

### Tratamento ambiental de taludes e encostas por intermédio de dispositivos de controle de processos erosivos – Especificação de serviço

**Autor:** Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR

**Processo:** 50.607.006.739/2005-97

**Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 11/07/2006.**

*Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.*

**Palavras-chave:**  
Meio ambiente, tratamento ambiental, processos erosivos, taludes, encostas.

**Nº total de páginas**  
24

#### Resumo

Este documento define e fixa a sistemática do tratamento ambiental de superfícies de taludes de corte, aterros e encostas a montante da rodovia, de modo a reduzir custos de manutenção e controlar processos erosivos. Descreve os métodos da chamada bioengenharia. Traz informações sobre controle, medição e pagamento. Inclui também um álbum de fotografias e ilustrações.

#### Abstract

This document defines the procedures to be followed in the environmental approach to slopes and earth fills of highways, so that maintenance costs can be reduced and erosion can be controlled. The method known as bio-engineering is presented. It includes information on control, measurement and payment and na album of photos and ilustrations.

#### Sumário

Prefácio .....	1
1 Objetivo .....	1
2 Referências normativas e bibliográficas .....	2
3 Definições .....	2
4 Condições gerais .....	3
5 Condições específicas .....	4

6 Controle e inspeções .....	10
7 Medição .....	10
8 Pagamento .....	11
Anexo A – Álbum de fotografias de recuperação de áreas degradadas .....	13
Anexo B – Ilustrações de dispositivos de controle de erosões .....	20
Índice geral .....	24

#### Prefácio

A presente Norma foi preparada pela Diretoria de Planejamento e Pesquisa para servir como documento base na definição da sistemática a ser empregada no tratamento ambiental de áreas degradadas de taludes de corte, de aterros e de encostas por dispositivos de controle de processos erosivos. Esta Norma incorpora e complementa a Norma DNER – ES 341/97 . Proteção de corpo estradal – proteção vegetal e está baseada na Norma DNIT 001/2002 – PRO.

#### 1 Objetivo

Definir e fixar a sistemática a ser usada na execução do tratamento ambiental de taludes de cortes, de aterros e em encostas à montante da rodovia, objetivando a redução dos custos de conservação rodoviária e o controle dos processos erosivos, associado à redução

de run-off dos fluxos pluviométricos atendidos pelo sistema de drenagem de proteção do corpo estradal.

Este tratamento ambiental poderá ser efetivado através da bioengenharia, que associa o plantio de espécies vegetais do gênero *Bambusa* (bambú), *Cymbopogon Citratus* (capim limão), *Capim Vetiver*, com a implantação de dispositivos especiais de controle do processo erosivo, tais como: - diques de Bambú; septos de rip-rap de solo vegetativo ou solo cimento; septos de pneus usados, pela construção de bacias de siltagem, pela aplicação de mantas ou telas vegetais biodegradáveis ou retentores de sedimentos, com ou não o reforço de telas metálicas ou plásticas grampeadas no solo.

Da mesma forma, associa-se aos dispositivos recomendados a revegetação herbácea, segundo os processos de plantio descritos nas Normas anteriores, ou seja: - plantio a lanço de sementes de gramíneas e leguminosas, hidrossemeadura, plantio manual de placas de grama, mudas ou leivas.

## 2 Referências normativas e bibliográficas

### 2.1 Referências normativas

A presente Norma Ambiental é concernente aos procedimentos desenvolvidos nas seguintes normas:

- a) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *DNER-ES 278/97*: terraplenagem – serviços preliminares: especificação de serviço. Rio de Janeiro, 1997.
- b) \_\_\_\_\_. *DNER-ES 279/97*: terraplenagem – caminhos de serviços: especificação de serviço. Rio de Janeiro, 1997.
- c) \_\_\_\_\_. *DNER-ES 281/97*: terraplenagem – empréstimos: especificação de serviço. Rio de Janeiro, 1997.
- d) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. *DNIT 071/2006 - ES*: tratamento ambiental de áreas de uso de obras e do passivo ambiental de áreas consideradas planas ou de pouca declividade por vegetação herbácea: especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006.
- e) \_\_\_\_\_. *DNIT 072/2006 - ES*: tratamento ambiental de áreas de uso de obras e do passivo ambiental de áreas íngremes ou de difícil acesso pelo processo de revegetação herbácea: especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006.

