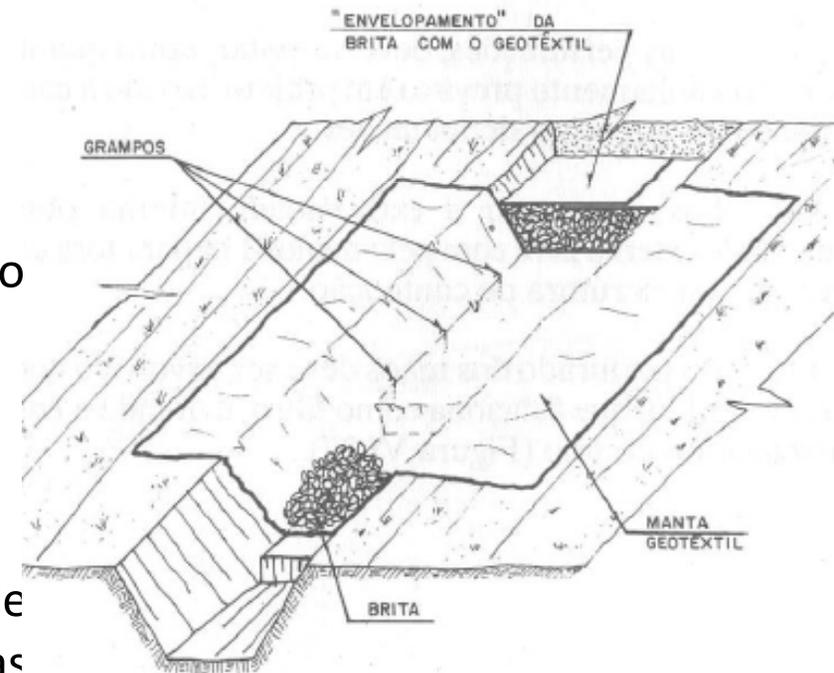


Detalhe de um dreno sub-horizantal profundo

4. OBRAS DE DRENAGEM: profunda

Objetiva a retirada de água da percolação interna dos maciços reduzindo a vazão de percolação e as pressões neutras intersticiais. É realizada por drenos sub-horizontais, cujo funcionamento se dá por fluxo gravitacional, poços de alívio, ponteiras, trincheiras drenantes ou galerias.

- **Drenos sub-horizontais profundos:** São tubos de drenagem, geralmente de PVC rígido, instalados em perfurações sub-horizontais.
- **Trincheiras drenantes:** drenos enterrados, utilizado para captar e conduzir a água que percola pelo maciço de solo até os pontos de captação e/ou lançamento a superfície. É utilizado nas bordas do pavimento das pistas de rodovias, para impedir a subida do nível d'água no subleito do pavimento.
- **Barbacãs:** tubos curtos instalados em muros de concreto ou de pedra rejuntada, para coletar águas subterrâneas dos maciços situados a montante dos muros

