

ESTABILIDADE DE TALUDES

1. DEFINIÇÕES

1.1 – Solos

Os solos são materiais que resultam do intemperismo das rochas, por desintegração mecânica ou decomposição química. (CAPUTO, 1988)

Dentre os principais tipos de solos, podemos citar:

a) *Solos Residuais* – são os que permanecem no local da rocha de origem, observando-se uma gradual transição do solo até a rocha.

b) *Solos Sedimentares* – são os que sofrem a ação de agentes transportadores, podendo ser aluvionares (transportados pela água), eólicos (pelo vento), coluvionares (pela ação da gravidade) e glaciares (pelas geleiras).

c) *Solos de Formação Orgânica* – são os de origem essencialmente orgânica, seja de natureza vegetal (plantas, raízes), seja animal (conchas).

1.2 – Rocha

Segundo CAPUTO (1988), a palavra rocha designa, apenas, os materiais naturais consolidados, duros e compactos, da crosta terrestre ou litosfera. Para os fragmentos isolados reservam-se as denominações bloco de rocha quando com diâmetro médio superior a 1m, matacão quando entre 1m e 25cm e pedra entre 25cm e 76mm. Ao material não consolidado que recobre as rochas e destas provêm por intemperismo, denomina-se solo.

Quanto à sua gênese as rochas podem ser classificadas em:

a) *Rochas Magmáticas* – são as resultantes do resfriamento e consolidação de material fundido ou “magma”. Se formadas a grandes profundidades são

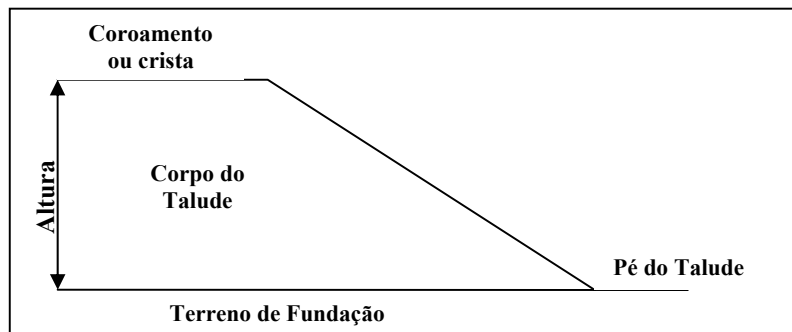
chamadas de intrusivas, e de extrusivas quando se formam na superfície através do resfriamento de “lava”.

b) *Rochas Sedimentares* – formadas pela deposição de detritos oriundos da desagregação de rochas preexistentes.

c) *Rochas Metamórficas* – provêm da transformação ou metamorfismo das rochas magmáticas ou sedimentares.

1.3 - Taludes

Segundo Caputo (1988), sob o nome genérico de taludes compreende-se quaisquer superfícies inclinadas que limitam um maciço de terra, de rocha ou de terra e rocha. Podem ser naturais, casos das encostas, ou artificiais, como os taludes de cortes e aterros. A figura a seguir ilustra um talude e a terminologia usualmente empregada.

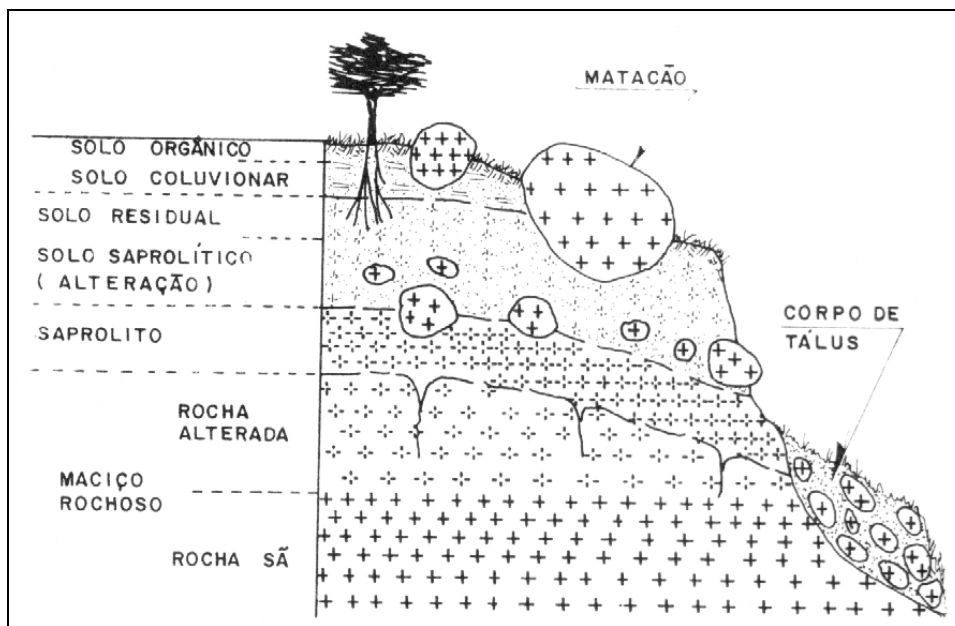


Podem-se classificar os principais tipos de movimentos de taludes em três grandes grupos.

- a) *Desprendimento de terra ou rocha* – é uma porção de um maciço terroso ou de fragmentos de rocha que se destaca do resto do maciço, caindo livre e rapidamente, acumulando-se onde estaciona.

- b) *Escorregamento* – deslocamento rápido de uma massa de solo ou de rocha que, rompendo-se do maciço, desliza para baixo e para o lado, ao longo de uma superfície de deslizamento.
- c) *Rastejo* – deslocamento lento e contínuo de camadas superficiais sobre camadas mais profundas, com ou sem limite definido entre a massa de terreno que se desloca e a que permanece estacionária. A velocidade de rastejo é de cerca de 30 cm por decênio, enquanto que a velocidade média de avanço de um escorregamento é da ordem de 30 cm por hora. A curvatura dos troncos de árvores, inclinação de postes e fendas no solo são algumas das indicações do rastejo.

2 – PERFIL DE INTEMPERISMO E ASPECTOS GERAIS DOS SOLOS



Perfil genérico de um solo – Fonte IPT

Conforme a figura acima, num perfil de solo geralmente podemos acompanhar o perfil de evolução da desagregação da rocha sã até sua formação final como solo residual. Geralmente em encostas formadas por rochas graníticas temos os horizontes de alteração bem definidos, sendo que a transição entre rocha sã e solo propriamente dito se dá pela formação do saprolito que é o grau

máximo de decomposição da rocha, onde ainda se observa algum vestígio de estrutura da rocha notando-se uma estrutura intermediária entre solo e rocha.

3 – UNIDADES DE RELEVO

A divisão em unidades de relevo tem por objetivo delimitar diferentes regiões, cujos atributos físicos distintos permitam demarcar os terrenos de acordo com seu comportamento característico frente à implantação de uma rodovia.

a) *Planícies* – superfícies aplainadas e com pouca altitude, geralmente abaixo dos 100 m.

c) *Colinas* – relevo pouco acentuado com declividades predominantes de até 15% e amplitudes locais abaixo de 100 m.

d) *Morros com encostas Suavizadas* – relevo pouco acentuado, com declividade predominantemente abaixo dos 15% e amplitude locais entre 100 e 300m.

e) *Morrotos* – relevo com declividades predominantes acima de 15% e amplitudes locais abaixo de 100m.

f) *Morros* – relevo com declividades predominantes acima de 15% e amplitudes locais entre 100 e 300m

g) *Montanhas* – relevo com declividades predominantes acima de 15% e amplitudes locais acima de 300m.

h) *Escarpas* – relevo de maior energia, com declividades predominantes acima de 30% e amplitudes locais acima de 100m.

4 – PRINCIPAIS TIPOS DE PROBLEMAS ENCONTRADOS EM TALUDES RODOVIÁRIOS.

4.1 – Erosão

Entende-se por processo erosivo a destruição da estrutura do solo e sua remoção, sobretudo pela ação das águas de escoamento superficial, depositando-os em áreas mais baixas do relevo. Pode-se dar tanto em encostas naturais como em taludes de corte e de aterro, pode se apresentar por escoamento laminar, lavando a superfície do terreno como um todo, sem formar canais definidos. Outra maneira é por escoamento concentrado, formando as ravinas e podendo chegar à configuração de voçorocas, à medida que atinge o lençol freático. Apesar da velocidade lenta, porém contínua e progressiva ao longo do tempo, tem elevado poder destrutivo.

Segundo o IPT (1991), de uma maneira geral, a erosão é responsável por grande parte dos problemas que ocorrem ao longo das rodovias da malha estadual, principalmente quando se formam as ravinas ou voçorocas, que chegam a atingir os terrenos adjacentes. Sua ação pode se dar sobressaindo-se aos demais processos ou combinada a outros eventos, tais como escorregamentos, cabendo-lhe o papel, muitas vezes, de agente predisponente à ocorrência destes escorregamentos.



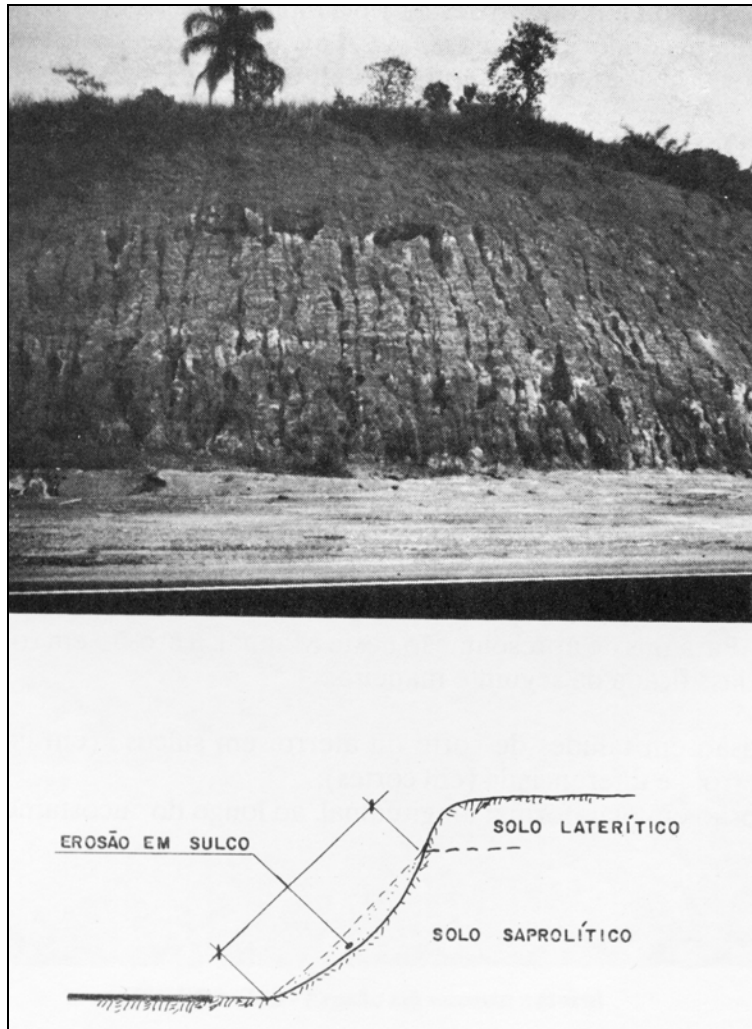
Erosão em talude de rodovia – Fonte IPT

O IPT classifica a erosão, para fins de apresentação, da seguinte maneira:

