

PARTE
D

COMO ESTABILIZAR AS ENCOSTAS

CAPÍTULO 10

Obras sem Estrutura de Contenção

CAPÍTULO 11

Obras com Estrutura de Contenção

CAPÍTULO 12

Proteção para Massas Movimentadas

CAPÍTULO 13

Drenagem

CAPÍTULO 14

Esgotamento Sanitário

CAPÍTULO 15

Lixo






As soluções estruturadoras para os morros são aquelas que possibilitam condições de estabilidade, que só se viabilizam quando a encosta é tratada como um todo, com soluções combinadas de retaludamento, de proteção superficial com materiais naturais e artificiais e de drenagem adequada à microbacia em questão, além de obras de estrutura de contenção, tais como muros de arrimo, quando necessários.

Obras pontuais, mesmo aquelas que utilizam muros de arrimo, podem perder sua eficácia em pouco tempo, chegando até a serem destruídas, pela falta de harmonia com o restante da área. Focos de erosão ou infiltração na descontinuidade de obra/solo surgem rapidamente após a sua conclusão.

Nos casos de avanço de massas já escorregadas ou resultantes de corridas, as soluções são encontradas em barreiras naturais ou artificiais, feitas com vegetação ou muros convencionais. Situações mais raras na Região Metropolitana do Recife, como a movimentação de blocos fraturados ou de matacões, podem ser resolvidas através de telas para sua retenção, ou apenas pela sua remoção, quando for tecnicamente viável.

É indispensável a visita de inspeção, para identificar as características particulares de cada lugar (*litologia, morfologia, drenagem*). As principais técnicas empregadas nas intervenções para estabilização de encostas, relacionadas nos próximos capítulos, são agregadas em três grandes grupos:

-  OBRAS SEM ESTRUTURA DE CONTENÇÃO
-  OBRAS COM ESTRUTURA DE CONTENÇÃO
-  PROTEÇÃO PARA MASSAS MOVIMENTADAS

Essas soluções servem para apoiar decisões que permitem a escolha do tipo de obra e serviço que melhor se adeque à estabilização da encosta. Apresentam também como objetivo estimular a criatividade para adaptação e/ou modificação total ou parcial das técnicas apresentadas, diante das características geotécnicas encontradas, dos recursos e mão-de-obra disponíveis e de outros fatores condicionantes.

A drenagem, o esgotamento sanitário e o lixo nos morros são abordados nos capítulos que seguem, uma vez que são elementos de relevantes para a manutenção da estabilidade das encostas.

OBRAS DE ESTABILIZAÇÃO DE ENCOSTAS

Grupos	Subgrupos		Tipos de Obras	
Obras sem estrutura de contenção	Retaludamento	Cortes	Taludes contínuo e escalonado	
		Aterro compactado	Carga de fase de talude (<i>muro de terra</i>)	
	Proteção superficial	Materiais naturais	Gramíneas	Gramíneas
			Gramma armada com geossintético	Gramma armada com geossintético
			Vegetação arbórea (<i>mata</i>)	Vegetação arbórea (<i>mata</i>)
			Selagem de fendas com solo argiloso	Selagem de fendas com solo argiloso
		Materiais artificiais	Canaleta de borda, de pé e de descida (<i>ver caps. 10 e 13</i>)	Canaleta de borda, de pé e de descida (<i>ver caps. 10 e 13</i>)
			Cimentado	Cimentado
			Geomanta e gramíneas	Geomanta e gramíneas
			Geocélula e solo compactado	Geocélula e solo compactado
			Tela argamassada	Tela argamassada
			Pano de pedra ou lajota	Pano de pedra ou lajota
	Estabilização de blocos	Alvenaria armada	Alvenaria armada	
Asfalto ou polietileno		Asfalto ou polietileno		
Obras com estrutura de contenção	Muro de arrimo	Lonas sintéticas (<i>pvc e outros materiais</i>)	Lonas sintéticas (<i>pvc e outros materiais</i>)	
		Retenção	Tela metálica e tirante	
		Remoção	Desmonte	
		Solo cimento	Solo cimento ensacado (<i>sacos de fibra têxtil ou geossintética</i>)	
		Pedra rachão	Pedra seca (<i>sem rejunte</i>)	
		Concreto	Alvenaria de pedra (<i>com rejunte</i>)	Alvenaria de pedra (<i>com rejunte</i>)
			Concreto armado	Concreto armado
	Gabião	Concreto ciclópico	Gabião-caixa	
	Bloco de concreto articulado	Bloco de concreto articulado (<i>pré-moldado encaixado sem rejunte</i>)	Bloco de concreto articulado (<i>pré-moldado encaixado sem rejunte</i>)	
	Solo-pneu	Solo-pneu	Solo-pneu	
	Outras soluções de contenção	Terra armada	Placa pré-moldada de concreto, ancoragem metálica ou geossintética	Placa pré-moldada de concreto, ancoragem metálica ou geossintética
		Micro-ancoragem	Placa e montante de concreto, ancoragem metálica ou geossintética	Placa e montante de concreto, ancoragem metálica ou geossintética
		Solo compactado e reforçado	Geossintético	Geossintético
Paramento de pré-moldado			Paramento de pré-moldado	
Obras de proteção para massas movimentadas	Contenção de massas movimentadas	Materiais naturais	Barreira vegetal	
		Materiais artificiais	Muro de espera	

CAPÍTULO 10

Obras sem Estrutura de Contenção

Retaludamento 10.1

Proteção superficial 10.2

Estabilização de blocos 10.3



10.1 Retaludamento

Os retaludamentos podem se destinar a um talude específico ou à alteração de todo o perfil de uma encosta. São intervenções para a estabilização de taludes, através de mudanças na sua geometria, particularmente através de cortes nas partes mais elevadas, visando regularizar a superfície e, sempre que possível, recompor artificialmente condições topográficas de maior estabilidade para o material que as constitui. Muitas vezes são combinados a aterros compactados para funcionar como carga estabilizadora na base da encosta.



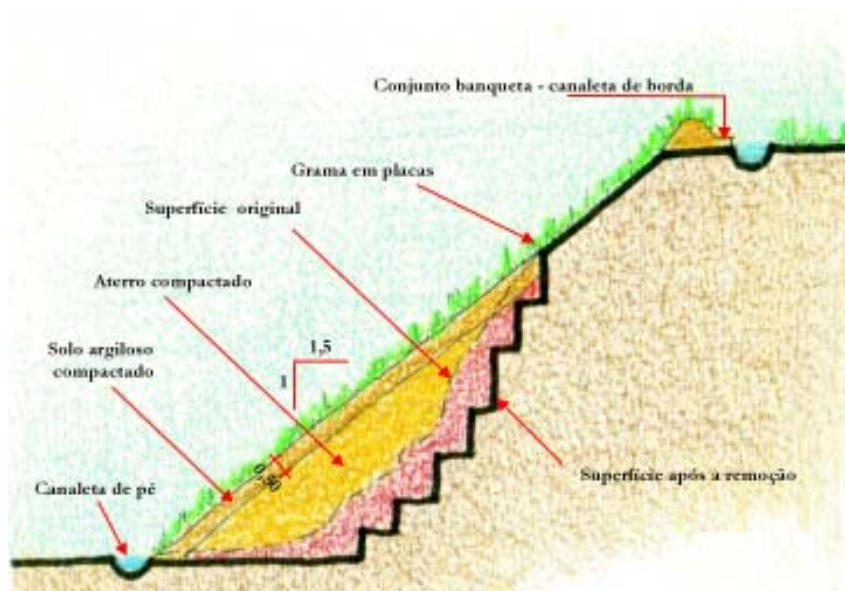
Áreas retaludadas ficam frágeis em virtude da exposição de novas áreas cortadas, razão pela qual o projeto de retaludamento deve incluir, indispensavelmente, proteção do talude alterado, através de revestimentos naturais ou artificiais associados a um sistema de drenagem eficiente.

