

00	15/09/10	Emissão Inicial	C
Revisão	Data	Descrição	Tipo de Emissão
<p>Consórcio ECOPLAN-SKILL</p> 		 <p>MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO COM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO NORDESTE SETENTRIONAL</p>	
POR:		DATA:	<p>Proteção de Taludes com Enrocamento - Nota Técnica -</p>
Eng. Paulo Roberto Gomes		15/09/10	
Nº:	1240-NTC-2201-20-04-004-R00		

Projeto de Integração do Rio São Francisco
PROJETO EXECUTIVO - LOTE D

PROTEÇÃO DE TALUDES COM
ENROCAMENTO

-- NOTA TÉCNICA --

PROTEÇÃO DE TALUDES COM ENROCAMENTO

OBJETIVO

A presente Nota Técnica trata da erosão superficial de taludes em corte e aterro, analisando a alternativa de proteção dos mesmos com enrocamento, conforme item 6.13 - Proteção de Talude com Cascalho ou Enrocamento Fino, Anexo IX - Especificações Técnicas de Obras Civas e Normas de Medição e Pagamento.

CARACTERÍSTICAS E SUSCETIBILIDADE DOS MATERIAIS A EROSÃO

O estabelecimento de diretrizes para o projeto de proteção de taludes contra a erosão superficial fundamenta-se na compreensão dos agentes e da dinâmica do processo erosivo. A suscetibilidade a erosão está relacionada às características do escoamento superficial, bem como ao tipo de solo e seu estado “in situ” ou compactado. A erosão tem seu comportamento representado na Figura 1, onde observa-se uma variação da resistência a erosão em função do tamanho das partículas do solo e da velocidade do fluxo superficial. Verifica-se que os solos arenosos, com partículas entre 0,1mm e 1,0mm, apresentam menores resistências a erosão, enquanto partículas mais finas e mais grossas, como argilas e pedregulhos, só são mobilizadas a partir de velocidades de fluxo acima de 2,0 a 3,0m/s.

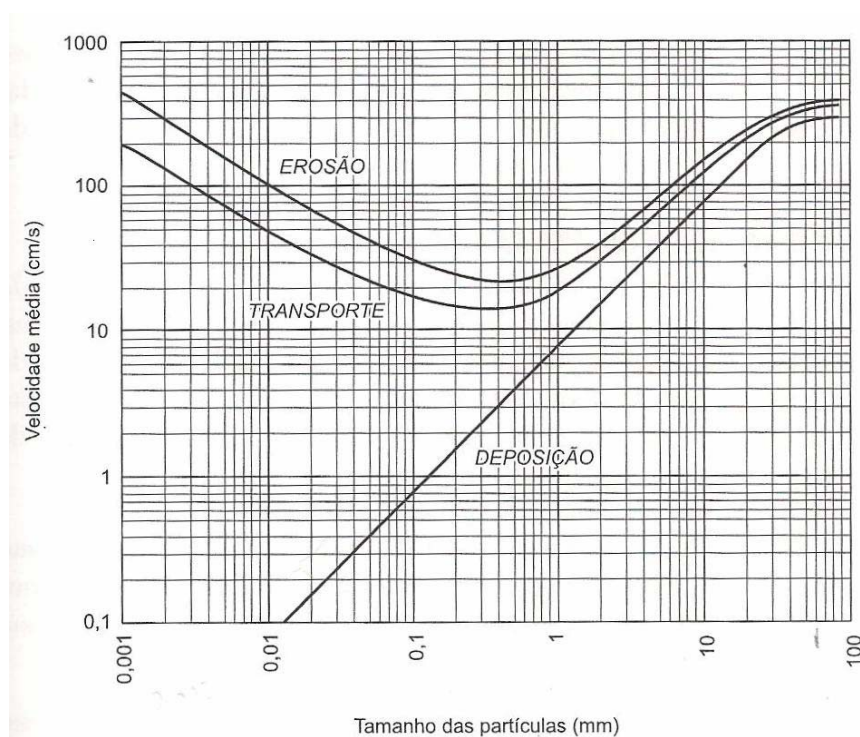


Figura 1: Limites de erosão, transporte e deposição em função da velocidade de escoamento superficial e tamanho das partículas constituintes do solo.

Os materiais saprolíticos (2ª categoria) ocorrentes na obra, apresentam uma composição granulométrica com teores da ordem de 40% de partículas entre 0,1mm e 1,0mm, como observa-se nas curvas granulométricas das jazidas Salgadinho e Rio da Barra (Figura 2).