a) Erosão em taludes de corte ou aterro

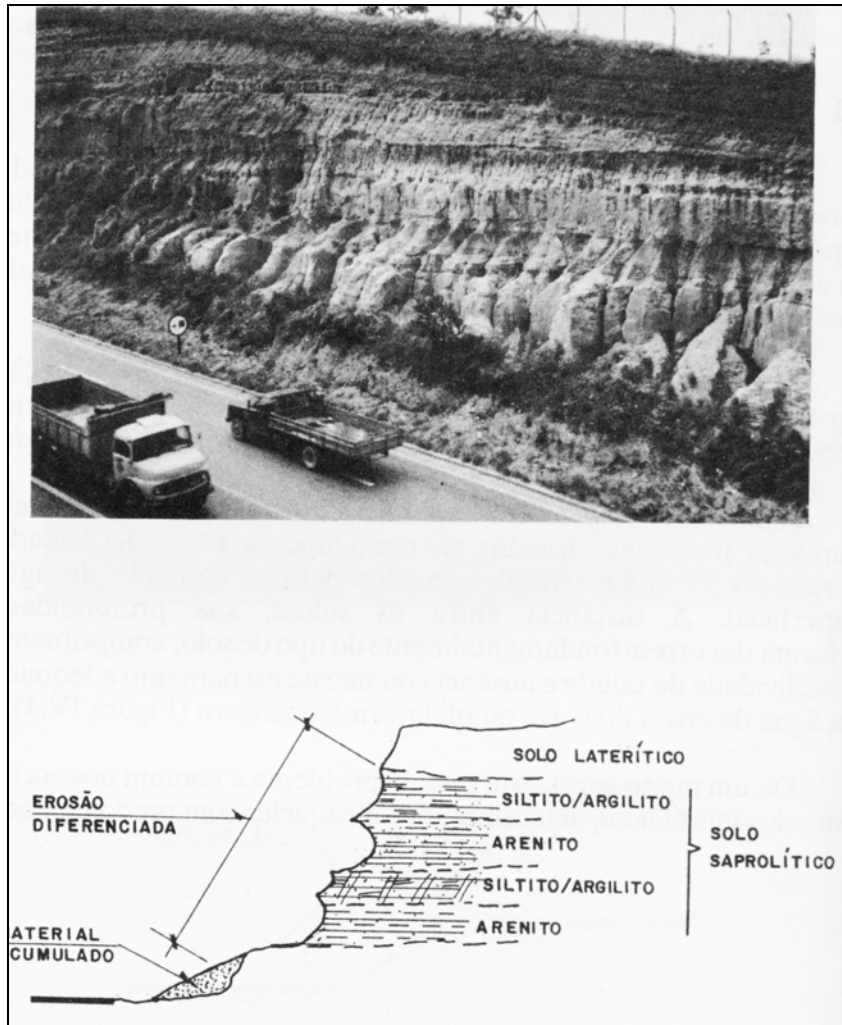
a.1) Em sulcos (em cortes e aterros) – corresponde a sulcos aproximadamente paralelos, presentes normalmente nos taludes de maior declividade e sem proteção superficial, formados pelo escoamento de água superficial. De um modo geral este tipo de problema é comum em solos saprolíticos, intensificando-se naqueles com predominância de material siltoso.

Como medidas preventivas para esse tipo de fenômeno temos, implantação de sistema de drenagem superficial ou regularização do talude, com implantação de proteção superficial.



Erosão em sulcos – Fonte IPT

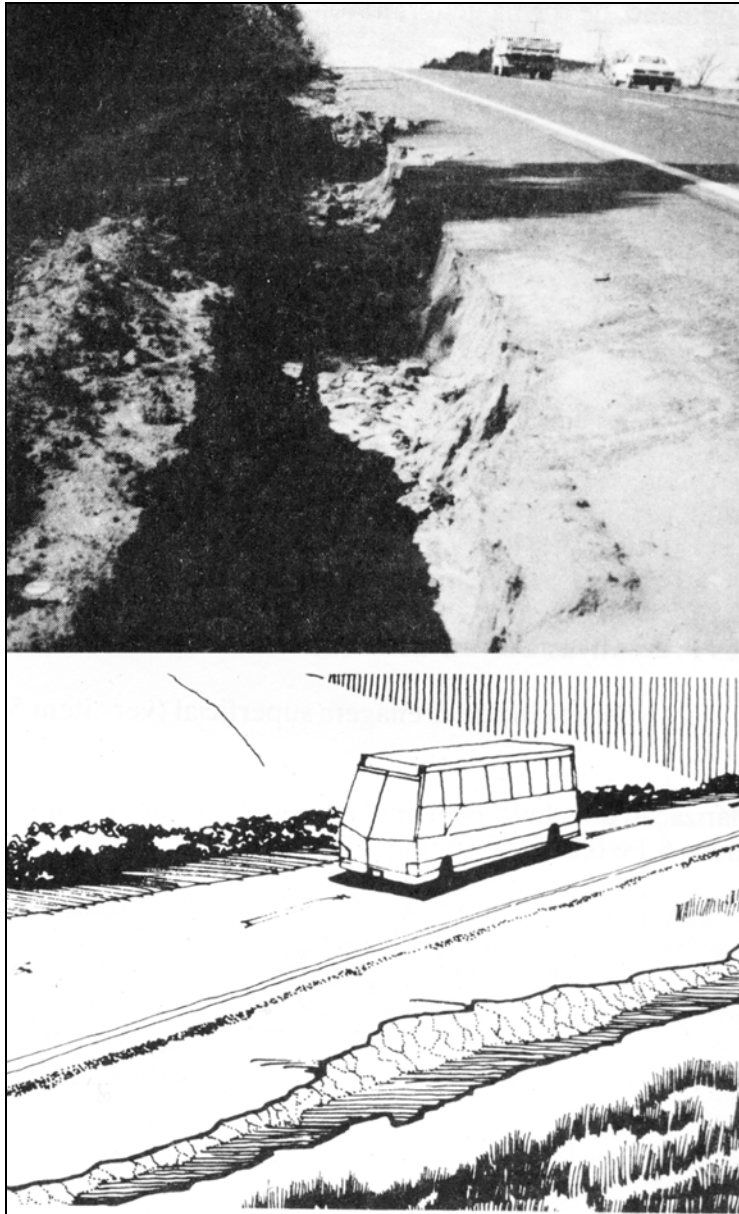
a.2) *Diferenciada (em cortes)* – processos erosivos que ocorrem em taludes de corte constituídos por materiais com diferente suscetibilidades à erosão. Devido ao diferente avanço da erosão, é comum ocorrer o descalçamento das partes superiores mais resistentes, em consequência de uma erosão mais intensa na camada inferior.



Erosão diferenciada – Fonte IPT

b) Erosão em plataforma: longitudinal, ao longo do acostamento

Processo de erosão longitudinal que ocorre ao longo do acostamento, quando há concentração de água superficial, proveniente dos taludes e da própria plataforma.



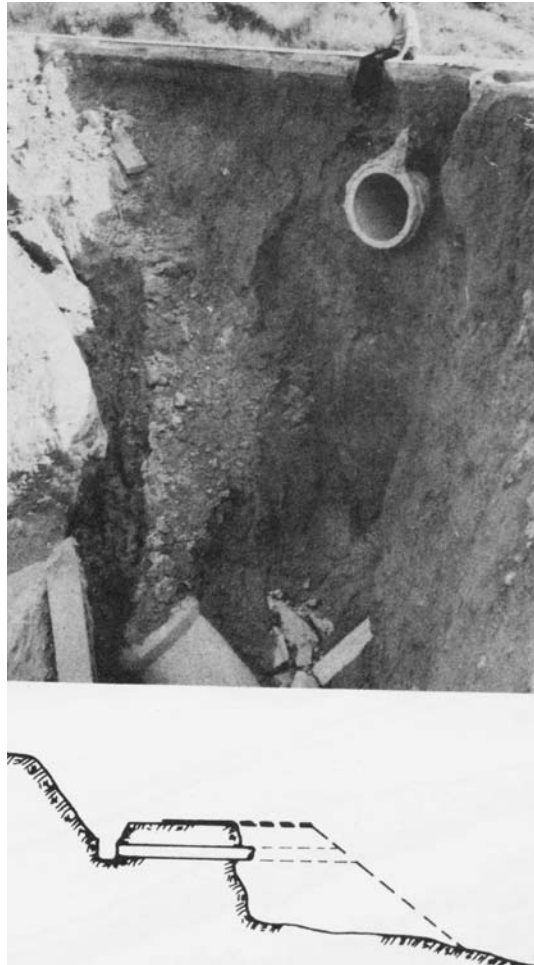
Erosão em plataforma – Fonte IPT

Medidas preventivas indicadas:

- Dissipação da energia da água através de saídas laterais, caixas de dissipação e bacias de retenção;
- Regularização da plataforma, com implantação de proteção superficial.

c) Erosão associada a obras de drenagem.

Geralmente localizada no final de canaletas, valetas e saídas de linhas de tubo. Erosão ocorrida quando as obras de drenagem responsáveis por conduzir as águas superficiais para fora dos limites do corpo da estrada são executadas de forma inapropriadas, sem as medidas necessárias para a dissipação de energia.



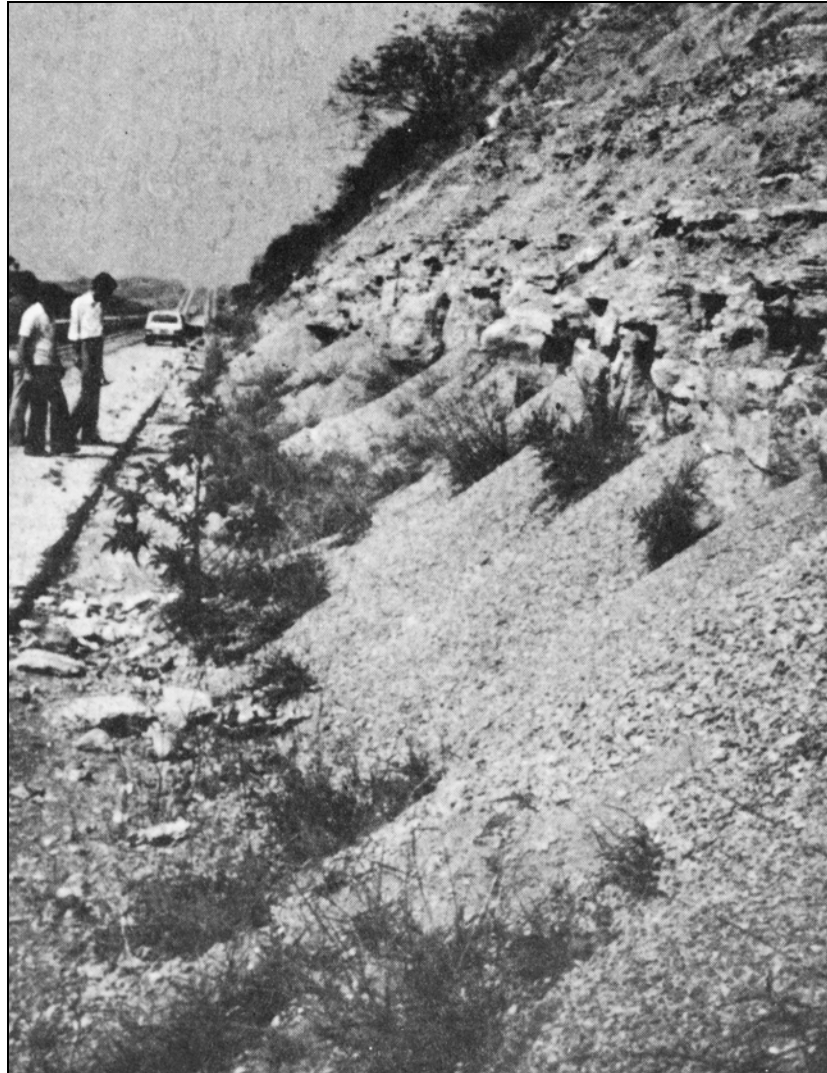
Erosão associada a obras de drenagem – Fonte IPT

Medidas preventivas indicadas:

- Execução de caixas de dissipação de energia nos pontos de lançamento de água;
- Recomposição do aterro ou corte.