ESQUEMA DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE RETALUDAMENTO

Adaptado de Cunha, 1991

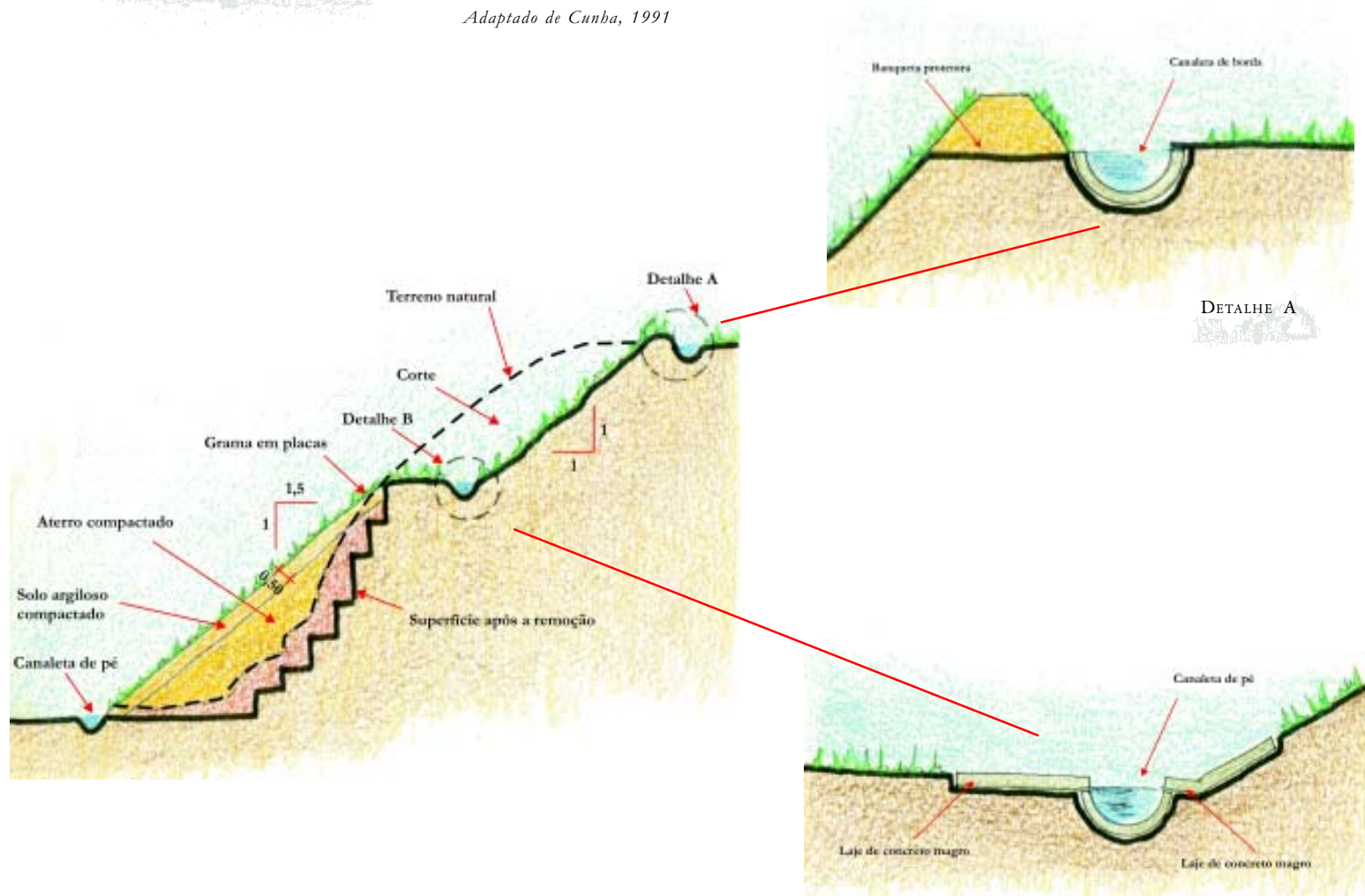


SITUAÇÃO SEM TRATAMENTO



SITUAÇÃO TRATADA

DETALHES da SITUAÇÃO TRATADA *seção transversal*
Adaptado de Cunha, 1991



DETALHE B

Cortes

Os cortes podem ser contínuos (*se a altura for inferior a 5m*) ou escalonados (*se a altura for superior a 5m*).

Cortes verticais a subverticais são incompatíveis com as condições naturais de equilíbrio dos materiais envolvidos. Os solos ou sedimentos têm o seu relevo definido pela ação da água e da gravidade, e suas formas e declives devem-se, por um lado, aos diferentes tipos de litologias, granulometrias, adensamento, estratificação e estruturas e, por outro, às condições climáticas locais, particularmente à umidade, temperatura e pluviosidade.

Cada solo ou sedimento, quando sujeito aos agentes geológicos de denudação, define seu perfil de equilíbrio, que se consolida com a fixação da vegetação. Com os cortes, esse equilíbrio é rompido e acentuam-se os processos de erosão e movimentos de massa. Essas alterações podem ser compensadas por retaludamentos e proteção posterior do corte com revestimentos e microdrenagem.



RETALUDAMENTO e REVESTIMENTO VEGETAL em ENCOSTA

Os cortes subverticais que não oferecem condições de retaludamento para declividades mais seguras podem ser estabilizados com recorte escalonado e tratados com microdrenagem e revestimentos adequados.



Nesses casos, a extensão máxima de talude deverá ter canaleta de pé e de borda, com declividade mínima longitudinal de 2%.

TALUDE VERTICAL



Recomendações

Cunha, 1991

Fazer a remoção do material a partir do topo do talude, para evitar acidentes com deslizamentos quando se descalça a base.

Em taludes contínuos, com mais de 5m de altura, escalonar degraus (bermas ou banquetas), para reduzir o percurso da água sobre a face do talude.

Fazer a proteção superficial do talude harmonizada ao sistema de microdrenagem, previamente dimensionado no projeto de retaludamento.

Remover o material excedente, evitando danos às áreas vizinhas, bem como o assoreamento das linhas de drenagem.

Em solos arenosos, a frente de trabalho não deve ter mais de 2 metros de extensão horizontal; taludes com maior extensão devem ser executados por etapas, dentro dos limites de segurança.



FRENTE DE TRABALHO para RETALUDAMENTO
Adaptado do Manual de Recuperação de Áreas Degradadas em Loteamentos
IPT e Governo do Estado de São Paulo, 1986

Aterro compactado

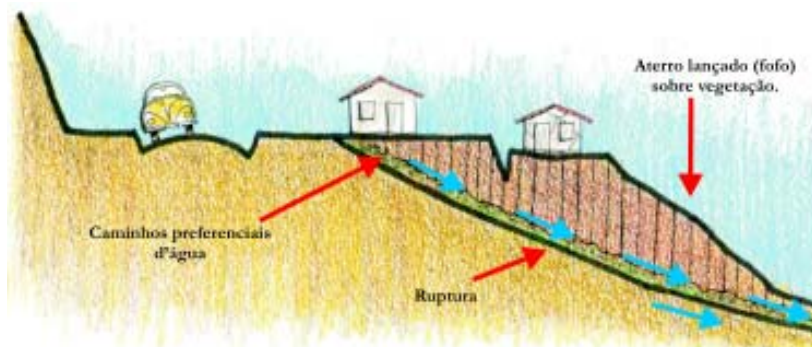
A ocorrência de solos residuais ou sedimentos friáveis, facilmente desagregáveis com o auxílio de enxadas, ou outro instrumento similar, facilita a prática de cortes e aterros nas encostas, para a criação de lotes planos. São assim gerados os terrenos ou patamares para a ocupação, onde o material retirado do corte é lançado encosta abaixo, sem uma limpeza preliminar, formando um bota-fora inadequadamente chamado de aterro.