- f) \_\_\_\_\_. *DNIT 073/2006 - ES*: tratamento ambiental de áreas de uso de obras e do passivo ambiental de áreas consideradas planas ou de pouca declividade por revegetação arbórea e arbustiva: especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006.

NOTA: Quanto à referência de mantas e telas vegetais e por se tratar de serviços executados por firma especializada em proteção ambiental, deverão ser consideradas as recomendações técnicas dos fabricantes.

### 2.2 Referências bibliográficas

Para o bom entendimento desta especificação deverão ser consultados os documentos a seguir nomeados, no que concerne ao combate ao processo erosivo, recuperação de áreas degradadas e do passivo ambiental:

- a) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. *Diretrizes básicas para atividades rodoviárias ambientais: escopos básicos / instruções de serviço*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.
- b) \_\_\_\_\_. *Manual para atividades rodoviárias ambientais*. Rio de Janeiro, 2006.

## 3 Definições

### 3.1 Bacia de siltagem

Consiste em dispositivo construído à jusante dos aterros ou das áreas de uso das obras (áreas de jazidas ou empréstimos), durante o período do terraplenagem ou da extração do cascalho ou solo da mesma, objetivando a retenção dos finos do solo que possam ser carregados pelas chuvas para a drenagem da rodovia, para a pista de rolamento existente ou para os talwegues, degradando os mananciais ou as propriedades lindeiras.

### 3.2 Bambus

São plantas arborescentes da família Graminae, constituída por cerca de 50 gêneros e mais de 700 espécies, das quais são mais comuns no Brasil o *Bambu vulgaris* (*Bambusa Imperial*), *Bambusa*

Tuldoides (bambu comum), *Deudro calanus Giganteos* (Bambu Gigante, ou Bambu Balde) e alguns *Phyllostachys* (Bambu Chinês), segundo os botânicos Salgado e Ciaramelho.

### 3.3 Capim limão (*Cymbopogon Citratus*)

Denominado também vulgarmente de erva cidreira, capim cidreira, capim santo, patchuli-falso ou vervena (DC)Stapf, é uma planta perene, capaz de constituir touceiras densas e compactas, estoloníferas, formadas por numerosos colmos eretos e simples, com folhas estreitas, compridas, planas e acuminadas.

### 3.4 Capim vetiver (*Vetiveria Zizanioides L.*)

É uma gramínea que se desenvolve com as mesmas características agrônômicas do capim limão, entretanto, com o acréscimo de possuir um raizame muito intenso e bastante profundo, chegando a 5,00 m em casos de solos férteis, aumentando em muito o poder de contenção do solo. Suas touceiras atingem a altura de 0,50 a 1,00m, e são constituídas de estalões, unidos por um caule subterrâneo (rizoma) curto, formando unidades vegetativas que fornecerão as mudas para os próximos plantios.

### 3.5 Diques de bambu

São septos construídos nas encostas, usando-se o bambu como estaca cravada no terreno e amarradas entre si, formando uma pequena parede que receberá solo para o plantio de gramíneas ou leguminosas. Estes septos são também usados para obturação de pequenas erosões em ravinas ou sulcos.

### 3.6 Diques de pneus usados

Consistem em dispositivos de contenção construídos por meio da implantação dos mesmos sobre o solo preparado como fundação, onde os mesmos são dispostos e amarrados uns aos outros, fixados através de estacas cravadas no solo e preenchidos os vazios dos pneus com solo compactado ou solo cimento.

### 3.7 Mantas biodegradáveis

São produtos industrializados constituídos por fibras têxteis ou geotêxteis, flexivo e espesso de fibras vegetais desidratadas (capim ou coco), entrelaçadas por

meio de costura industrial ou adesivos biológicos, utilizando-se na costura fios resistentes degradáveis de polipropileno.

### 3.8 Retentores de sedimentos ou bermas artificiais

São produtos bidualizados constituídos por fibras vegetais desidratadas, prensadas, e enroladas formando cilindro flexível e resistente, que são grampeados no solo para retenção de sedimentos.

### 3.9 Telas biodegradáveis ou telas vegetais

São produtos semelhantes às mantas apresentando maior translucidez e grande permeabilidade, sendo usadas como técnica auxiliar na proteção de taludes em especial em rochas decompostas e/ou solos residuais jovens com declividade acima de 50°.

NOTA: As definições apresentadas nas Normas DNIT 071, 072 e 073/2006 – ES são pertinentes com a presente norma, em especial a revegetação herbácea, a construção de diques ou septos, rip-rap vegetativo ou de solo cimento.