4.2 – Desagregação superficial em Taludes

È considerado um fenômeno de instabilidade superficial e apresenta, de maneira semelhante à erosão, características de destruição da estrutura do material e sua posterior remoção. Resulta de uma ação cíclica de umedecimento e secagem dos solos saprolíticos.



Desagregação superficial em taludes – Fonte IPT

Medidas preventivas indicadas:

- Impedimento da ocorrência da ciclicidade (umedecimento / secagem) através de proteção superficial com tela ou confinamento do talude, com camada de solo compactado.

4.3 – Escorregamentos

Movimentos rápidos de porções de taludes naturais, de cortes ou aterros. Apresentam superfície de ruptura bem definida, que é função do tipo de solo ou rocha, da geometria do talude e das condições de fluxo de água.

Podem ocorrer devido à diversos fatores, tendo a água como principal agente deflagrador, são observados com mais freqüência em períodos chuvosos.



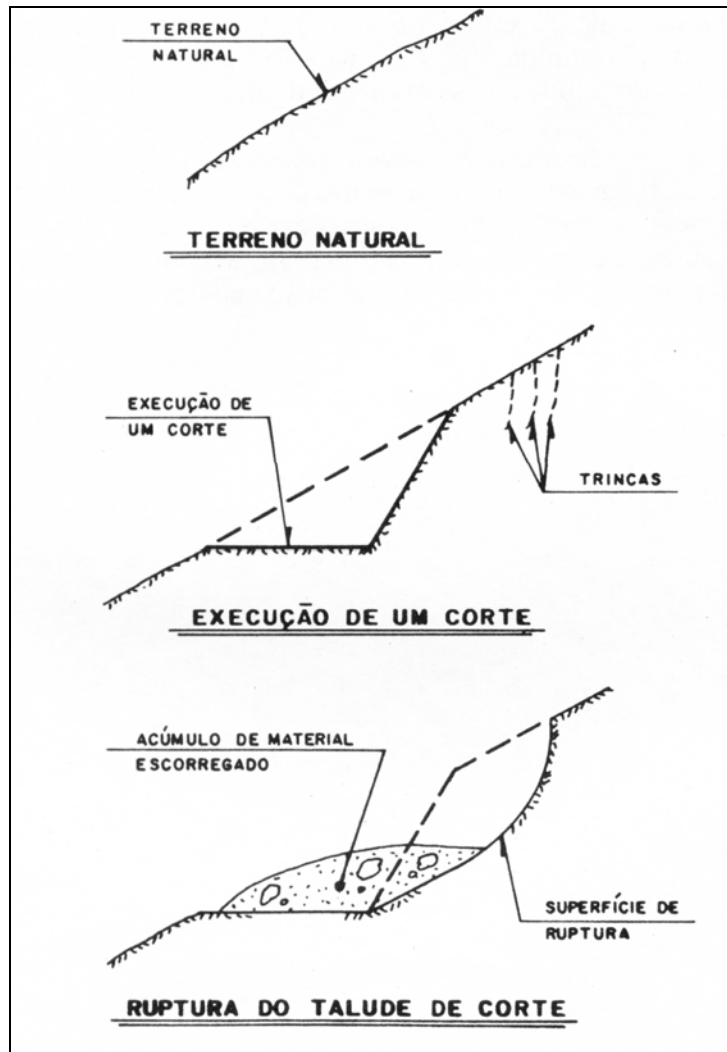
Escorregamento em taludes de corte em rodovias – Fonte IPT

a) *Escorregamento em cortes*

A execução de cortes em uma encosta provoca alterações no estado de tensões atuantes no maciço, que tende a instabilizar a região montante do talude. As tensões de tração que venham a ocorrer poderão provocar o aparecimento de trincas, às quais podem ser preenchidos por água, fato esses associados a inúmeros casos de escorregamento.

Segundo o estudo do IPT (1991) os escorregamentos em cortes podem ser classificados em:

a.1) *Devido à inclinação acentuada* – Escorregamentos causados principalmente pela não compatibilidade das inclinações dos taludes com as resistências dos solos.



Escorregamento motivado por inclinação elevada do talude – Fonte IPT

Medidas preventivas indicadas:

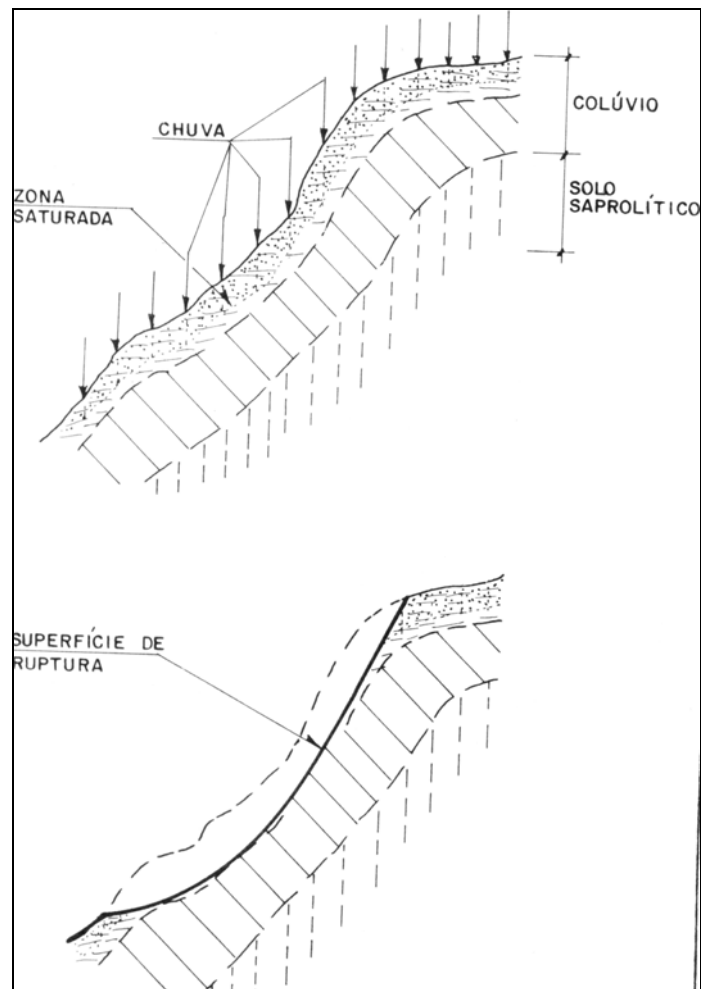
- Retaludamento;
- Sistema de drenagem adequado;
- Proteção superficial.

a.2) Devidos à descontinuidade do maciço – ocorrem tendo como superfície principal de ruptura uma descontinuidade do material, que pode ser resultante de estruturas residuais ou do contato solo/rocha. Estruturas residuais são planos de fraqueza (fraturas) herdadas da rocha. O contato solo/rocha é outra descontinuidade marcante, pois determina fundamentalmente uma substancial mudança na permeabilidade e na resistência dos materiais, permitindo o desenvolvimento de forças de percolação que levam o talude a ruptura, como pode ser visto na figura abaixo.

Medidas preventivas indicadas:

- Adoção de inclinações compatíveis com as descontinuidades;
- Obras de contenção.

a.3) Devidos a saturação do maciço – ocorrem associados à elevação do lençol freático, ou devidos à saturação temporária do solo, decorrente da infiltração durante prolongados períodos de precipitação. Esses casos ocorrem, inclusive, em situações de relevo suave, quando os cortes de pequena altura interceptam o lençol de água, levando conseqüentemente à instabilização do material, quer por aumento das pressões neutras, quer pelo efeito da água como redutor da resistência dos materiais envolvidos, ou ainda pela atuação da água nos processos erosivos.

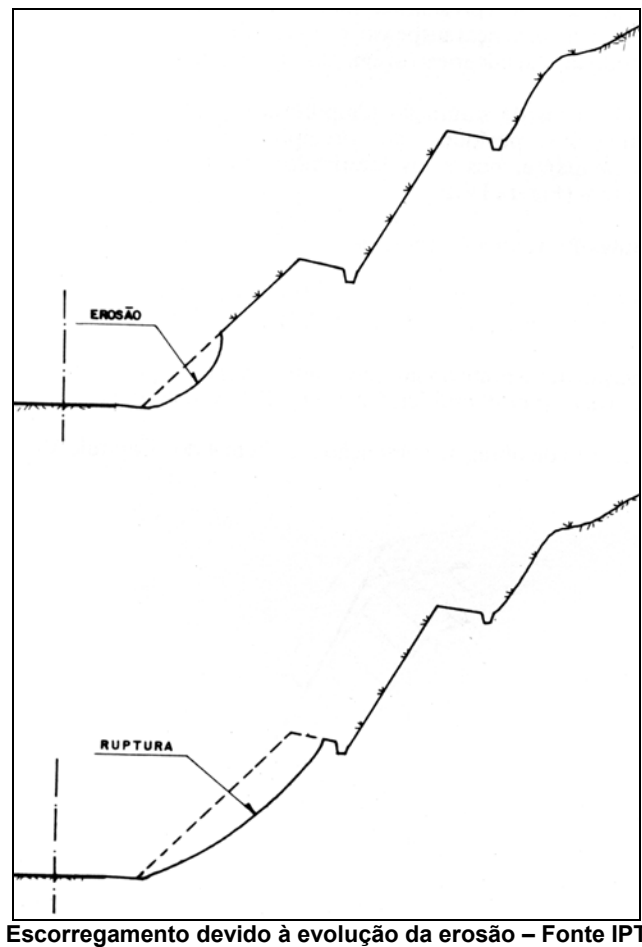


Escorregamento devido à saturação do talude – Fonte IPT

Medidas preventivas indicadas:

- Drenagem superficial e profunda.
- Impermeabilização superficial.
- Obras de contenção.

a.4) Devido à evolução da erosão – a evolução da erosão, em sulcos ou diferenciada, altera a forma do talude, formando paredes subverticais (taludes negativos), geralmente incompatíveis com a resistência dos solos.

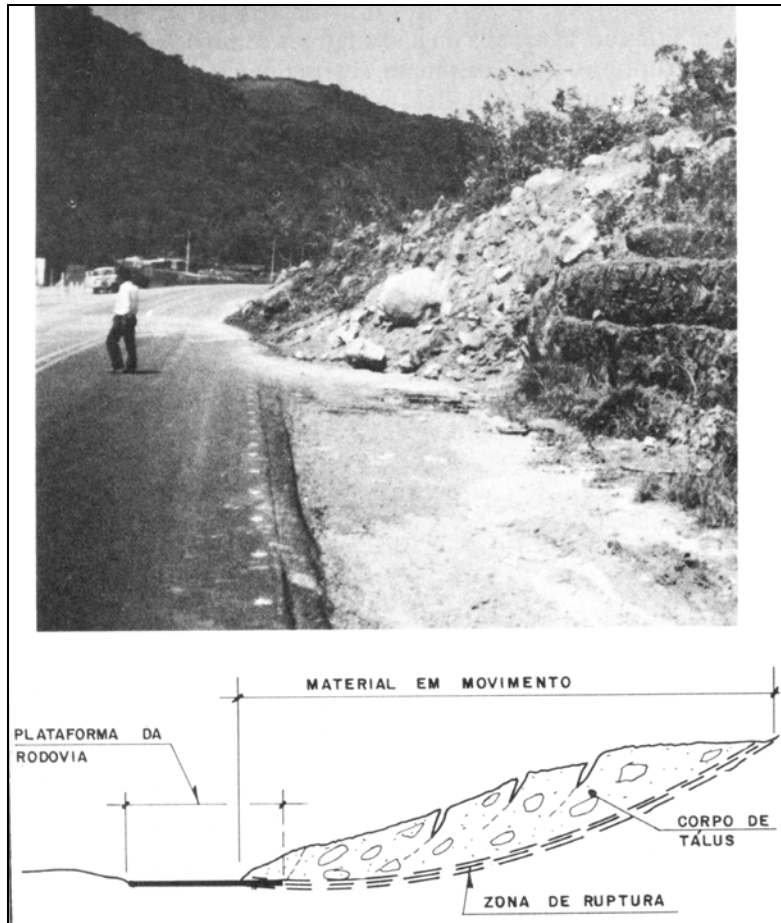


Medidas preventivas adotadas:

- Abatimento do talude;
- Implantação de sistema de drenagem adequado;
- Execução de proteção superficial;
- Execução de obras de contenção pequenas e localizadas.

a.5) *Escorregamento em corpo de tálus* – os corpos de tálus são constituídos por uma grande heterogeneidade de materiais e apresentam , freqüentemente, elevada porosidade, encontrando-se nos anfiteatros das encostas, em áreas de baixa declividade. São geralmente muito instáveis frente a

modificações de sua geometria quando submetidos a cortes ou aterros e alterações no sistema de infiltração e circulação de água pela implantação de rodovias.