PATAMARES ESCALONADOS



DESLIZAMENTO de ATERRO não COMPACTADO

Adaptado de Cunha, 1991

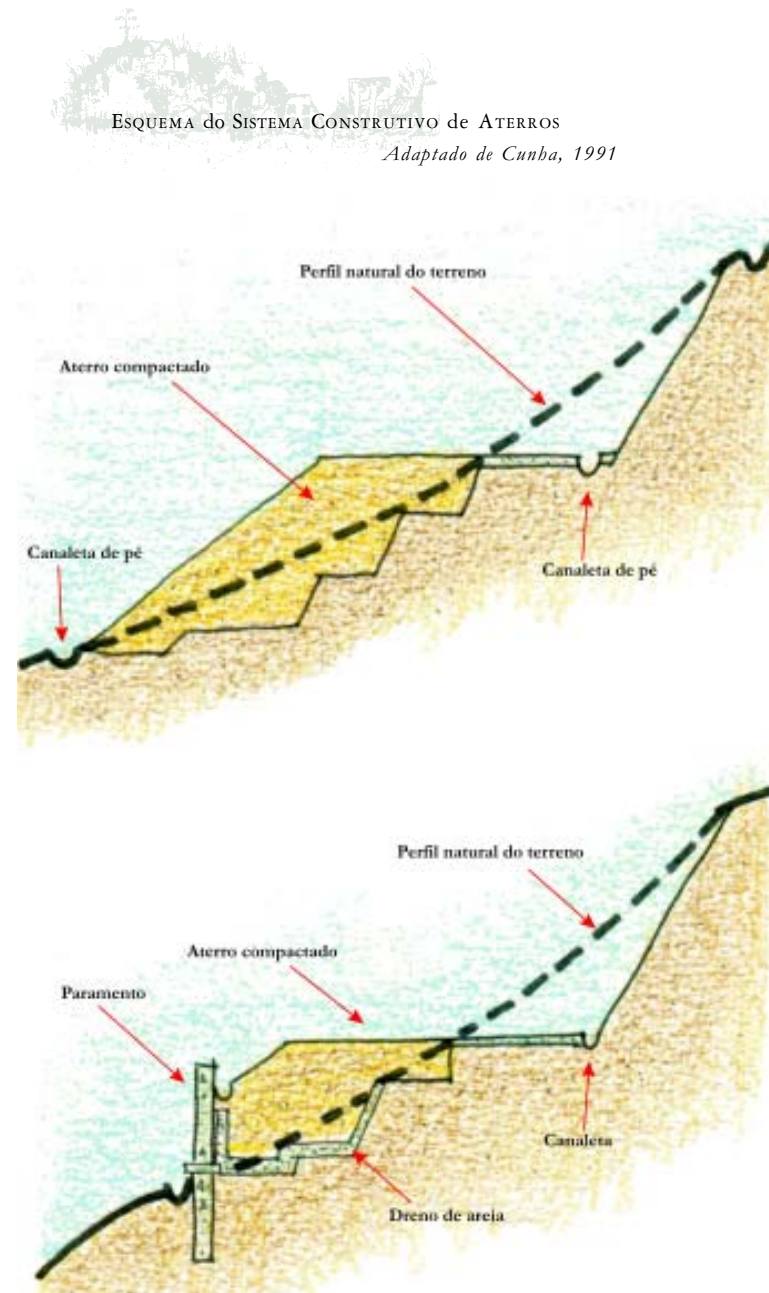


A cobertura vegetal e o solo superficial com raízes, além do lixo lançado na superfície, quando soterrados por esse material, vão sofrendo decomposição ao longo do tempo e passam a constituir uma superfície rica em matéria orgânica, que quando saturada pelas águas percolantes funciona como lubrificante para o deslizamento. Esses depósitos são utilizados para ampliar o patamar, e quando a casa é parcialmente construída sobre eles desenvolve fissuras em paredes e piso, ao longo da linha divisória solo/aterro. Ocorrem, com grande frequência, deslizamentos decorrentes da ruptura desses “aterros”.

A execução de aterros, de um modo geral, envolve preparação preliminar do terreno a ser aterrado (desmatamento, destocamento e limpeza), seguida das operações de descarga, espalhamento, homogeneização, umedecimento e compactação. Os materiais empregados devem atender às normas vigentes e não podem conter matéria orgânica (turfas e argilas orgânicas), material micáceo ou diatomáceo (FIDEM, 2001 a). Para o corpo dos aterros a espessura de cada camada compactada não deve ultrapassar 20cm para a compactação manual, podendo chegar a 30cm nas camadas compactadas mecanicamente (sapinhos, chapas vibratórias e outros).

Nas encostas, deverão ser observados cuidados adicionais: além da limpeza, a superfície da encosta deverá ser escarificada formando sulcos horizontais paralelos às curvas de nível, e em caso de declividades altas deve ser cortada em degraus escalonados, antes da aplicação dos aterros.

A inclinação dos taludes de aterros varia com a natureza dos solos utilizados e as condições locais. Nas encostas, é conveniente não ultrapassar a declividade de 1:2 (vert:horiz). Em áreas onde não é possível o uso de máquinas, devem ser usados soquetes manuais ou sapos mecânicos, mantendo-se, entretanto, as especificações quanto à massa específica aparente seca de, no mínimo, 95% da obtida no próctor normal, e a umidade controlada de mais ou menos 1% em torno da umidade ótima do próctor normal, exigidas para o corpo de aterros. Há meios simples de realizar tais controles (FIDEM, 2001 a).



Recomendações

Fazer o retaludamento dos aterros, deixando-os com declividades não superiores a 1:2 (vert:horiz).

Construir bermas para aumento da carga, no pé dos aterros.

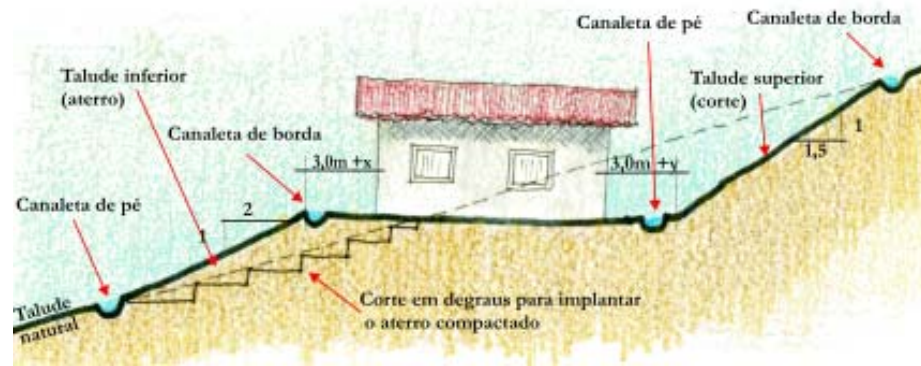
Recompor o revestimento vegetal dos taludes para reduzir a infiltração e conter a erosão.

Fazer o redirecionamento da drenagem (canaletas de borda, de descida e de pé)
para evitar concentração de água sobre o talude.

Relações da moradia com os taludes de corte e aterro

CONVERSÃO das DECLIVIDADES MAIS USADAS

Porcentagem	Grau	Proporção
1%	0° 34'	1:100
6%	03° 26'	1:16,7
15%	08° 35'	1:6,7
30%	16° 41'	1:3,3
50%	26° 34'	1:2,0
58%	30° 00'	1:1,7
67%	34° 00'	1:1,5
75%	36° 52'	1:1,3
100%	45° 00'	1:1,0
200%	63° 27'	1:0,5
500%	78° 42'	1:0,2
1.000%	84° 18'	1:0,1



RECUSOS MÍNIMOS entre a EDIFICAÇÃO e os TALUDES

CLASSIFICAÇÃO dos TALUDES

Scholz, 1972

Grau	Classe
0° - 2°	plano
2° - 5°	suavemente inclinado
5° - 15°	fortemente inclinado
15° - 25°	íngreme
25° - 35°	muito íngreme
35° - 55°	precipício
> 55°	vertical

Embora cada situação exija análise técnica para definir o projeto de intervenção, de um modo geral os seguintes limites devem ser observados:

declividade máxima do talude de corte - (1:1,5)

declividade máxima do aterro - (1:2)

distância mínima entre a casa e o talude superior - 3m

distância mínima entre a fossa e a borda do talude inferior - 5m

distância mínima da moradia para a borda do talude inferior - 3m

No caso de cortes muito altos e íngremes, acima de 15m, a distância mínima entre a casa e a borda do talude é de 5m.

Estudo de caso: ENCOSTAS ÍNGREMES EM AGUAZINHA, OLINDA

DETALHE
Moradias em Risco ao Pé do Colúvio

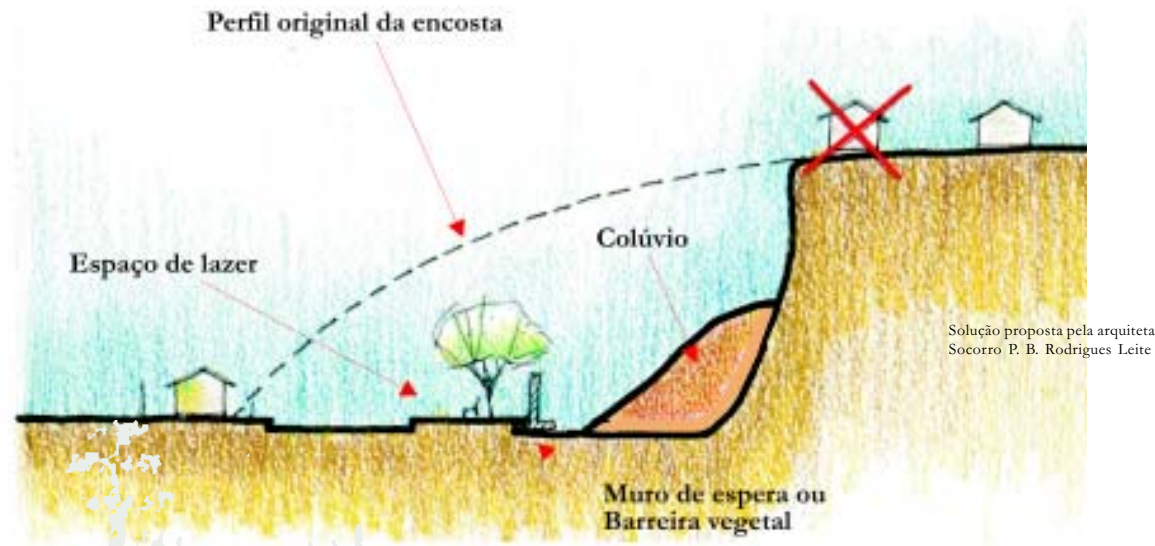


ÁREA de MINERAÇÃO
Aguzinha, Olinda



As jazidas e áreas de empréstimo para a construção civil são, tradicionalmente, objeto de invasões pela população pobre. Resultam sempre em situações de risco, tendo em vista a construção de moradias na linha de crista e próximas ao pé da frente de exploração, que é um corte de grande altura e praticamente vertical.