## 4 Condições gerais

São pertinentes à presente norma as considerações gerais apresentadas nas normas DNIT 071, 072 e 073/2006 – ES, sobre o enraizamento das espécies vegetais selecionadas, como proteções ao processo erosivo e a regeneração da bio-estrutura do solo, etc.

O serviço de proteção de taludes e encostas visa à ação imediata contra o efeito de agentes erosivos e processos de deslocamento de partículas finas do solo, que danificam ou reduzem a capacidade do sistema de drenagem superficial de proteção do corpo estradal, ou ainda favorecem a instabilidade geo-mecânica destes locais.

A Barreira vegetal implantada por qualquer uma das espécies selecionadas se constitui em um Sistema Vegetativo de Controle de Erosão, pois permitem a retenção dos sedimentos transportados durante as chuvas e com a sucessão destas retenções irá formar, ao longo do tempo, um terraço natural atrás das cortinas de capim Vetiver, capim Limão ou Bambú, evitando a

degradação do solo, e quebrando a intensidade do fluxo descendente das águas pluviais.

A aplicação das mantas ou telas antierosivas sobre o solo de fraca estrutura e grande fragilidade ao processo erosivo tem sido bastante útil, pois, insere na superfície do mesmo uma nova estrutura que permitirá o desenvolvimento das espécies vegetais selecionadas, como também, o restabelecimento do sistema de drenagem natural.

Da mesma forma, permitirá proteger taludes com extensões maiores contra o processo erosivo, evitando o retaludamento do mesmo.

Estes dispositivos fundamentados na bioengenharia, são de grande utilidade na obturação de escorregamentos parciais de taludes ou encostas, associados a formação de erosões em sulcos ou ravinas, reconstituindo-os à superfície primitiva e agregando o aspecto visual agradável de reintegração ao ambiente circundante.

## **5 Condições específicas**

Estas condições são pertinentes a cada dispositivo selecionado ou método de revegetação, mecanizado ou manual, ou ainda a conjugação dos dois, apresentando-se nos materiais, nos equipamentos e nas execuções as diferenciações para a revegetação citada.

### **5.1 Materiais**

Os materiais necessários à execução do plantio das espécies vegetais e da revegetação herbácea das áreas ou locais sujeitos ao processo erosivo intenso, são os mesmos citados nas normas anteriormente citadas:

#### **5.1.1 Adubos, fertilizantes e calcários**

##### **5.1.1.1 Adubo orgânico**

Constituído da mistura do solo orgânico natural (top soil) com esterco bovino ou avícola, curtido na proporção de 50% cada parte.

##### **5.1.1.2 Adubo químico NPK**

Constituído de (nitrogênio, fósforo e potássio) na proporção necessária e suficiente ao solo, em função da análise edáfica e pedológica do

mesmo, bem como os nutrientes que completam a adubação necessária. (enxofre, boro, etc.)

##### **5.1.1.3 Calcário dolomítico**

Usado para correção da acidez do solo, na proporção necessária a elevação do pH do mesmo ao índice de 5,5, com aplicação máxima de 1,5 t/ha devido ao custo elevado além deste teto.

#### **5.1.2 Espécies vegetais**

Espécies vegetais de gramíneas e leguminosas na forma de sementes, mudas ou leivas e placas de acordo com o processo selecionado, na proporção indicada pelo estudo edáfico e pedológico do solo, e de fácil aquisição no comércio.

Os lotes ou partidas de sementes a serem utilizadas deverão conter referências à porcentagem de pureza e ao poder germinativo médio do lote ou partida de sementes, os quais deverão ser testados através do plantio experimental em viveiros, objetivando-se evitar insucessos na germinação após o plantio.

A seleção das espécies deve se basear em critérios de adaptabilidade edafo-climática, rusticidade, capacidade de reprodução e perfilhamento, velocidade de crescimento e facilidade de obtenção de sementes.

As espécies selecionadas pertencem a duas famílias botânicas, Gramínea e Leguminosa e que, devido à similaridade quanto às características de interesse, serão descritas assim e agrupadas conforme relação a seguir, ressaltando-se que os estudos edafo-pedológicos são os melhores indicadores para seleção das espécies.

Gramíneas: - são espécies vegetais que apresentam crescimento rápido, baixa exigência em fertilidade do substrato e alta capacidade de perfilhamento, contribuindo para a sustentabilidade do sistema através do fornecimento de matéria orgânica, devido a sua grande capacidade de produção de biomassa.