Escorregamento em corpo de tálus – Fonte IPT

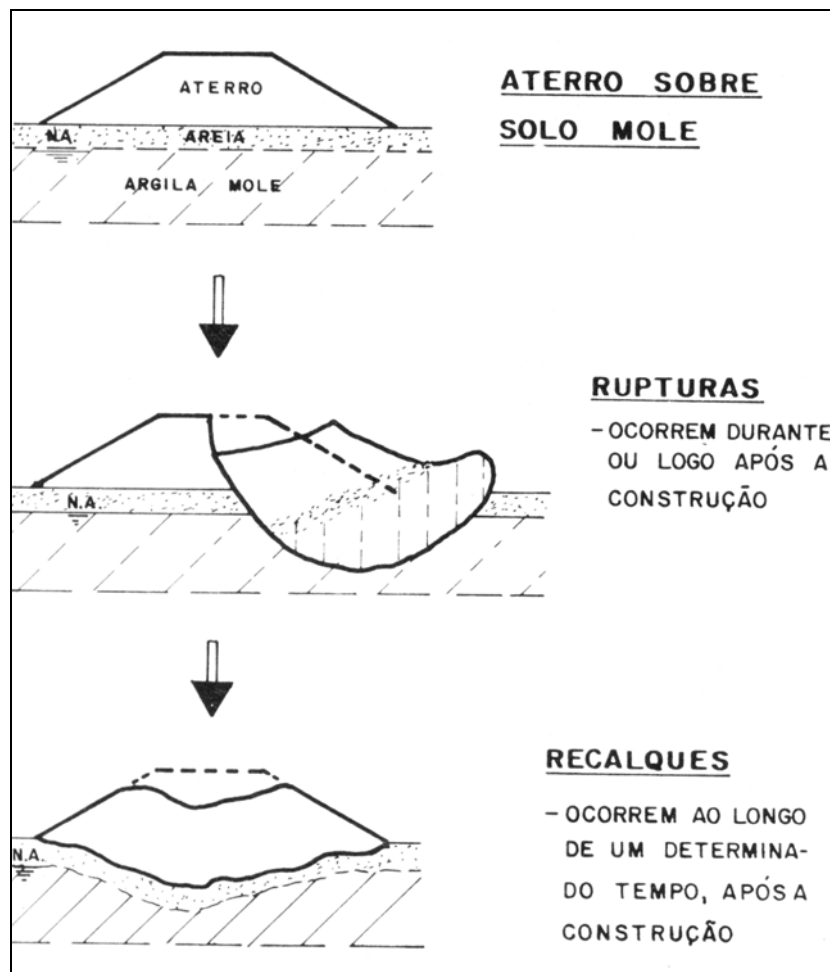
Medidas preventivas adotadas:

- Implantação de sistema de drenagem profunda e superficial;
- Impermeabilização superficial.
- Retaludamento e/ou eventual implantação de obra de contenção.

b) Escorregamento em aterros

As principais instabilizações observadas em aterros estão associadas a:

b.1) Devidos a problemas na fundação – são observados em aterros construídos sobre solos de baixa capacidade de suporte, normalmente existentes em regiões de baixada e também em pequenas planícies encaixadas em regiões serranas. Podem ocorrer também nos aterros assentes diretamente na rocha, pois o contato solo/rocha é, em geral, uma superfície potencial de ruptura, principalmente se não for devidamente tratado.

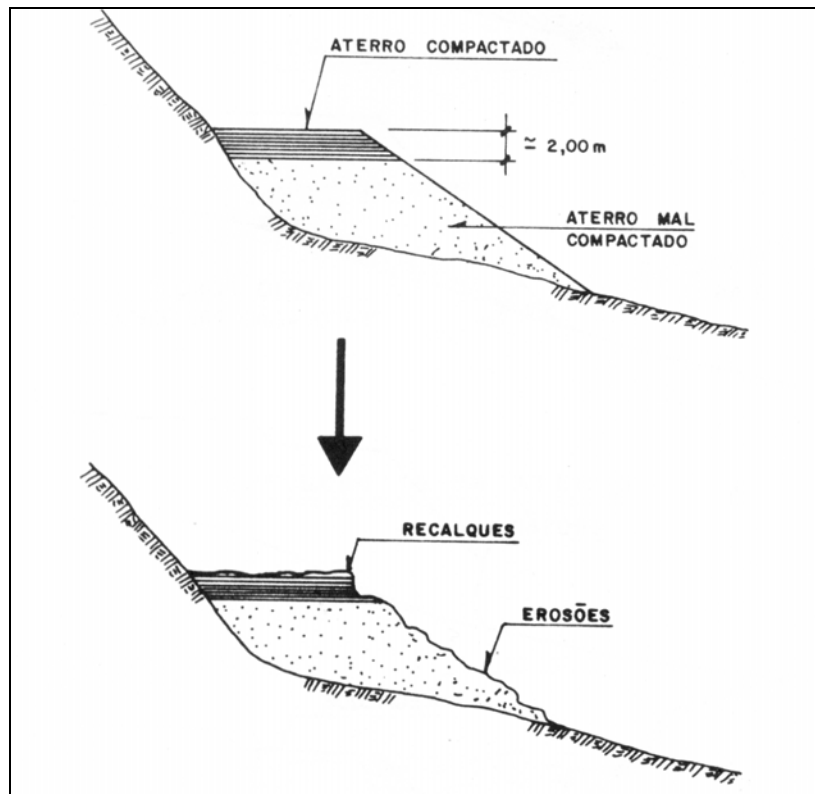


Problemas em aterros sobre solos moles – Fonte IPT

Medidas preventivas adotadas:

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

b.2) *Devido a problemas no corpo do aterro* – as principais instabilizações observadas em aterros estão associadas a problemas no corpo do aterro e ocorrem devido à sua má compactação ou até mesmo a inexistência desta, ao uso de materiais inadequados, à geometria do talude (incompatibilidade da inclinação com a resistência do material), bem como à deficiência ou inexistência de sistemas de drenagem.

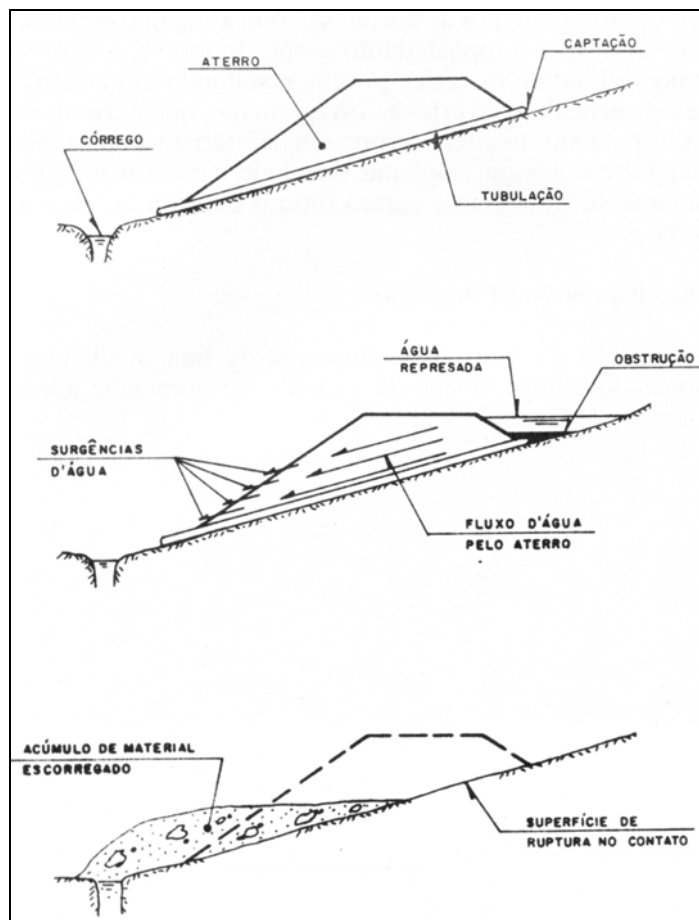


Escorregamento motivado pela má compactação do aterro – Fonte IPT

Medidas preventivas adotadas:

- Reconstrução do aterro com material de boa qualidade, bem compactado e implantação de sistema de drenagem adequado.

b.3) *Devido a problemas em travessia de linhas de drenagem –* ocorre em locais onde há a interceptação dos talwegues naturais pelo corpo estradal onde a travessia é feita através de bueiros ou galerias. Esse problema se dá quando a saída ou a entrada desse tipo de obra é obstruída, assim forçando a água a passar pelo corpo do aterro ocasionando percolações por dentro do mesmo, desestabilizando assim o talude e por conseqüência provocando seu colapso.



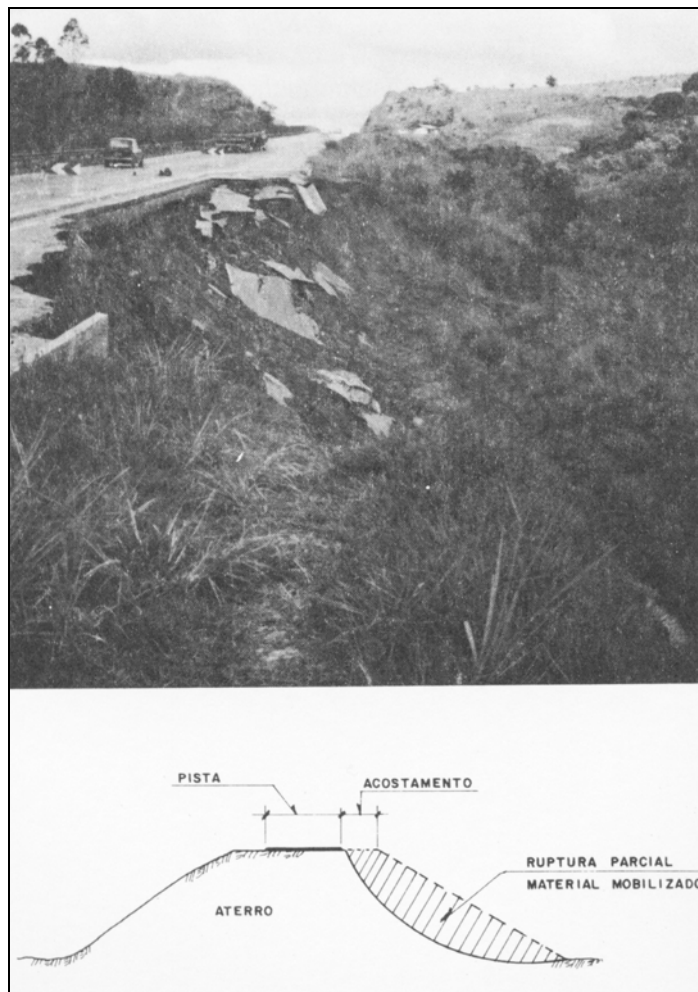
Escorregamento motivado por obstrução de sistema de drenagem – Fonte IPT

Medidas preventivas adotadas:

- Implantação de sistemas de proteção junto às entradas dos bueiros;

- Reconstrução da obra, com dimensionamento adequado e incluindo as proteções devidas.

b.4) Devidos a problemas com os sistemas de drenagem e proteção superficial – o sistema de drenagem superficial pode apresentar problemas relacionados a danos às canaletas, escadas d'água ou outros dispositivos, bem como devido ao seu dimensionamento incorreto. Estes problemas em conjunto com deficiências do sistema de proteção superficial costumam provocar infiltração nos taludes e na própria plataforma, ocasionando saturação e erosão em sulcos nos taludes dos aterros, que, ao evoluírem podem levar à ocorrência de escorregamentos.