As moradias do topo correm sério risco de desabamento, seja por deslizamentos ou por erosão (a depender da textura do sedimento ou do solo e das condições das chuvas); aquelas construídas na base ficam muito próximas aos depósitos de colúvio, sujeitas, portanto, ao soterramento por ocasião dos movimentos de massa ou das corridas de lama/areia, durante as enxurradas.



Recomendações

Remover as moradias a menos de 5 metros da linha de crista e a menos de 10 metros da massa de colúvio, definindo oficialmente esta faixa como área não edificável.

Construir barreiras vegetais e/ou muros de espera, para reduzir o assoreamento e proteger vias públicas ou moradias a jusante das corridas de terra e dos deslizamentos.

10.2 Proteção superficial



MURO de ARRIMO em PEDRA RACHÃO parcialmente destruído
Dois Carneiros - Ibura, Recife

Quando a população dos morros é consultada sobre o que acha que segura as encostas, a resposta é quase unânime: muros de arrimo. Com certa frequência, têm ocorrido acidentes de quedas de muros sobre as casas situadas logo abaixo, com não raros casos de óbitos. Esses acidentes são, em sua maioria, decorrentes de construções incorretas e maldimensionadas, concebidas e construídas pelos próprios moradores, sem a orientação técnica necessária, ou mesmo sob a responsabilidade do poder público, por falta de fiscalização e controle de qualidade da obra executada.

Embora seja uma solução indispensável para a contenção de encostas, quando se aplicam ao caso, os muros de arrimo não precisam ser a primeira opção nas situações de redução e prevenção do risco. Em sua grande maioria, taludes naturais ou de corte têm nas soluções de revestimento e drenagem as respostas mais eficientes, de mais rápida execução e com mais baixo custo, para a sua estabilização. Os desmatamentos e a remoção das camadas superficiais dos solos, expondo os terrenos à erosão e à infiltração da água, são a principal causa dos desmoronamentos e deslizamentos que ocorrem nos morros. A proteção superficial de taludes tem um papel fundamental na sua estabilização, impedindo a ocorrência de processos erosivos e reduzindo a infiltração de água nas superfícies desprotegidas. Os revestimentos para essa proteção podem utilizar materiais naturais ou materiais artificiais, em função das características do solo e da topografia local, ambos com resultados positivos e duradouros, a depender da manutenção que recebem. O revestimento superficial tem a função de reduzir o volume da água de infiltração, fazendo, portanto, com que aumente o volume das águas de escoamento superficial. Daí a importância de um projeto que considere a encosta no contexto da sua micro-bacia, buscando resolver o escoamento superficial através de um sistema de microdrenagem, com canaletas e dissipadores de energia compatíveis com as vazões e os caminhos naturais da água.

Proteção superficial com materiais naturais

Os materiais naturais adotados nos revestimentos são os vegetais e o solo natural, este último utilizado, principalmente, no fechamento de fendas e em alguns revestimentos rudimentares.



O revestimento vegetal tem várias funções: atenuar o choque das chuvas sobre o solo, contendo a erosão; reduzir a infiltração das águas, fazendo-as escoar em grande parte sobre suas folhas; proteger a parte superficial do solo da erosão, em decorrência da trama formada por suas raízes, reduzindo também a infiltração das águas, além de contribuir para amenizar a temperatura local e criar um ambiente visualmente mais agradável.

REVESTIMENTO VEGETAL
Bariti, Recife

Não se observa, por parte da população dos morros, os cuidados necessários para a manutenção da vegetação nos taludes, alegando que, em razão da grande proximidade da moradia para com a barreira, a vegetação traz, para dentro das casas, insetos e ratos. Além disso, a sensação de segurança é mais forte quando as encostas recebem revestimentos cimentados, exigindo um esforço adicional de convencimento para a aceitação dos tratamentos com retaludamento e recomposição da vegetação.

TÉCNICA de REVESTIMENTO VEGETAL
 Adaptado de FIDEM, 2001a

Critério para Indicação	Solução	Finalidade	Detalhes Técnicos
Solo exposto em qualquer declividade	Revestimento vegetal (precedido de retaludamento ou escarificação da superfície do talude)	Plantio de gramíneas por leivas	Regularização e preparo do solo com terra vegetal para receber as placas retangulares (40x20x6cm); em declividades superiores a 34°, as placas deverão ser grampeadas com pequenas estacas de bambu ou madeira; devem ser irrigadas para melhor resultado.
		Plantio de mudas	Preparo do solo, abertura de linhas de sulco de 10x10cm segundo curvas de nível com distância entre linhas de 30cm e plantio das touceiras; irrigar durante o período de pega.
		Hidrosemeadura (jateamento de sementes)	Semeadura por jateamento é indicado para taludes íngremes onde as práticas convencionais são dificultadas pela declividade; jatos de água com sementes e adubo (químico ou orgânico) são lançados por compressores em caminhões-pipa sobre a encosta previamente preparada; também não dispensam a rega.

Recomendações

Adotar, para o revestimento dos taludes próximos às moradias, gramíneas de menor porte, a fim de evitar ninhos de animais nocivos; em taludes muito próximos da casa, usar preferencialmente revestimentos cimentados.

Adotar a recomposição vegetal nativa nas áreas desmatadas, em encostas íngremes e em áreas não edificáveis, interdidas à ocupação, adotando práticas de plantio de mudas ou lançamento de sementes.

Sugerir sempre o corte (e destoca) das touceiras de bananeiras em taludes inclinados ou próximos a depósitos de lixo.

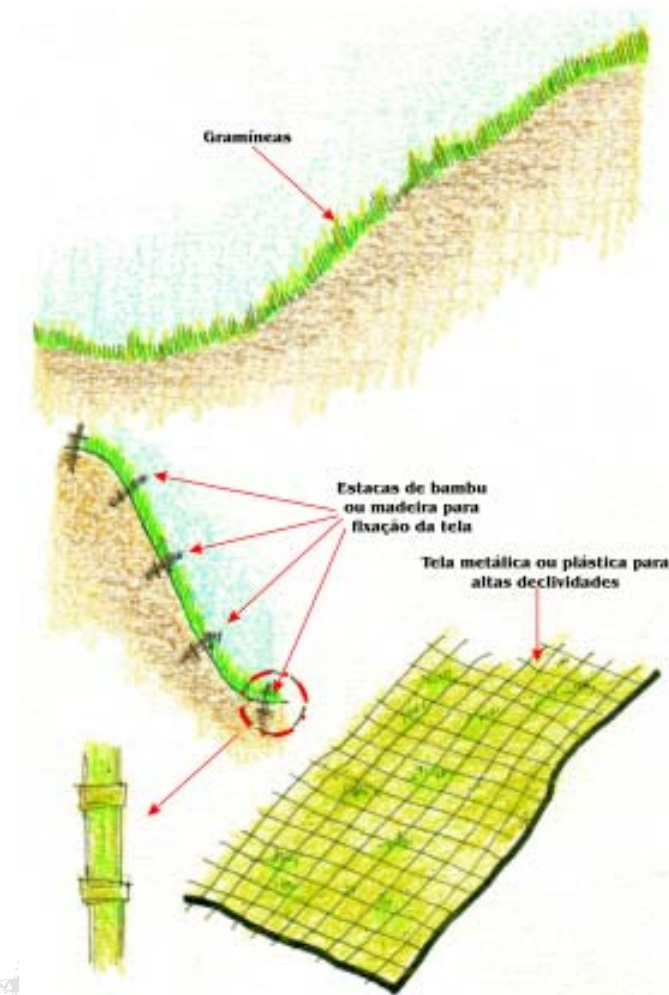
Erradicar as árvores de grande porte no terço superior da encosta, particularmente as que já se apresentam inclinadas.

As árvores situadas no pé da encosta, que podem funcionar como barreira vegetal, devem ser mantidas; árvores nos patamares, afastadas da borda da encosta, geralmente não oferecem risco.