Leguminosas: - são espécies vegetais que apresentam alta capacidade reprodutiva, baixa exigência em fertilidade e melhoram as características do substrato através da fixação biológica de nitrogênio atmosférico, devido às características de desenvolvimento do sistema radicular, favorecendo a estabilidade das camadas mais profundas do solo.

Considerando a disponibilidade do comércio, grupa-se na consorciação da ordem de 3 a 4 tipos de sementes de gramíneas e 3 a 4 tipos de sementes de leguminosas, as quais se completam quanto às características botânicas e visuais planejadas.

Quanto ao plantio de bambu, capim limão ou capim vetiver segue-se a metodologia de seleção recomendada pelos manuais de agronomia.

#### 5.1.3 Mantas ou telas vegetais e grampos de fixação

São produtos encontrados usualmente no mercado, fabricados por empresas especializadas na prestação de serviços de revegetação de áreas degradadas, devendo-se consultar os manuais técnicos dos produtos quanto a qualidade, a resistência, e ao suporte aos esforços físicos, etc.

#### 5.1.4 Materiais dos diques

Os materiais dos diques de contenção tais como bambus, estacas de madeira, rip-rap de solo vegetativo ou solo cimento foram especificados nas normas citadas.

#### 5.1.5 Pneus usados

São os pneus de veículos automotores encontrados em depósitos e em indústrias de recauchutagem considerados inservíveis ou inaproveitáveis.

#### 5.1.6 Ferramentas

As ferramentas manuais utilizadas são: pás, enxadas, cavadeiras, picaretas etc.

#### 5.1.7 Veículos de transporte

Caminhão de carroceria fixa, caminhão hidrossemeador para cada caso selecionado.

### 5.2 Proporção de uso

As proporções de uso de sementes de gramíneas e leguminosas, da mistura de insumos (calcário, adubo e nutrientes) necessários ao plantio através da calagem, adubação, da dosagem do solo cimento foram especificados nas Normas citadas anteriormente.

Da mesma maneira, as quantidades necessárias e as proporções de cimento, cal, bambus, e capins

encontram-se nas Normas citadas anteriormente, sendo que para as mantas e telas com os seus grampos deverão ser consultados os catálogos dos fabricantes.

### 5.3 Equipamentos

Os equipamentos e ferramentas necessários ao tratamento ambiental almejado nesta norma são os mesmos já descritos nas normas citadas.

### 5.4 Execução

Neste item serão apresentados inicialmente os plantios das espécies vegetais e suas particularidades, seguindo-se de cada dispositivo de contenção recomendado pela análise do processo erosivo.

Ressalta-se a necessidade de se proceder a um estudo edafo-pedológico do solo do talude ou da encosta, se necessário a um estudo geotécnico do local da ocorrência, objetivando a análise dos custos de implantação de cada dispositivo e das facilidades de aquisição dos materiais.

#### 5.4.1 Plantio de bambu, capim limão ou capim vetiver

O plantio destas espécies vegetais para proteção de taludes de aterros e encostas se processará por intermédio de mudas, dispostas em linhas segundo as curvas de nível do terreno natural, espaçadas de metro em metro ou distancia menor em função dos estudos do solo.

No Brasil os bambus são também chamados taquaras ou taquaraçus, representantes do gênero *Chusquea*, tendo a parte aérea constituída de colmos ou gomos que são talos divididos em septos lignificados, também chamados de nós, dos quais são originários os ramos.

Todas as três espécies vegetais possuem rizomas na parte subterrânea, dos quais brotam em seqüência natural uma densa massa radicular, justificando sua seleção para o combate ao processo erosivo e a instabilidade de maciços.

Quanto ao hábito, os bambus formam touceiras densas, fornecendo as mudas para o plantio futuro, com crescimento rápido, atingindo a ordem de 7cm/dia, e com altura adulta de 3 a 5m.

As touceiras dos dois capins são também densas com altura da ordem de 0,50 a 1,00 m, sendo:

## a) Técnica de produção de mudas e plantio

Conforme dito anteriormente, as mudas de bambu, de capim limão ou vetiver são obtidas das touceiras existentes na região, reproduzindo-se somente por mudas, o que representa uma vantagem agrônômica, pois, não são invasoras.