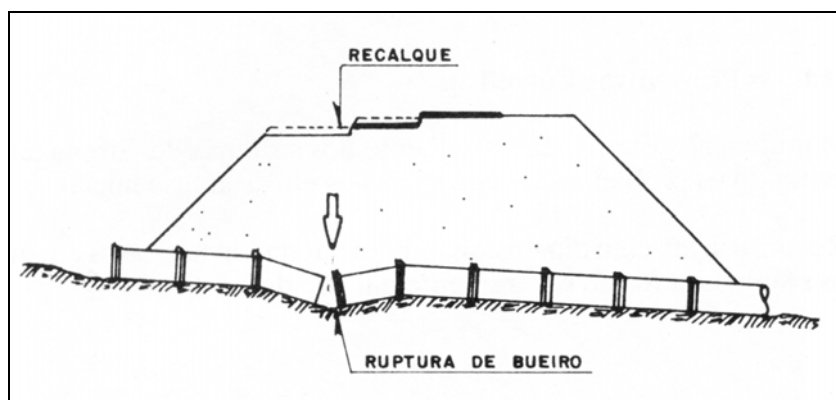
Escorregamento motivado por problema de drenagem superficial – Fonte IPT

Medidas preventivas adotadas:

- Manutenção sistemática e freqüente nos sistemas de drenagem.
- Reconstrução, com dimensionamento adequado nos casos em que os sistemas já foram severamente danificados.

4.4 – Recalques em Aterros

Recalques são fenômenos que interferem de maneira substancial na pista e podem constituir-se em indícios de futuros escorregamentos. São usualmente provocados por baixa capacidade do suporte de fundação, compactação inadequada, deficiências do sistema de drenagem e rompimento de bueiros e galerias.

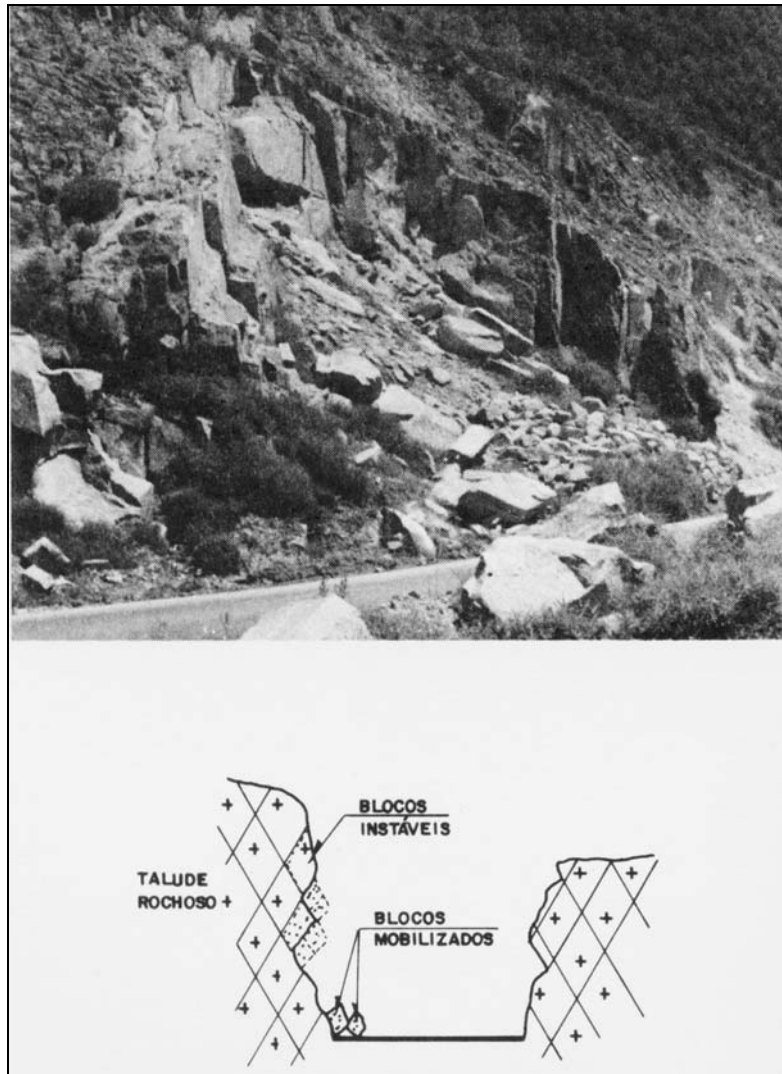


Recalque devido à ruptura de bueiros – Fonte IPT

4.5 – Queda de blocos

Caracteriza-se por movimentos rápidos, geralmente em queda livre, mobilizando volumes de rocha relativamente pequenos. Está associado a taludes de corte em rocha sã ou pouco alterada. Se dá devido à descontinuidade do maciço rochoso (seja pelo fraturamento do maciço rochoso ou e existência de rochas sedimentares) onde a pressão do acúmulo de água nessas

descontinuidades ou a penetração e crescimento de raízes nas mesmas provoca o desprendimento de blocos de rocha que caem em queda livre, o tamanho dos blocos varia de acordo com o grau de fraturamento do maciço.



Queda de blocos em taludes de rochas ígneas – Fonte IPT

Medidas preventivas adotadas:

- Remoção manual e individual de blocos instáveis.
- Fixação dos blocos através de chumbadores ou tirantes.
- Proteção do maciço com tela metálica.

4.6 – Rolamento de Blocos

Ocorrem naturalmente em encostas quando processos erosivos ou pequenos escorregamentos removem o apoio de sua base, condicionando o movimento de rolamento.



Rolamento de blocos – Fonte IPT

Medidas preventivas adotadas:

- Proteção da área de apoio do bloco.
- Desmonte e remoção do bloco.
- Fixação do bloco por chumbadores ou tirantes.

5 – TIPOS DE OBRAS DE ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

Existem vários tipos de obras de estabilização de taludes disponíveis na Engenharia nos dias de hoje. A escolha por um ou outro método depende do tipo de problema a ser resolvido, viabilidade de execução e viabilidade financeira do projeto a ser desenvolvido, vale lembrar aqui que cada caso é um caso e portanto, antes de mais nada, a adoção de uma solução deve ser embasada em estudos cuidadosos.

5.1 – Reconstrução de Taludes

Consiste na reconstrução total do talude tomando os cuidados básicos necessários para um bom aproveitamento do mesmo, sejam eles:

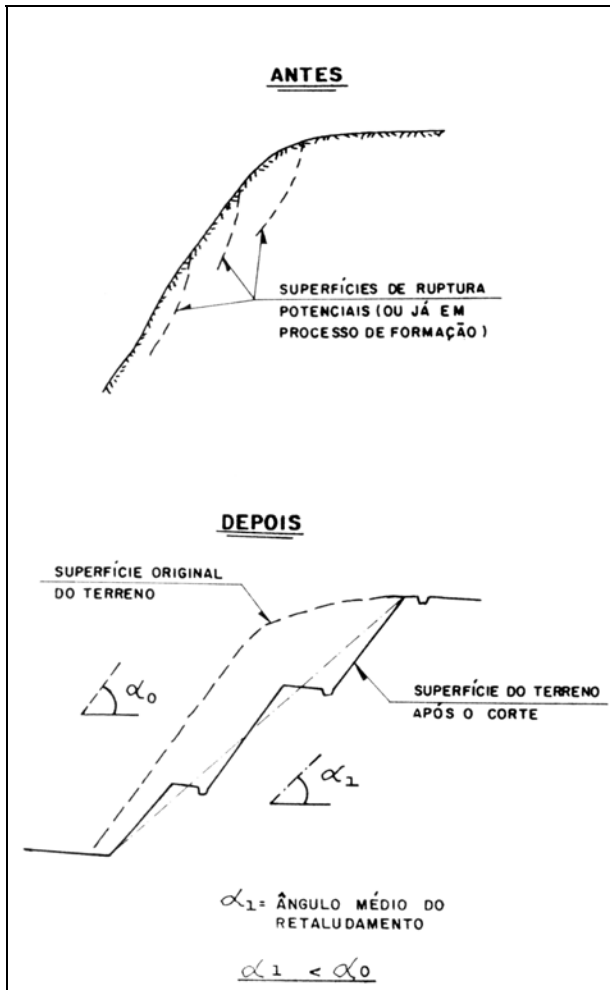
- Escolha da jazida de solo adequada;
- Tratamento prévio dos solos da jazida.
- Limpeza adequada do terreno para preparo da fundação, tomando o cuidado de remover toda a vegetação, bem como suas raízes.
- Estocagem do solo superficial e do solo com matéria orgânica para futura utilização na fase final da execução do aterro;
- Preparação da superfície de contato entre o terreno e o aterro, quando inclinado, em forma de degraus;
- Implantação de uma drenagem de base eficiente sempre que existirem surgências d'água ou a possibilidade de infiltrações significativas pelo aterro;
- Compactação adequada do aterro com equipamentos específicos para esse fim e em concordância com as normas;

5.2 – Retaludamento

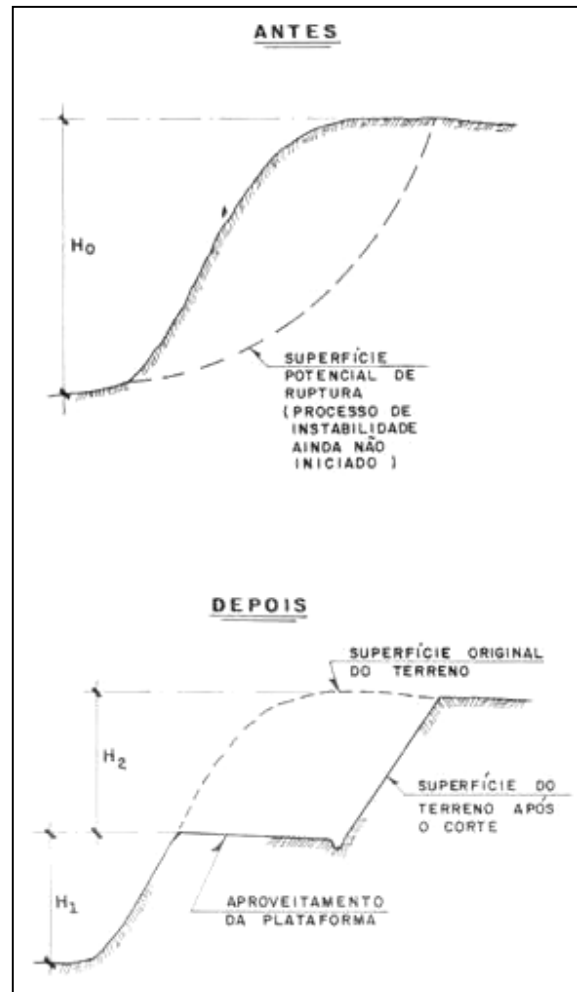
É um processo de terraplanagem através do qual se alteram, por cortes ou aterros, os taludes originalmente existentes em um determinado local para se

conseguir uma estabilização do mesmo. Das obras de estabilização de taludes é a mais usada devido à sua simplicidade e eficácia.

Geralmente é associado a obras de controle de drenagem superficial e de proteção superficial, de modo a reduzir a infiltração d'água no terreno e disciplinar o escoamento superficial, inibindo os processos erosivos.



Fonte: IPT



Fonte: IPT

As figuras acima mostram dois exemplos de execução de retaludamento, a primeira é através de corte com abrandamento da inclinação média do talude, e a segunda mostra um retaludamento através de corte com redução da altura do talude.