Sugerir ou induzir (através da doação de mudas) o plantio de frutíferas de pequeno porte, como pitanga, acerola, goiaba, que não oferecem perigo nas encostas e representam fonte alimentar.

Revestimento com gramíneas

A vegetação herbácea, popularmente conhecida como mato ou relva, onde se inclui grande parte das gramíneas (família vegetal que abrange diversas variedades de gramas, alguns capins, milho, cana-de-açúcar, entre outras), é o revestimento vegetal mais indicado para a proteção de taludes de corte ou encostas desmatadas para ocupação urbana.



REVESTIMENTO COM GRAMÍNEA
 Adaptado de Cunha, 1991

Revestimento com grama armada com geossintético

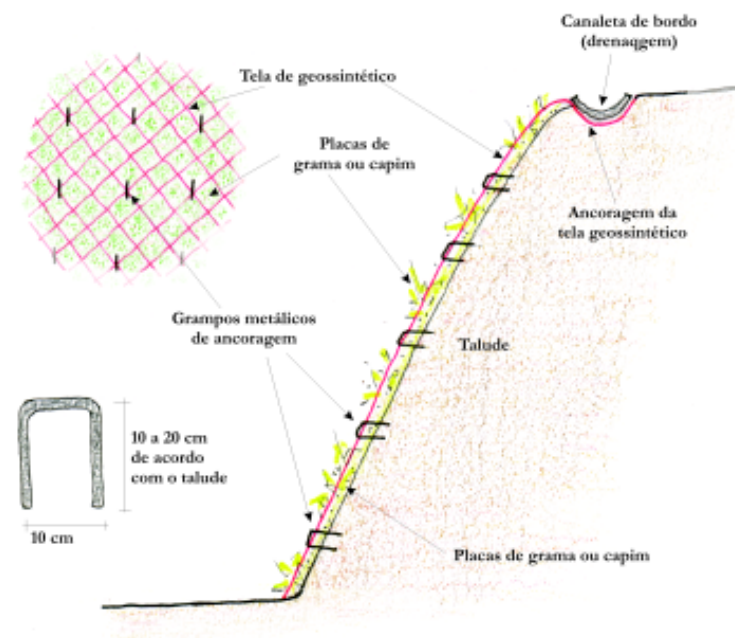
A utilização do revestimento em *grama armada* é recomendada para taludes que apresentem inclinações e/ou presença de solos áridos que impossibilitem o plantio de vegetação em curto espaço de tempo. Para evitar o deslizamento, a montagem das placas de *grama armada* deve ser feita no talude, de baixo para cima, fixando-as imediatamente com tela geossintética presa por grampos.

A confecção dos grampos metálicos deve ser feita em aço comum utilizado na construção civil.

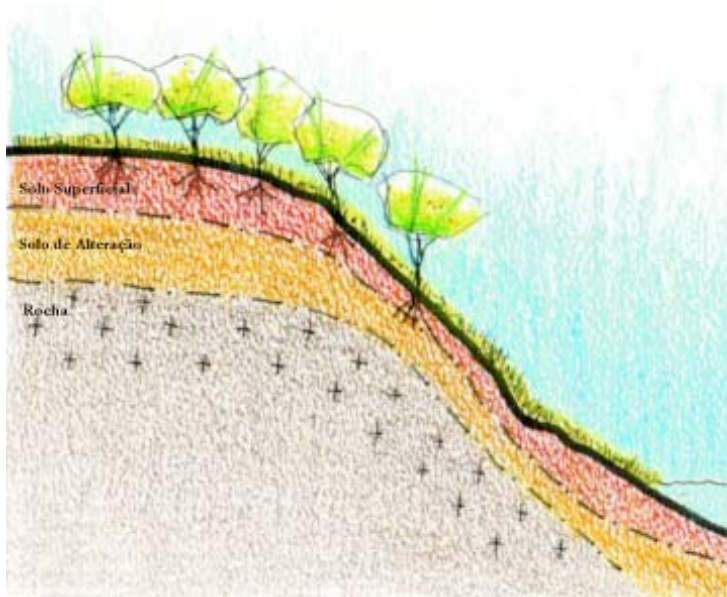
Após a fixação da tela geossintética sobre o talude, pode-se adicionar terra vegetal para propiciar melhor desenvolvimento da grama aplicada.

ESQUEMA do SISTEMA CONSTRUTIVO de GRAMA ARMADA em GEOSINTÉTICO

Adaptado de SAMPA, 1992



Revestimento com vegetação arbórea



PERFIL de SOLO RESIDUAL

*Adaptado do Manual de Recuperação de Áreas Degradadas em Loteamentos
IPT e Governo do Estado de São Paulo, 1986*

ENCOSTA COM COBERTURA NATURAL ARBÓREA



Algumas encostas que tiveram sua cobertura natural removida podem sofrer deslizamentos ou erosão, oferecendo risco para redes viárias, gasodutos, linhas de transmissão e outros equipamentos públicos. A recomposição da vegetação de maior porte é, muitas vezes, indicada para restaurar a mata natural, melhorando as condições de estabilidade pela presença das raízes e para proteger o solo da erosão e infiltração excessivas. Em áreas de alto risco, interditadas para a ocupação, é também indicada a recomposição da vegetação natural. Dependendo das condições de acesso e segurança, pode ser feito o replantio através de mudas e sementes, ou através do lançamento aéreo de sementes, de espécies variadas da flora nativa, ou ainda por hidrossemeadura.

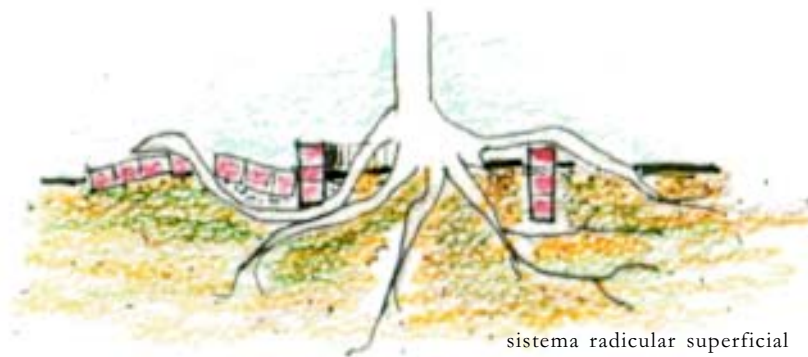


TIPOS de RAÍZES

Mesquita, 1996



sistema radicular pivotante profundo



sistema radicular superficial

Um importante efeito mecânico da vegetação é a estruturação do solo através do sistema radicular. O sistema formado pelo entrelaçamento das raízes retém o solo, inserindo-se em espaços vazios, agregando grânulos, seixos e até blocos maiores aos materiais mais finos, com um efeito importante sobre a resistência ao cisalhamento dos solos.

Ensaio de cisalhamento “in situ”, realizados em blocos moldados em solos contendo raízes vivas (*Endo & Tsuruta, 1969, in: Prandini et al. 1973*), mostraram um incremento de resistência diretamente proporcional à densidade das raízes existentes. Com a morte da camada vegetal, esse efeito cessa gradualmente (4 a 5 anos), pela decomposição das raízes.

No caso de árvores de grande porte, o efeito mecânico principal é o de alavanca, como resultado da ação da gravidade, combinado à ação dos ventos mais fortes. Árvores de grande porte (coqueiros, mangueiras, jambeiros, entre outras) em encostas de alta declividade devem ser erradicadas, podendo ser substituídas por outras de pequeno e médio porte, como pitangueiras, aceroleiras e goiabeiras, mais compatíveis com as condições topográficas do lugar. Os patamares mais extensos e estáveis suportam, sem maiores problemas, as árvores frutíferas de grande porte, comuns nos morros. Árvores inclinadas, mesmo que ligeiramente, podem ser um sinal de movimentação da encosta, devendo ser imediatamente erradicadas, a fim de reduzir as trações sobre a massa de solo. Quando começam a sofrer inclinação (os coqueiros mostram bem esse problema) formam-se curvaturas no tronco, pela tendência a retomar a posição vertical.