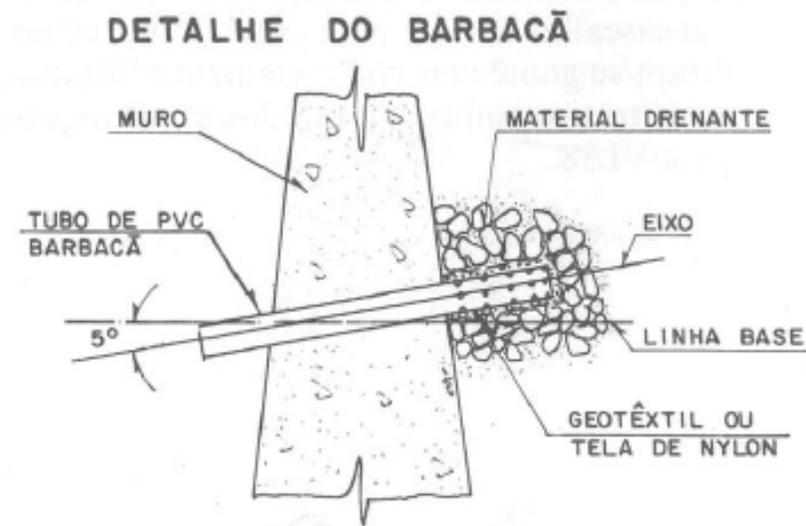


Detalhe de uma trincheira drenante

4. OBRAS DE DRENAGEM: profunda

Objetiva a retirada de água da percolação interna dos maciços reduzindo a vazão de percolação e as pressões neutras intersticiais. É realizada por drenos sub-horizontais, cujo funcionamento se dá por fluxo gravitacional, poços de alívio, ponteiras, trincheiras drenantes ou galerias.

- **Drenos sub-horizontais profundos:** São tubos de drenagem, geralmente de PVC rígido, instalados em perfurações sub-horizontais.
- **Trincheiras drenantes:** drenos enterrados, utilizado para captar e conduzir a água que percola pelo maciço de solo até os pontos de captação e/ou lançamento a superfície. É utilizado nas bordas do pavimento das pistas de rodovias, para impedir a subida do nível d'água no subleito do pavimento.
- **Barbacãs:** tubos curtos instalados em muros de concreto ou de pedra rejuntada, para coletar água subterrâneas dos maciços situados a montante do muro.



5. OBRAS DE PROTEÇÃO SUPERFICIAL

Objetiva **impedir a formação de processos erosivos e diminuir a infiltração** de água no maciço através da superfície exposta do talude. As obras podem ser realizadas com materiais naturais e artificiais.

- **Com materiais naturais**

- **Cobertura vegetal de média a grande porte** : têm por objetivo aumentar a resistência das camadas superficiais do solo pela presença das raízes, proteger contra a erosão superficial e reduzir a infiltração de água no solo;
- **Cobertura vegetal com gramíneas**: têm por objetivo o travamento do solo a pequenas profundidades (10 a 20cm) e oferecer uma cobertura a mais densa e homogênea possível, diminuindo assim o escoamento de água diretamente sobre o solo. Largo uso de gramíneas e leguminosas de crescimento rápido. Destacam-se as técnicas de hidrossemeadura, plantio de mudas e revestimento com grama em placas;
- **Proteção com pano de pedra**: pedras de forma regular e tamanho conveniente geralmente unidas por argamassa, o que exige instalação de drenos tipo barbacãs.

CAPÍTULO VI: OBRAS DE ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

5. OBRAS DE PROTEÇÃO SUPERFICIAL

Proteção superficial com materiais artificiais

- **Proteção com imprimação asfáltica:** uma das técnicas mais difundidas e eficiente para evitar erosão e infiltração da água no maciço. Deve ser aplicada sobre superfície firme e isenta de material solto. Precisa de constante manutenção e possui desagradável aspecto visual;
- **Proteção com argamassa:** consiste na aplicação de cobertura de argamassa de cimento e areia sobre superfície perfeitamente lisa e limpa. Devem ser executadas juntas de dilatação e drenos tipo barbacãs;
- **Proteção com concreto projetado ou gunita (pedrisco):** o concreto é projetado por bombas no maciço. Deve ser colocada uma malha metálica para armação e sustentação da casca formada;
- **Proteção com tela:** tela fixada a superfície do talude por meio de chumbadores em locais onde exista a possibilidade de queda de blocos de rocha.

CAPÍTULO VII: NOÇÕES DE MECÂNICA DOS SOLOS

Este capítulo tem a finalidade de homogeneizar conceitos e linguagens, onde de maneira resumida são discutidos conceitos básicos de engenharia dos solos envolvidos nas questões geotécnicas associadas à conservação rodoviária.

BIBLIOGRAFIA

Departamento de Estradas e Rodagens do Estado de São Paulo. **Manual de geotecnia: Taludes de rodovias: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas**. São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológicas, 1991. 206 p. (Publicação IPT 1843). Disponível em < http://www.der.sp.gov.br/documentos/manuais_tecnicos/manual_taludes.aspx>. Acesso em 13-01-11

* Todas as imagens retiradas da bibliografia.