5.3 – Obras de Contenção

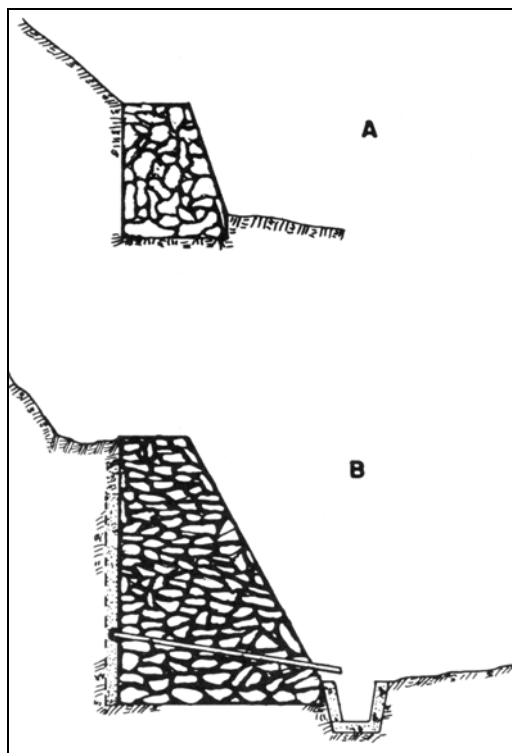
Entende-se por obras de contenção todas aquelas estruturas que, uma vez implantadas em um talude, oferecem resistência à movimentação deste ou à sua ruptura, ou ainda que reforçam uma parte do maciço, de modo que esta parte possa resistir aos esforços tendentes à instabilização do mesmo.

Podem ser classificadas em:

- Muros de Arrimo;
- Obras especiais de estabilização;
- Soluções alternativas em aterros.

a) *Muros de Arrimo* – trata-se de muros tipo gravidade, ou seja, aqueles nos quais a reação ao empuxo do solo é proporcionada pelo peso do muro e pelo atrito em sua fundação, função direta deste peso. Antigamente os muros de arrimo eram apenas pedras empilhadas na beira de uma encosta, com o avanço tecnológico foram criados vários tipos de muros de arrimo, a seguir são citados os usualmente usados nas obras rodoviárias atuais.

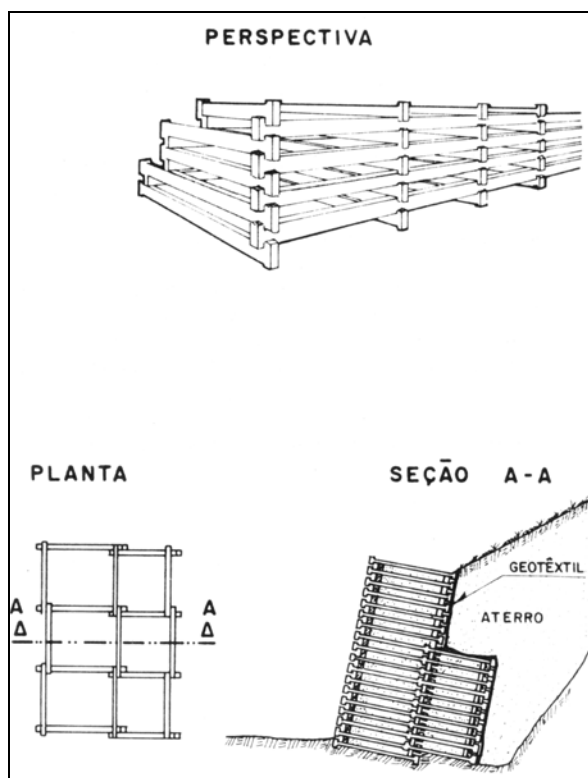
a.1) *Muros tipo “gravidade”* – são muros basicamente constituídos de pedras arrumadas manualmente, podendo ser argamassadas ou não, sendo que a resistência desse muro depende exclusivamente da união dessas pedras. É recomendado para contenção de taludes de pequenas alturas (até aproximadamente 1,5m). Deve-se tomar o cuidado, no caso do muro de pedra argamassada, de se implantar a drenagem do meio por meio de barbaças. Na figura abaixo pode-se visualizar esse tipo de obra de contenção.



Muros tipo “gravidade” – Fonte IPT

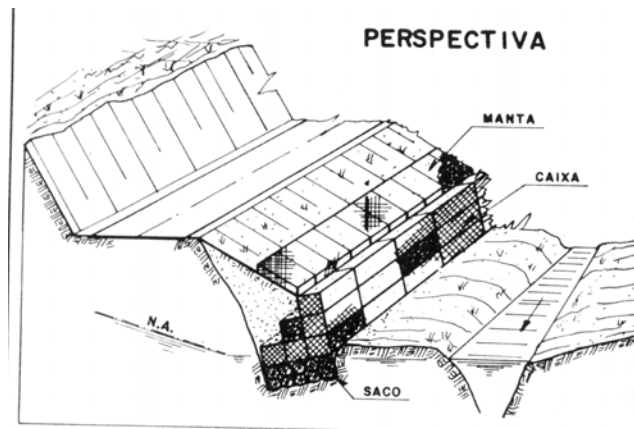
a.1.1) *Crib-walls* – é um sistema de peças de concreto armado, que são encaixadas entre si, formando uma espécie de gaiola ou caixa, cujo interior é preenchido com material terroso ou, de preferência, com blocos de rocha, seixos de maiores dimensões ou ainda entulho. Este material fornece o peso da estrutura de gravidade, enquanto que as peças de concreto armado respondem pela resistência da estrutura e manutenção de sua forma geométrica.

Geralmente são utilizados na construção de aterros em encostas e, devido a sua forma construtiva, trata-se de estruturas naturalmente bem drenadas e pouco sensíveis a movimentações e recalques, razões pelas quais se adaptaram muito bem à execução de estradas pioneiras em regiões serranas. Na figura abaixo pode-se ver um exemplo de muro de contenção com *crib-wall*.



Contenção com crib-walls – Fonte IPT

a.1.2) *Gabiões* – Trata-se de caixas ou gaiolas de arame galvanizado, preenchidas com pedra britada ou seixos, que são colocadas justapostas e costuradas umas às outras por arame, formando muros de diversos formatos. São utilizados geralmente como proteção superficial de encostas, proteção de margens de rios e riachos, são também utilizados como muros de contenção até alturas de alguns metros. Devido à sua simplicidade construtiva e relativamente baixo custo eles vêm sendo muito utilizados como contenção de aterros e de encostas de maneira provisória e de menor responsabilidade. Deve-se tomar o cuidado quando da sua implantação de utilizar uma manta geotêxtil ou areia fina como material de transição entre o muro e a encosta. Abaixo pode-se ver uma ilustração de um muro de gabião.

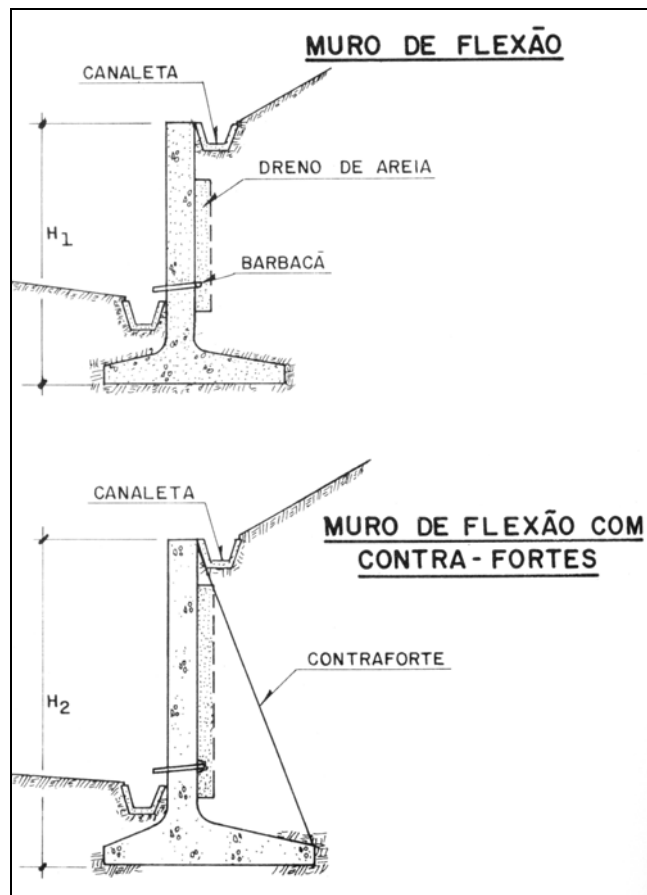


GABIÕES



Contenção com gabiões – Fonte IPT

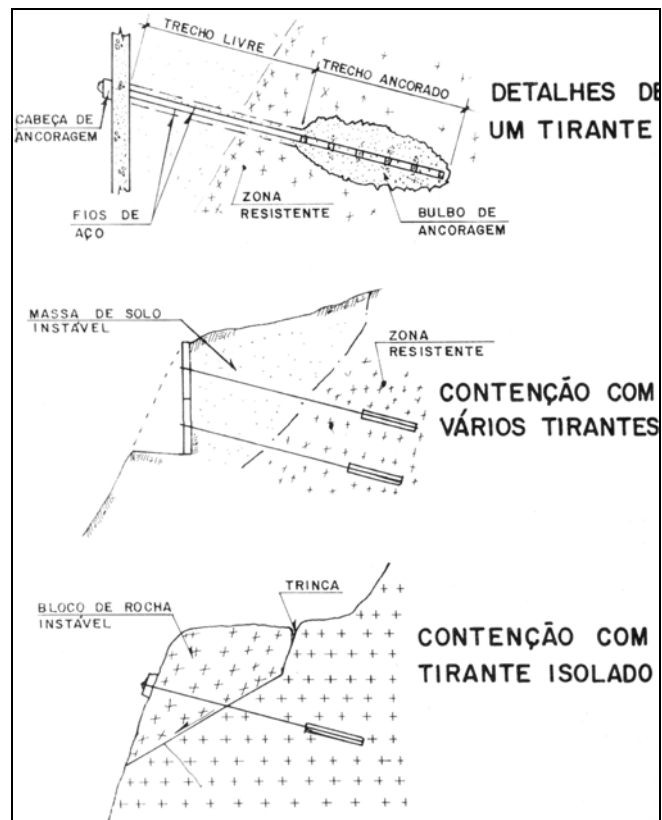
a.2) *Muros de concreto armado* – geralmente estão associados à execução de aterros ou reaterros, uma vez que, para sua estabilidade precisam contar, além do peso próprio, com o peso de uma porção de solo adjacente, que funciona como parte integrante da estrutura de arrimo. A execução de um sistema de drenagem adequado é imprescindível, através de barbacãs e dreno de areia. A figura a seguir ilustra um típico muro de concreto armado.