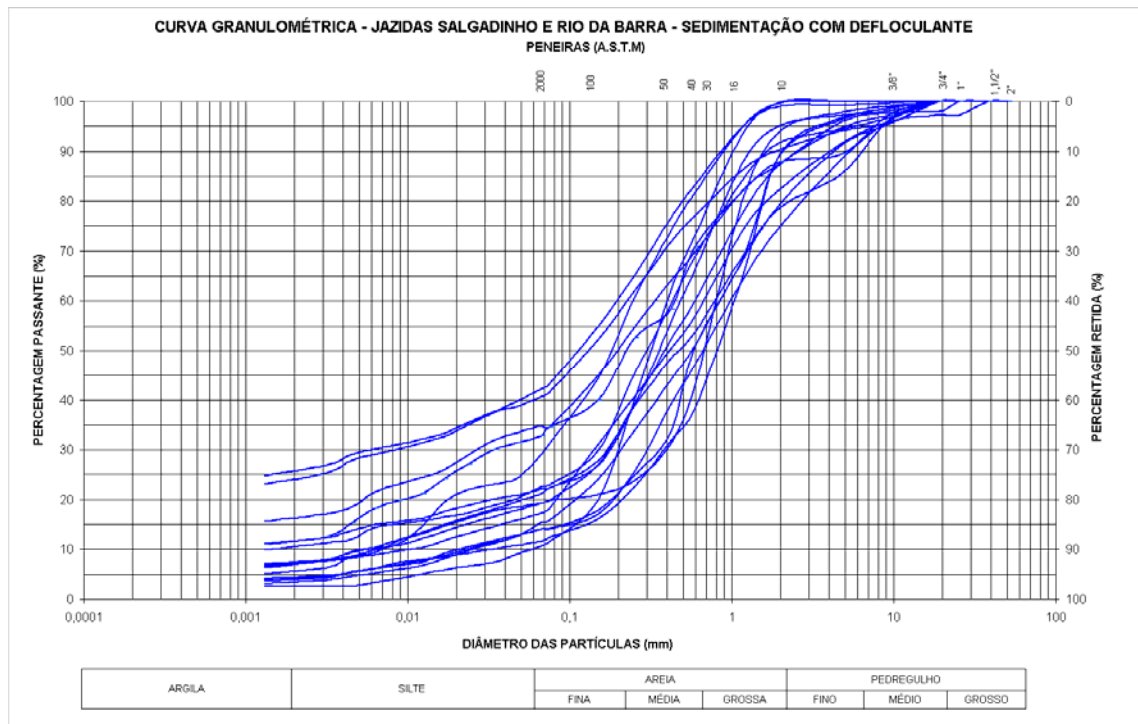


Figura 2: Distribuição granulométrica das jazidas de materiais de 2ª categoria de Salgadinho e Rio da Barra.

Apesar da fração arenosa presente nas curvas granulométricas dos materiais de 2ª categoria, estes apresentam 5% a 25% de argila e teores de até 25% de pedregulho. Além do que, as curvas mostram uma composição granulométrica contínua, favorecendo a obtenção de arranjo denso por ação da compactação. Estas características conferem aos solos saprolíticos maior resistência a erosão que uma eventual transição arenosa entre o aterro ou corte e o enrocamento de proteção.

Especificamente em relação aos aterros compactados, uma vez que o material solto da borda dos mesmos é sistematicamente removido (Figura 3), deve-se admitir que a superfície do talude remanescente, antes de sua proteção com enrocamento, apresenta-se em estado denso, com elevada coesão e alta resistência à erosão. Por sua vez, no estado natural, a estrutura “in situ” do horizonte saprolítico confere aos cortes características similares.

Esta análise mostra que os solos saprolíticos, “in situ” ou compactados, devem apresentar resistência erosiva superior às transições granulares, estas últimas normalmente pouco compactadas devido a sua pouca espessura e dificuldades executivas.



Figura 3: Canal em aterro compactado de material de 2ª categoria em processo de proteção com enrocamento sem finos e sem transição granular. Observa-se a esquerda a superfície remanescente do talude após a remoção do material solto da borda (“bigode”).

COMPORTAMENTO EROSIVO DOS TALUDES EM CORTE E ATERRO

A erosão superficial de taludes ocorre a partir da ação direta das precipitações intensas, através do arrancamento e mobilização das partículas do solo, seguida do carregamento das mesmas pelo escoamento superficial. A erosão pode ocorrer de forma distribuída, quando é denominada laminar, ou então concentrada em sulcos, erosão linear.

A erosão laminar, bastante seletiva quanto ao tamanho de partículas mobilizadas (Figura 1), distribui-se de forma aproximadamente uniforme na superfície do talude. Neste processo é removida uma fina camada de solo, sendo a precipitação pluviométrica o principal agente erosivo, pois sua incidência direta na superfície do talude mobiliza as partículas do solo, as quais são então carregadas pelo escoamento superficial.

Para este tipo de processo a proteção do talude com enrocamento sem finos é recomendável, pois permite a dissipação da energia da precipitação direta e reduz a velocidade do escoamento superficial. A transição arenosa não só é desnecessária, como seria um elemento vulnerável a erosão.

A erosão linear ocorre em locais de concentração do fluxo superficial, a partir da plataforma de coroamento de cortes e aterros, incidindo localizadamente na superfície dos

taludes. Neste tipo de processo a remoção e o transporte são devidos ao regime de enxurrada, onde a quantidade e o tamanho das partículas mobilizadas são função da velocidade e da turbulência do fluxo, originando sulcos de erosão (Figura 4).



Figura 4: Erosão linear a partir do topo do talude em aterro (Canal 2224), observando-se a remoção em sulco das partículas finas do enrocamento.

Também para este caso a utilização de enrocamento sem finos é recomendável, pois permite a dissipação da energia de fluxo. Novamente não é necessária a transição arenosa. Na prática, a proteção dos taludes com enrocamento sem finos e sem transição tem apresentado bom desempenho, como se observa nas Figuras 5 e 6.



Figura 5: Proteção de talude em aterro com enrocamento sem finos e sem transição granular talude x enrocamento, não observando-se erosão linear a partir do topo do talude.



Figura 6: Proteção de talude de corte com enrocamento sem finos e sem transição granular talude x enrocamento, não observando-se erosão linear a partir do topo do talude.

CONCLUSÕES

Pelo até aqui exposto, verifica-se que:

- Os materiais de 2ª categoria presentes na obra (saprolitos), tanto em corte como em aterro, apresentam maior resistência à erosão do que eventuais transições arenosas entre os taludes e o enrocamento de proteção.
- A proteção dos taludes deve ser executada com enrocamento limpo, sem finos e sem transição granular.
- Os aterros com solos saprolíticos devem ser executados com alta energia de compactação, removendo-se o material solto da superfície dos taludes antes da sua proteção com enrocamento.