ÁRVORES em ENCOSTAS



ÁRVORE na BORDA do TALUDE

CLASSIFICAÇÃO das ESPÉCIES ARBUSTIVAS e ARBÓREAS SEGUNDO o PORTE

Mesquita, 1996

Espécies Vegetais	Elementos Definidores (m)		
	Altura	Circunferência do Tronco à Altura do Peito (CAP)	Diâmetro da Copa
Arbustos	2,0 – 5,0	0,2 – 0,35	1,5 – 3,0
Arvoretas	2,5 – 6,0	0,2 – 0,50	2,0 – 3,5
Árvores de pequeno porte	< 6,0	0,4 – 0,80	< 5,0
Árvores de médio porte	6,0 – 12,0	0,7 – 1,75	5,0 – 10,0
Árvores de grande porte	> 12,0	1,0 – 3,00	8,0 – 15,0

As bananeiras, tão comuns nas paisagens dos morros, embora pertençam à família das herbáceas, têm um efeito muito negativo quando instaladas em encostas. Desenvolvem-se sobre colúvios ou aterros não compactados, geralmente com a presença de lixo orgânico, aproveitando a boa porosidade e permeabilidade desses depósitos para acumular grandes volumes de água, de que necessitam para o seu metabolismo. São particularmente exuberantes as bananeiras nascidas próximas a fossas e locais de lançamento de águas servidas.

Suas raízes não cumprem o papel de estruturação dos solos desempenhado por outros vegetais, sendo comumente responsáveis pelo arrastamento desses solos durante os deslizamentos: bananeiras têm presença quase obrigatória nas imagens de acidentes ocorridos na Região Metropolitana do Recife.



BANANEIRAS na ENCOSTA

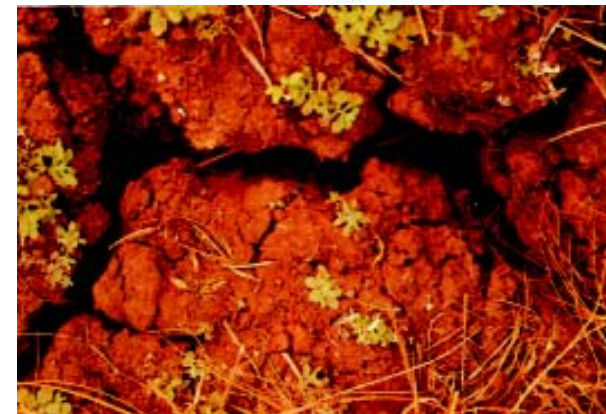
Selagem de fendas com solo argiloso

As fendas nos terrenos podem resultar do ressecamento de solos calcários (vérticos) e sedimentos com argilas expansivas, determinando uma malha com padrão grosseiramente hexagonal, sendo também conhecidas como gretas de dissecação. Esse tipo de fenda facilita a penetração da água no solo (razão pela qual devem ser seladas), porém não tem relação com rupturas ou tensões internas no maciço. Aberturas alongadas, isoladas ou paralelas, na superfície do terreno, representam fendas de rupturas em solos, aterros, ou no contato solo/aterro, por tensões de cisalhamento sobre as massas em desequilíbrio gravitacional. Quando o terreno mostra desnível entre os dois lados de uma fenda, indicando movimento na encosta, é um sinal evidente de risco de acidentes para as moradias já afetadas por trincas, ou no raio de ação do provável deslizamento (próximas ao topo e à base do talude rompido).

Ao permanecerem abertas, essas fendas permitem maior percolação de água para o interior dos solos, exatamente ao longo do plano de ruptura, sendo recomendável o seu fechamento ou selagem. Vários materiais podem ser usados como selantes: solos argilosos, calda de solo cimento, asfalto ou resinas sintéticas, estas de custo bem mais elevado. A lama de bentonita, com propriedades expansivas, tem sido ocasionalmente usada no fechamento de fendas em solos arenosos, pela sua boa aderência aos espaços porosos. Entretanto esse material pode apresentar consequências negativas a longo prazo, quando aplicado em fendas profundas que venham a ser alcançadas intermitentemente pelo nível freático nos períodos chuvosos, intercalando fases de expansão e contração.

O recobrimento da área da fenda com lonas plásticas reduz a infiltração direta de água através da fenda, porém, sem o redirecionamento das águas que se infiltram na superfície da encosta, representa uma solução tópica, de pequeno efeito.

GRETAS de DISSECAÇÃO
Oliveira et al, 1992



FENDA de RUPTURA
UR-10, Recife

Recomendações

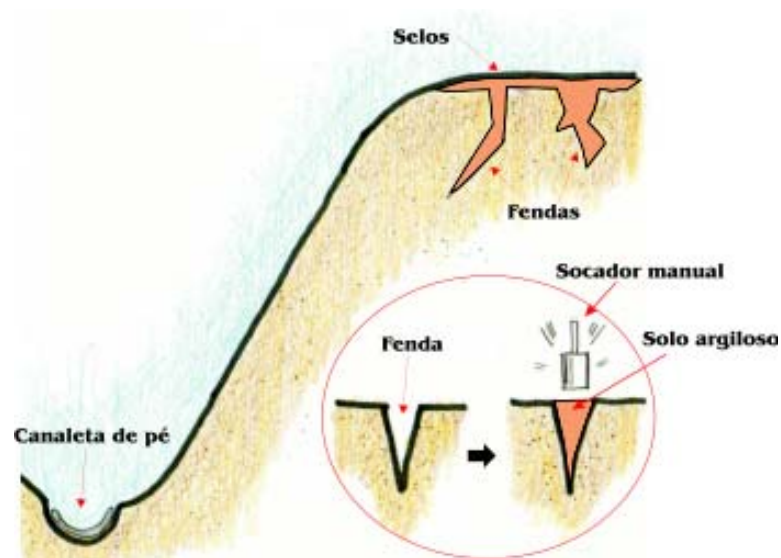
Remoção imediata das edificações que se encontrem total ou parcialmente sobre a massa rompida e a menos de 5 metros da fenda, no topo; na base da encosta, deverão ser removidas as casas que fiquem nas imediações da frente do deslizamento, sendo que a distância depende das dimensões da ruptura e do volume de solo envolvido no processo, mas não deve ser inferior a 10 metros; em encostas muito íngremes, essas distâncias precisam ser redimensionadas em função da geometria da encosta e da superfície de ruptura.

Selagem das fendas, juntamente com as soluções de drenagem, quais sejam, redirecionamento das águas, através de canaletas de borda, no lado não movimentado, e canaletas de descida, lateralmente posicionadas em relação ao corpo rompido.

Usar, sempre que possível, solo argiloso, não expansivo e não orgânico, pelas suas propriedades impermeabilizantes, baixo custo e facilidade de aplicação.

Obras para a contenção da massa rompida só se justificam quando a perda material, por um possível acidente, for significativa; na maioria das vezes, a área deve ser interdita, deixando-se que ocorra a estabilização natural, pela ação da gravidade.

Fechamento imediato das fendas com argilas ou outros materiais selantes.



FECHAMENTO de FENDAS em ENCOSTAS

Proteção superficial com materiais artificiais



REVESTIMENTO COMPLETO com DRENAGEM
Córrego do Boleiro, Recife



Os revestimentos artificiais para impermeabilização de encostas mostram melhor rendimento e vida útil quando executados juntamente com retaludamento e microdrenagem, tratando o talude de modo completo.

É importante que o revestimento seja parte de um tratamento estruturador para a encosta, onde a drenagem, os acessos e a contenção sejam solucionados em conjunto. Em grande parte dos casos, o tratamento dispensa a construção de muros de arrimo, sendo a solução baseada essencialmente na impermeabilização e no sistema de microdrenagem e vias de acesso.

A escolha do tipo de revestimento depende da natureza do material (rocha, solo ou sedimento) e da declividade do talude: solos mais argilosos respondem melhor à fixação das telas que os arenosos; lajotas em taludes verticalizados podem provocar acidentes, quando ocorre o seu descolamento.