Muros de concreto armado – Fonte IPT

b) Obras especiais de estabilização

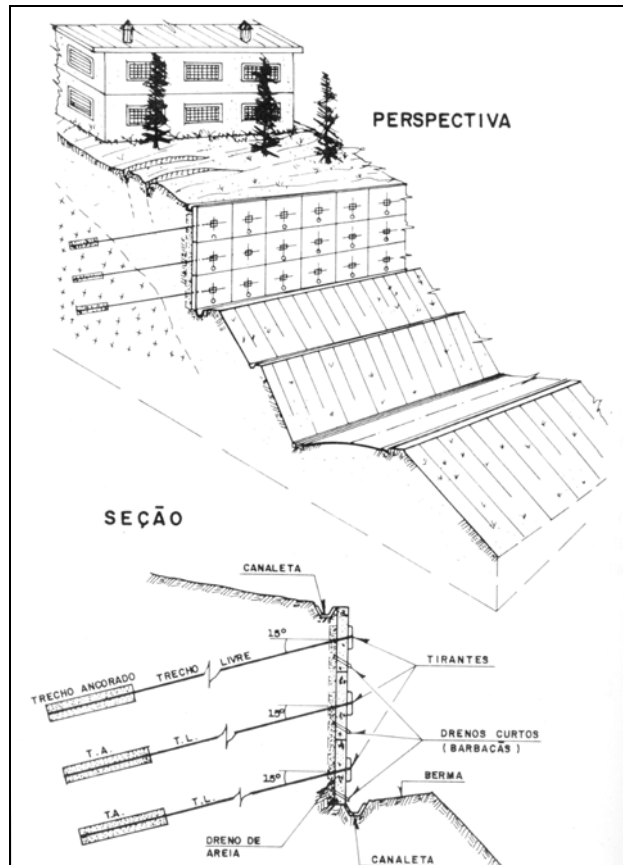
b.1) Tirantes e chumbadores – os tirantes tem como objetivo ancorar massas de solo ou blocos de rocha, pelos incrementos de força gerados pela protensão destes elementos, que transmitem os esforços diretamente a uma zona mais resistente do maciço através de fios, barras ou cordoalhas de aço. Já os chumbadores são barras de aço fixados com calda de cimento ou resina, com o objetivo de conter blocos isolados ou fixar obras de concreto armado sem o uso de protensão. A figura abaixo ilustra os detalhes de um tirante e exemplos de aplicação.



Detalhes de um tirante e exemplos de aplicação – Fonte IPT

b.2) *Cortinas atirantadas* – consiste na 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. O paramento de concreto pode ser constituído de placas isoladas para cada tirante, de placas englobando dois ou mais tirantes ou de cortina única, incorporando todos os tirantes. A execução em caso de cortes é sempre feita de cima para baixo, por patamares sendo que um patamar só é executado quando o anterior já está com as placas executadas e os tirantes protendidos. Já no caso de aterros a seqüência é inversa com a execução dos patamares à medida que o aterro vem sendo alteado. O uso de estruturas de contenção atirantadas exige uma única premissa básica: a presença de horizontes suficientemente resistentes para a ancoragem dos tirantes, a profundidades compatíveis. Este tipo de contenção pode ser usado em qualquer situação geométrica, quaisquer materiais

e condições hidrológicas. A figura abaixo ilustra um exemplo de aplicação de uma cortina atirantada.

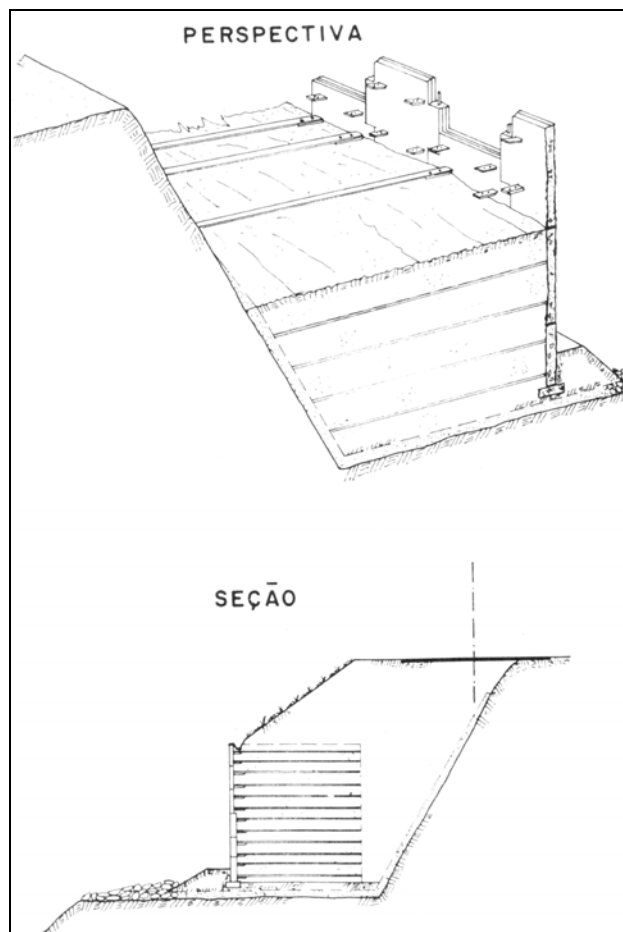


Exemplo de aplicação de cortina atirantada – Fonte IPT

c) *Soluções alternativas em aterros* – consistem na introdução do corpo do aterro de elementos de materiais mais resistentes que, uma vez solicitados, passam a trabalhar em conjunto com o solo compactado. Os processos mais conhecidos são o reforço pela introdução de fibras metálicas ou de geotêxteis.

c.1) *Terra armada* – São constituídos pela associação de solo compactado e armaduras, completada por um paramento externo composto de placas, denominado pele. A execução desse tipo de obra é feita sob supervisão e assistência da empresa que detém a patente deste processo no Brasil, visto que é

uma tecnologia patenteada. A figura a seguir ilustra os detalhes de uma obra de terra armada.



Detalhes de uma terra armada – Fonte IPT

5.4 – Obras de drenagem

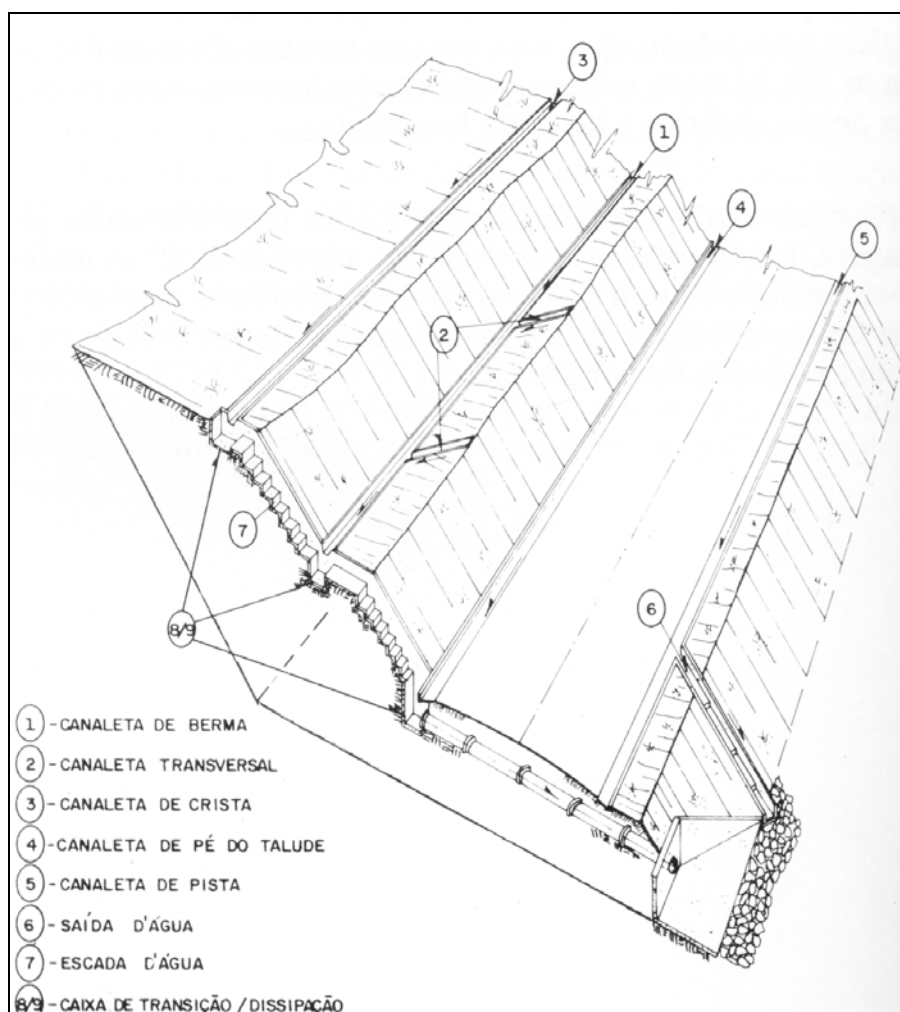
Têm por finalidade a captação e o direcionamento das águas do escoamento superficial, assim como a retirada de parte da água de percolação interna do maciço. Representa um dos procedimentos mais eficientes e de mais larga utilização na estabilização de todos os tipos de taludes, tanto nos casos em que 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.

As obras de drenagem podem ser classificadas em dois grupos, a drenagem superficial e a drenagem profunda.

a) Drenagem Superficial

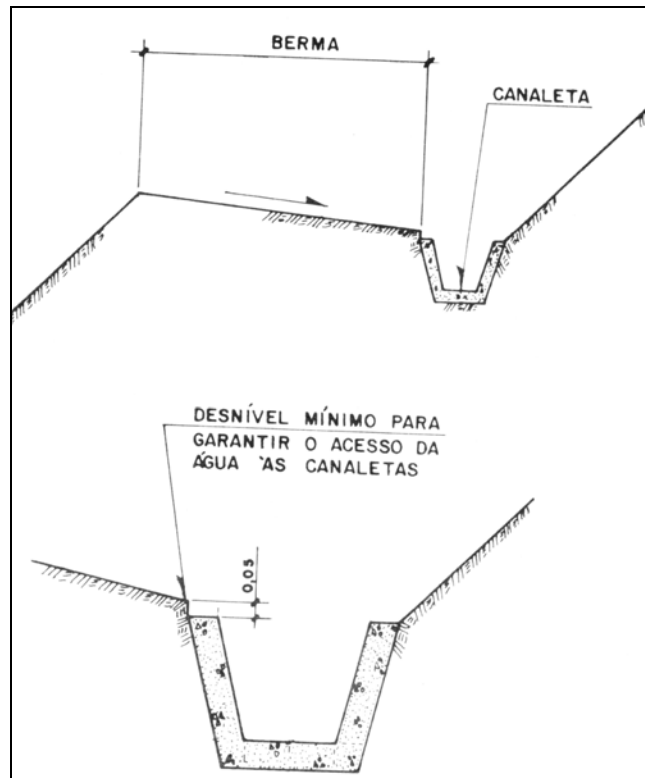
Consiste basicamente na captação do escoamento das águas superficiais através de canaletas, valetas, sarjetas ou caixas de captação e, em seguida, condução destas águas para um local conveniente. Através da drenagem superficiais evitam-se os fenômenos de erosão na superfície dos taludes e reduz-se a infiltração da água nos maciços, resultando numa diminuição dos efeitos nocivos da saturação do solo sobre sua resistência.

Dentre as principais obras de drenagem superficial podemos destacar algumas mais utilizadas ilustradas na figura a seguir.



Indicação dos diversos dispositivos de drenagem superficial – Fonte IPT

De uma maneira geral, as obras de drenagem superficiais, como ilustrado na figura acima, são constituídas por canaletas ou valetas de captação das águas do escoamento superficial e por canaletas, escadas d'água ou tubulações para sua condução até locais adequados.



Detalhes de uma canaleta de drenagem superficial – Fonte IPT

a.1) *Canaletas Longitudinais de berma* – consiste em canais construídos no sentido longitudinal das bermas (patamares) dos taludes e que têm por finalidade coletar águas pluviais que escoam nas superfícies desses taludes. Tanto a posição relativa das canaletas como sua inclinação devem ser tal que a velocidade da água superficial não atinja valores excessivos e que facilite o escoamento da mesma.

a.2) *Canaletas transversais de berma* – consiste em canais construídos no sentido transversal das bermas de equilíbrio dos taludes e que têm

por finalidade evitar que as águas pluviais que atingem a berma escoem longitudinalmente, e não pela canaleta longitudinal.

a.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, evitando que esse fluxo atinja a superfície do talude de corte, evitando assim a erosão nesta superfície.

a.4) *Canaletas de pé (base)* – canais construídos no pé dos taludes para coletar as águas superficiais provenientes da superfície desses taludes. Esse sistema impede que se iniciem processos erosivos junto ao pé dos taludes.

a.5) *Canaletas de pista* – canais construídos lateralmente à pista, acompanhando a declividade longitudinal da rodovia, com o objetivo de captação das águas superficiais provenientes da pista ou plataforma lateral.

a.6) *Saídas laterais* – canais construídos junto e obliquamente às canaletas de pista, tendo por objetivo interceptar as águas das canaletas e encaminhá-las para as drenagens naturais ou para bueiros próximos.

a.7) *Escadas d'água* – canais construídos em forma de degraus geralmente segundo a linha de maior declive do talude. Têm por objetivo coletar e conduzir as águas superficiais captadas pelas canaletas não deixando que as mesmas atinjam velocidades de escoamento elevadas devido à dissipação de energia.