REVESTIMENTO PARCIAL sem SOLUÇÃO de DRENAGEM
Dois Carneiros - Ibura, Recife



Revestimento com cimentado

REVESTIMENTO CIMENTADO
Camaragibe



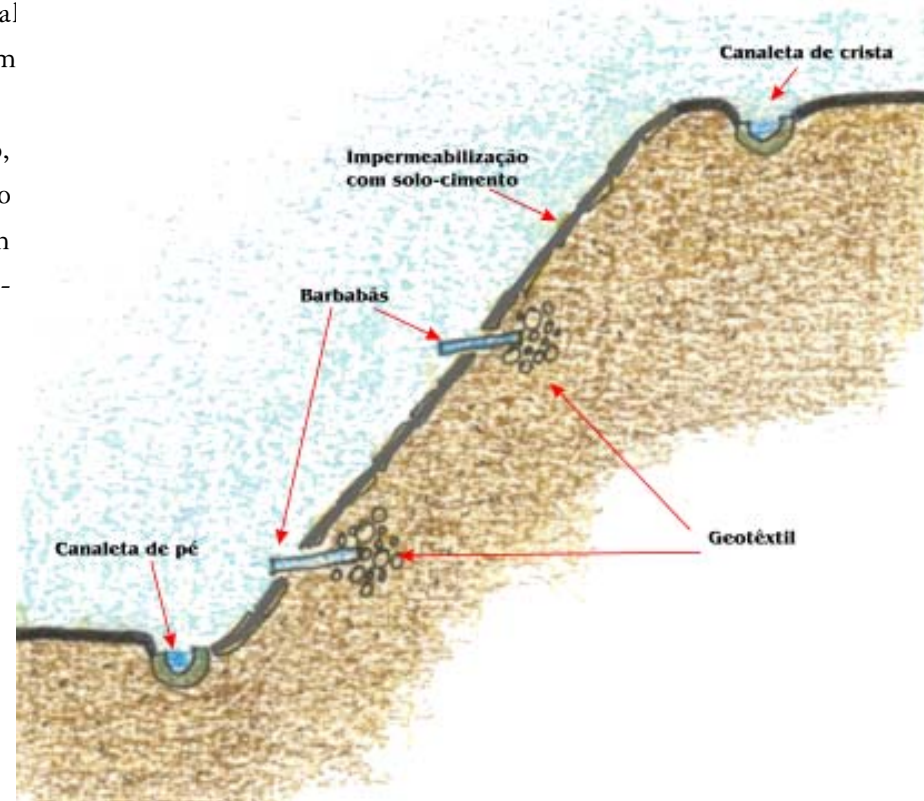
O cimentado para revestimento de taludes é constituído por uma mistura de cimento Portland, areia e água, usando o traço 1:3. Poderá ser utilizado o próprio solo do talude, desde que não contenha matéria orgânica, ou material retido na peneira de 4,8mm, sendo nesse caso também denominado de solo-cimento (Cunha, 1991). Os materiais serão misturados até atingir cor uniforme e o solo-cimento deve ser aplicado e compactado imediatamente, não ultrapassando 3 horas entre o momento de incorporação do cimento e o acabamento do revestimento. A mistura deve ser aplicada sobre o talude, a partir do pé para a sua crista, de forma a se obter a seção projetada. No caso de execução de revestimento em degraus ou bermas, serão utilizadas formas de madeira, nas quais será lançada a mistura.

As superfícies dos taludes deverão ser preparadas, limpas e aplainadas, removendo os ressaltos terrosos. Quando forem rochosos, não precisam ser removidos. Os sulcos de erosão, provocados pelas águas pluviais, deverão ser preenchidos com solo-cimento, na umidade ótima, com um teor variável até 10% em peso de cimento Portland comum e compactado com soquete, antes de executar o revestimento (FIDEM, 2001 a).

É de suma importância a execução da compactação e do acabamento. O tempo consumido nessa operação deverá ser o estritamente necessário, antes que se inicie a pega do cimento. A compactação será executada a partir do pé do tal direção à crista, por meio de soquetes manuais ou m

O revestimento executado deverá ser mantido úmido, durante sete dias, para a cura. A aplicação de emulsão asfáltica do tipo RR-2K, diluída em partes iguais em água, poderá ser recomendada para a cura do solo-cimento.

Cunha(1991) sugere a aplicação de uma mistura amplamente utilizada em Hong Kong, de solo-cal-cimento na proporção 20:3:1, aplicada em duas camadas com espessura mínima de 2cm cada, sendo a primeira rugosa, e a segunda, lisa. Destaca que embora frágil, esse revestimento, quando monitorado (para a execução de reparos) pelo próprio morador, pode ter grande durabilidade. Eles devem contar com drenos (barbacãs) para reduzir as poro-pressões da água bloqueada pelo revestimento.



ESQUEMA do SISTEMA CONSTRUTIVO de REVESTIMENTO com SOLO-CIMENTO

Adaptado de Cunha, 1991

Revestimento com geomanta e gramíneas



A geomanta atua como proteção contra erosões superficiais provocadas pelo impacto das chuvas e fluxos superficiais durante o período de desenvolvimento e fixação dos vegetais.



Constituída de materiais sintéticos que não degradam, tem aparência de uma manta extremamente porosa que oferece ancoragem adequada para as raízes após o crescimento da vegetação.



Essa solução apresenta vantagem de utilização quando não se dispõe de tempo suficiente para implantação da cobertura vegetal, e/ou quando a inclinação do talude dificulta solução com o plantio de gramíneas.



foto cedida pela empresa MACCAFERRI do Brasil Ltda (Recife)



foto cedida pela empresa MACCAFERRI do Brasil Ltda (Recife)

Revestimento com geocélula e solo compactado



foto cedida pela empresa MACCAFERRI do Brasil Ltda (Recife)

GEOGRELHA



Constituído por células de materiais geossintéticos, de estrutura semiflexível, é um revestimento indicado para aplicação em talude em solo árido, onde não se consegue um bom desenvolvimento de vegetação.

De construção simples e rápida, promovem a formação de uma cobertura que protege o solo natural, favorecendo a retenção de material de *“terra vegetal”* que permite a fixação do revestimento vegetal. Em alguns casos, os espaços da geocélula podem ser preenchidos com concreto para revestimentos, coberturas e proteções de superfícies.

Como o revestimento com geomanta, as geocélulas apresentam vantagem de utilização quando não se dispõe de tempo suficiente para implantação da cobertura vegetal e/ou quando a inclinação do talude dificulta a plantação de gramíneas.

Revestimento com tela argamassada



REVESTIMENTO COM TELA ARGAMASSA
Camaragibe

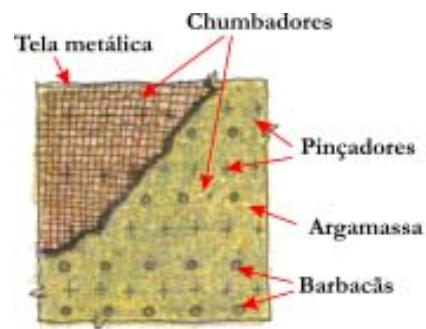
A tela argamassada, para revestimento de taludes, consiste no preenchimento e revestimento de uma tela galvanizada, por uma argamassa de cimento Portland e areia, no traço 1:3.

A água deverá ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais; a tela é de aço galvanizado, em arranjo hexagonal com malha 2-E em fio 18; o agregado miúdo é formado por areia natural, com diâmetro máximo de 4,8mm, sem matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais (FIDEM, 2001 a).

A ancoragem das telas de aço galvanizado é feita sobre a superfície do talude regularizado, com traspasse, em todas as extremidades, de 20cm, e fixadas ao terreno com ganchos de ferro de 3/8", instalados a cada 1,00m, em todas as direções. Deverão ser instalados drenos em tubos de PVC de 4", com filtro de geotêxtil (ou bidim com 20cm x 30cm x 20cm) na parte interna, e fixados com profundidade de 20cm.

Sobre a tela, fixada ao talude regularizado por ganchos, inicia-se a execução de chapisco com argamassa de cimento e areia no traço 1:3. Esta operação deverá prosseguir até a completa cobertura da malha de telas galvanizadas, que deve ficar completamente envolvida. A argamassa deve ser aplicada sobre o talude na espessura de 4cm, a partir do pé para a sua crista, de forma a se obter a seção projetada.

ESQUEMA CONSTRUTIVO de REVESTIMENTO com TELA ARGAMASSADA
 Adaptado de Cunba, 1991



Recomendações

Solos argilosos são mais adequados que os solos arenosos para receber telas argamassadas, já que implicam maior retenção de umedecimento interno.

Solos arenosos, cujo maior problema é a erosão, podem receber revestimentos simples (cimentados, solo-cimento).

As superfícies dos taludes deverão apresentar-se planas, sem ressaltos nem cavidades. Os sulcos de erosão, provocados pelas águas pluviais, deverão ser preenchidos com solos e compactados com soquete.

É de suma importância a execução do desempolamento e acabamento, dispensando-se especiais cuidados com o tempo consumido nessa operação, para que ela ocorra antes que se inicie a pega do cimento.

Para a proteção e cura, o revestimento executado deve ser mantido úmido por meio de irrigação, por, pelo menos, 7 dias.

Revestimento com pano de pedra ou lajota

O revestimento com pedra rachão é feito com blocos de rocha, talhados em forma regular e tamanho conveniente (entre 20 e 40cm), sobre o talude previamente limpo e regularizado. Os blocos são arrumados sobre o talude e rejuntados com argamassa (cimento/areia no traço 1:3), criando uma superfície impermeável estável, que protege o talude da erosão.

Para o maior travamento possível na interface pedra/solo natural, deve-se cravar a face mais aguda do bloco na superfície a ser protegida. Caso a inclinação do talude seja muito elevada ou a área muito extensa, o revestimento deve ser precedido de uma fundação corrida simples (Cunha, 1991).

Esse tipo de impermeabilização pode também utilizar pedra de face ou lajotas pré-moldadas (40x40cm), aplicadas com argamassa sobre o talude previamente preparado. Como esse material apresenta menor condição de travamento no solo, recomenda-se o retaludamento para a redução da declividade, ou sua aplicação em encostas menos inclinadas. É comum o descolamento de lajotas em taludes úmidos, oferecendo risco de acidentes para as pessoas que utilizam com frequência os espaços próximos à base da barreira. Independentemente do material usado para o revestimento, devem ser executados os drenos subterrâneos (barbacãs) e o sistema de microdrenagem superficial, indispensáveis para a durabilidade e a segurança da obra.



ESQUEMA CONSTRUTIVO de REVESTIMENTO com PEDRA RACHÃO

Adaptado de Cunha, 1991



ESQUEMA CONSTRUTIVO de REVESTIMENTO de TALUDE com LAJOTAS

Adaptado de Cunha, 1991

TALUDE REVESTIDO COM PEDRA DE FACE



TALUDE SUBVERTICAL COM QUEDA DE LAJOTAS
Sítio dos Pintos, Recife



Recomendações

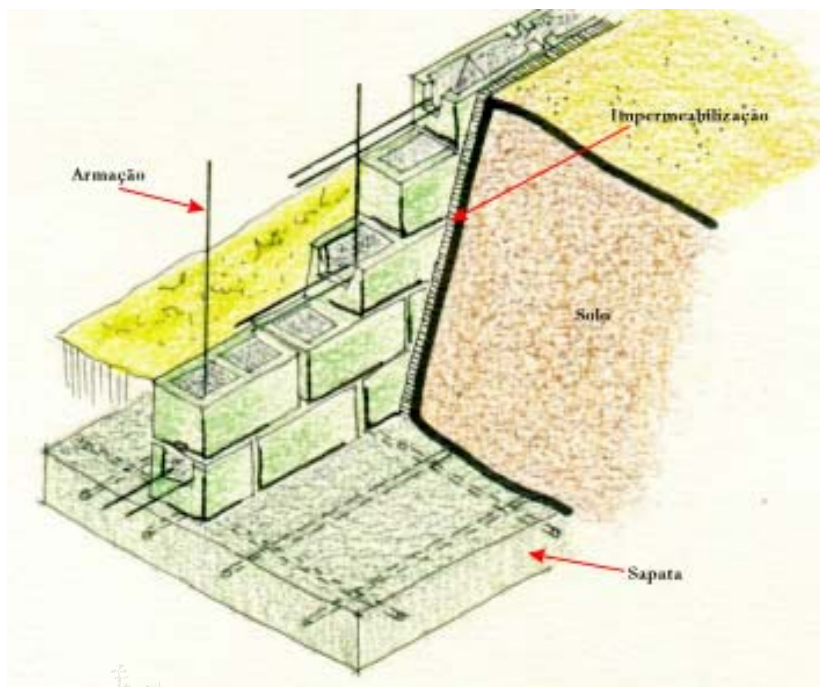
Os taludes que colocam em situação de risco as casas próximas, e que não permitem retaludamento/revegetação, devem ser impermeabilizados com solução completa para a drenagem, ou seja, com canaletas de borda, de descida e de pé, e quando se aplicar, escadarias ou rampas para acesso.

Solos arenosos têm alta porosidade e permeabilidade, exigindo sempre a instalação de drenos na base do talude para evitar a destruição do revestimento.

Revestimento com muro de alvenaria armada

O muro de alvenaria armada é um muro de flexão com funcionamento similar ao de concreto armado, formado por uma parede de alvenaria armada assentada com argamassa de cimento e areia (1:3), apoiada em uma base de concreto enterrada. A sua utilização é recomendada para alturas inferiores a 2,00m. A alvenaria deve ser executada com blocos vazados de concreto simples para alvenaria com função estrutural e a armação deve ser feita com CA 50 ou CA 60, com bitolas e espaçamentos definidos em projeto específico. O preenchimento das células da alvenaria em que estão posicionadas as armações deve ser executado com concreto, e a base (sapata) deve ser executada em concreto armado com dimensões e armações de acordo com projeto específico (FIDEM, 2001a).

Devem ser previstos dispositivos de drenagem constituídos por drenos de areia ou barbacãs, para reduzir a pressão da água sobre o muro e para aliviar as poropressões na estrutura de contenção, aumentando a vida útil da obra. O projeto deverá indicar juntas estruturais com espaçamento máximo de 10m, as quais devem receber tiras de geotêxtil sintético com 0,20m de largura, de forma a evitar a fuga de material do reaterro, que deve ser executado em camadas com espessuras de 0,20m, compactadas manualmente com cepos ou através de equipamento mecânico leve, para evitar danos na estrutura.



ESQUEMA DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE MURO DE ALVENARIA ARMADA

Adaptado de FIDEM, 2001a

Revestimento com asfalto ou polietileno

Este tipo de revestimento tem caráter temporário e emergencial e consiste na aplicação, por rega ou aspersão, de uma delgada camada de asfalto diluído à quente, ou em emulsão, com a finalidade de proteger os taludes da erosão e da infiltração. Para uma maior durabilidade, o revestimento deve ser aplicado sobre a encosta previamente limpa e destocada, exigindo manutenção constante, já que a película sofre deterioração pela ação do calor solar e não resiste a impactos ou carga. Seu emprego em áreas habitadas é considerado inconveniente, seja pela aparência escura, pela ausência de vegetação, ou pelo aumento da temperatura local (Cunha, 1991).

O uso de polietileno não é muito difundido, embora já aplicado experimentalmente com bons resultados no município do Recife. Exige limpeza prévia da encosta e mostra boa aderência a solos areno-argilosos, suportando cargas de até $1,8\text{kg/m}^2$. Sua aplicação é feita através de jatos, com uma produção de 1.000m^2 /dia /3 pessoas e o tempo de cura é de 2 horas.



Revestimento com lonas sintéticas (PVC E OUTROS MATERIAIS)



USO GENERALIZADO DE LONAS PLÁSTICAS NO INVERNO

É um revestimento utilizado largamente nos períodos de inverno, em caráter emergencial, nos morros da Região Metropolitana do Recife, embora sempre levante polêmicas quanto ao seu uso. Tem uma vida útil curta (semanas, a poucos meses), apresentando melhores resultados quando corretamente colocadas. Devem ser aplicadas antes da saturação da encosta, tendo um importante efeito na redução do volume da água infiltrada, reduzindo a ocorrência de acidentes. A permanência da lona após as chuvas impede a retomada do crescimento da vegetação sobre a encosta e a evaporação da água da encosta, devendo ser removida quando as condições de segurança permitirem.

Recomendações

A encosta deve ser previamente preparada com roçagem, destocamento e remoção de arbustos, deixando apenas gramíneas e vegetação rasteira.

Escavar no solo uma valeta de crista, que funcionará como canaleta de borda e servirá para a fixação superior da lona.

Recobrir a borda superior da lona com o solo escavado para a valeta, fixando-a com pontaletes (estacas de madeira com 30 a 40 cm de comprimento), em intervalos máximos de 2 metros; as laterais das lonas também deverão ser fixadas com os pontaletes.

Quando a altura da encosta ultrapassar as dimensões da lona, as partes deverão ser colocadas com pelo menos 1 metro de superposição, usando-se a lógica do escoamento contínuo, em que a parte superior deve recobrir a inferior.

10.3 Estabilização de blocos

Retenção com tela metálica e tirante



Este tipo de proteção deve ser adotado em taludes de maciços rochosos, passíveis de queda de blocos pequenos, que causem, em consequência, o descalçamento e a instabilização de partes mais altas da encosta.



As telas são fixadas no topo da crista e na parede da encosta, com grampos de fixação distribuídos em intervalos regulares. A tela deve ser protegida da corrosão para garantir sua eficácia de proteção e aumentar sua vida útil.

TELA METÁLICA



Remoção e desmonte

Encostas em áreas de rochas cristalinas podem estar sujeitas à instabilização de blocos fraturados (como se observa na Serra das Russas, ao longo da BR-232, em Pernambuco) ou ao rolamento de matacões. O clima quente e úmido da Região Metropolitana do Recife favorece a decomposição química gradual da rocha, de fora para dentro, e com maior intensidade ao longo das fraturas. Desse modo, é pouco provável a ocorrência de encostas naturais em rochas cristalinas, que preservem blocos angulosos: a tendência final é o seu arredondamento, formando os matacões que se posicionam nas camadas mais superficiais dos solos.

A remoção é indicada quando esses blocos ameaçam moradias ou rodovias, devendo ser executada com equipamento adequado para evitar acidentes durante a remoção.