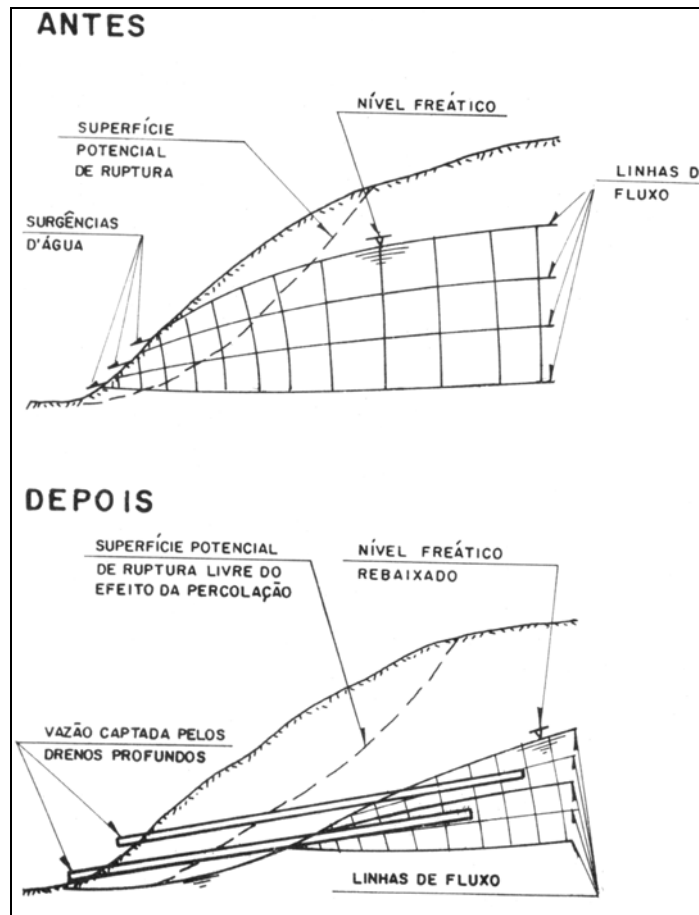
a.8) *Caixas de dissipação* – caixas, em geral de concreto, construídas nas extremidades das escadas d'água e canaletas de drenagem para dissipação da energia hidráulica das águas coletadas, evitando, dessa forma, velocidades elevadas de escoamento.

a.9) *Caixas de transição* – caixas construídas nas canaletas e escadas d'água, nas mudanças bruscas de direção de escoamento e na união de canaletas de seções transversais distintas. Tem por objetivo direcionar melhor o escoamento das águas e possibilitar a dissipação de energia hidráulica.

b) Drenagem profunda

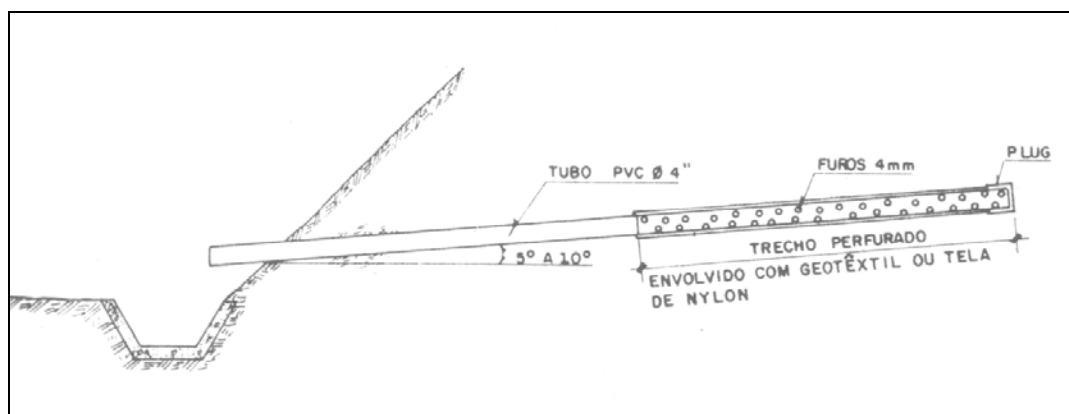
Objetiva essencialmente promover processos que redundem na retirada de água da percolação interna dos maciços (do fluxo através de fendas e fissuras de um maciço terroso ou através de fendas e fissuras de maciços rochosos) reduzindo a vazão de percolação e as pressões neutras intersticiais. Para sua perfeita funcionalidade devem ser aliadas às obras de drenagem superficial para que se encaminhe de forma adequada a água retirada do interior do maciço.

É realizada por drenos sub-horizontais, cujo funcionamento se dá por fluxo gravitacional, poços de alívio (com ou sem bombeamento d'água), ponteiros (com bombeamento por sucção), trincheiras drenantes ou galerias.



Estabilização de um talude por drenagem profunda – Fonte IPT

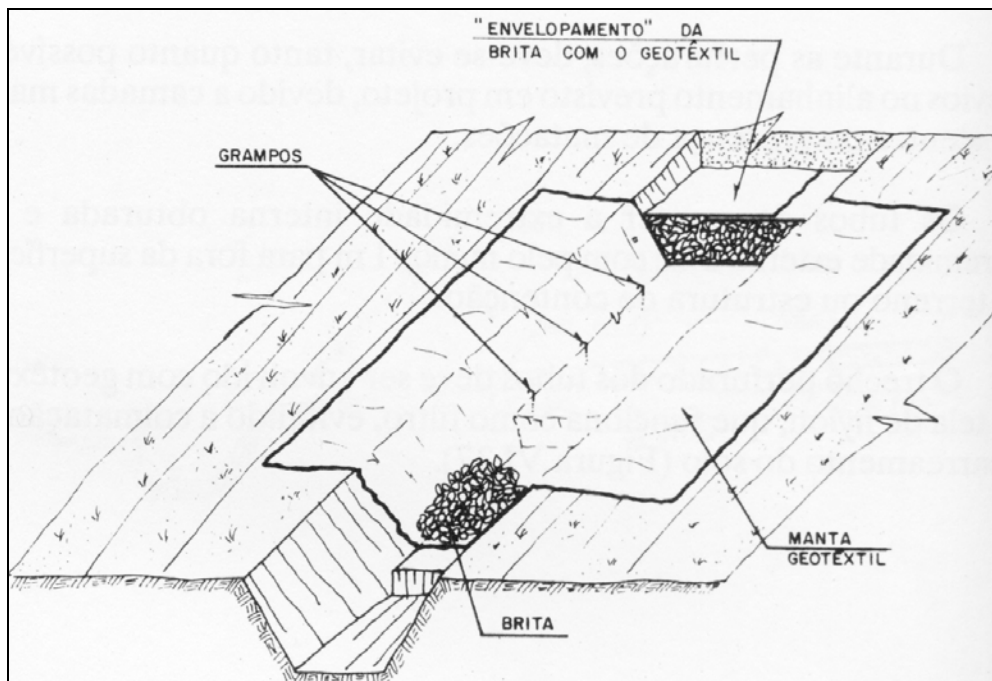
b.1) *Drenos sub-horizontais profundos (DHP)* – são tubos de drenagem, geralmente de PVC rígido, instalados em perfurações sub-horizontais e têm por finalidade a captação de parte da água de percolação interna de aterros ou cortes saturados.



Detalhe de um dreno sub-horizantal profundo DHP – Fonte IPT

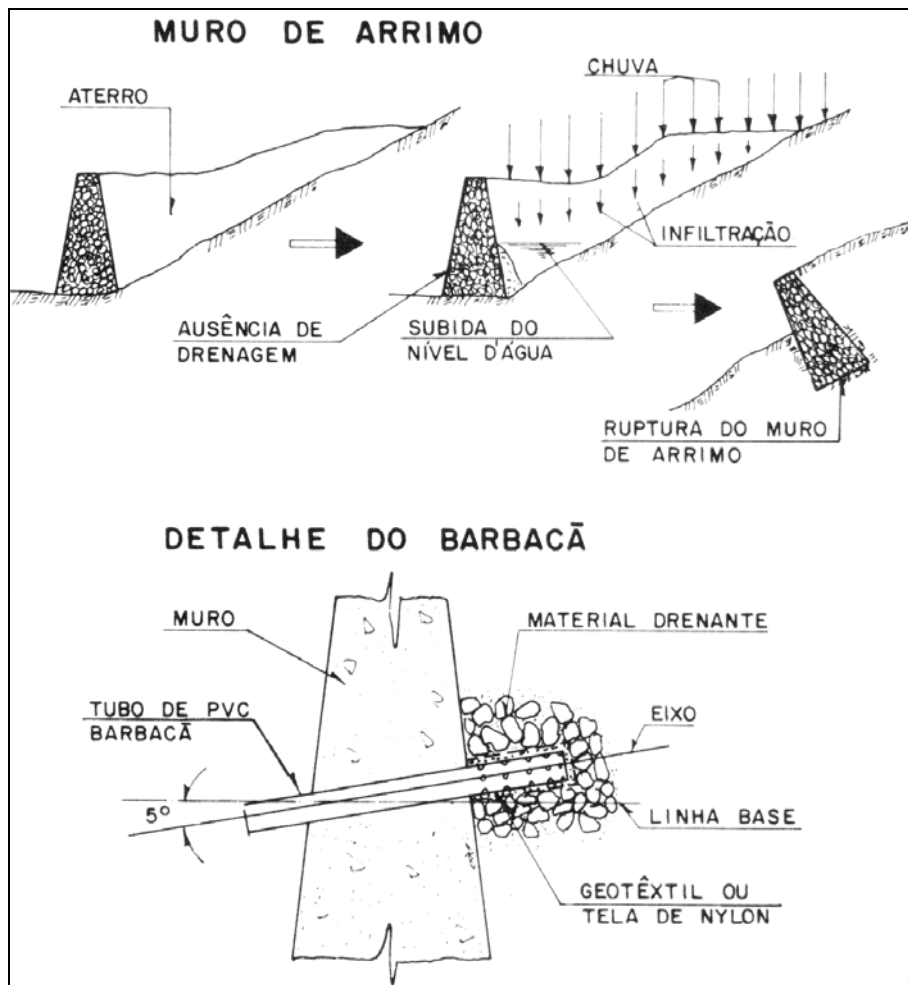
Deve-se tomar cuidado para que o tubo tenha a extremidade interna obturada através de um plug e que o trecho perfurado do tubo seja revestido com geotêxtil ou tela de nylon, que funciona como um filtro, evitando a colmatção e o carreamento do solo.

b.2) *Trincheiras drenantes* – consiste em drenos enterrados, utilizado tanto para captar a água que percola pelo maciço de solo como para conduzir esta água até pontos de captação e/ou lançamento a superfície. É utilizado freqüentemente associadas às pistas de rodovias, longitudinalmente junto às bordas do pavimento com o objetivo de impedir a subida do nível d'água no subleito do pavimento.



Detalhes de uma trincheira drenante – Fonte IPT

b.3) *Barbacãs* – consiste em tubos sub-horizontais curtos instalados em muros de concreto ou de pedra rejuntada, para coletar águas subterrâneas dos maciços situados a montante dos muros, rebaixando o nível do lençol freático junto ao muro e reduzindo o desenvolvimento de subpressões nas paredes internas do muro.



Ruptura de um muro de arrimo por ausência de drenagem e detalhe de um barbacã – Fonte IPT