Em se tratando de capim limão ou vetiver, as touceiras poderão ser desmembradas da ordem de 70%, para se constituir em mudas, enquanto que os 30% continuarão na touceira para se multiplicar para o futuro.

O plantio se processará no campo em covas alinhadas em curva de nível, com espaçamentos recomendados pelos estudos do solo.

As covas da ordem 30cmx30cmx30cm devem ser adubadas com 100g de NPK 10-10-10 e 50g de calcário, esterco de gado (curtido) da ordem de 50% do volume da cova.

Pode-se plantar duas mudas por cova, cobrindo-as com o solo restante da cova, sempre em nível inferior ao do solo circundante, para acumular água, nas irrigações ou no período chuvoso.

O plantio dos bambus se processa com a mesma técnica do capim limão, entretanto, a muda é constituída por um gomo com o seu broto que nasce no septo lignificado. Deve-se fazer um pequeno furo no gomo, colocando o mesmo dentro de uma vasilha com água, afim de enchê-lo d'água.

O gomo será deitado na cova, com a água no seu interior, o que facilitará a irrigação da muda.

A produção de coleta de mudas é da ordem de 150 a 200 unidades por homem por dia.

As touceiras para coleta das mudas devem possuir mais de três anos de idade.

Outra técnica utilizada para retirada de mudas de bambu das touceiras é desmembrá-las da ordem de 70% com machado e picareta, para separação dos

rizomas, constituindo cada dois nós do rizoma uma muda, que pode ser plantada nas covas ou em sacos plásticos para transporte depois de seis meses.

## b) Calagem, adubação e nutrientes

Esta atividade se encontra definida e quantificada nas Normas citadas anteriormente.

## c) Irrigação.

A irrigação deverá ser no mínimo de uma vez por semana, da ordem de um litro por muda, e durante o período de germinação, estendendo-se até o crescimento da ordem de 20cm.

Economiza-se na operação de irrigação quando se procede ao plantio no início do período chuvoso.

## d) Controle da germinação.

Após o plantio das mudas, nas covas ou em sacos plásticos para crescimento em viveiros e posteriormente transplante para as covas, deve-se proceder ao controle da germinação e crescimento da muda, através dos padrões ditados pela botânica.

## 5.4.2 Dispositivos de contenção superficial de taludes e encostas

Estes dispositivos são constituídos pelos diques de Bambú; septos de rip-rap de solo vegetativo ou solo cimento ou septos de pneus usados, bacias de siltagem e mantas ou telas vegetais, reforçadas ou não, sendo:

## a) Diques de bambu

A construção dos diques de bambu tem por finalidade a formação de patamares que serão preenchidos de solo e sobre os quais é procedida a revegetação herbácea. O comprimento de cada patamar é função da declividade do terreno erodido, de modo que no final do patamar é construído novo dique ou espelho do degrau, e assim sucessivamente até se vencer o desnível da erosão ou do terreno erodido.

Os bambus são estaqueados lateralmente no solo, com penetração da ordem de

0,15m, deixando uma parte externa com 0,30 m ou 0,40 m, formando uma parede, sobre a qual será amarrado um bambu horizontalmente, no topo de cada estaca e na parte intermediária, que dará firmeza e consistência ao septo.

Os comprimentos dos septos ou degraus serão em função da largura ou abertura da erosão, ou ainda em função da extensão da encosta erodida.

Dependendo-se da disponibilidade de materiais e espécies vegetais, poder-se-á associar a construção dos septos ou degraus com o plantio de capim vetiver ou limão, para se ter melhor resultado.

- b) Septos de rip-rap de solo vegetativo ou solo cimento

O processo construtivo destes septos já foi descrito na Norma DNIT 073/2005-ES citada anteriormente, onde são encontrados os detalhes para se atingir o objetivo almejado, podendo-se acrescentar algumas particularidades como descrito nos septos de bambu.

- c) Septos de pneus usados

A finalidade e o processo construtivo deste septo é a mesma dos anteriores, onde os pneus são utilizados para formar o paramento do septo, sendo concernente para o mesmo os procedimentos descritos para os outros.

- d) Proteção de taludes e encostas com biomantas ou mantas vegetais

Ressalta-se, inicialmente, que em áreas muito voçorocadas, onde os danos ambientais alcançam grandes proporções, será necessária a elaboração de projeto específico do sítio, em especial para se restabelecer a drenagem natural, o planejamento de banquetas ou bermas de equilíbrio, bem como, se poder quantificar os serviços, os materiais necessários e otimizar os custos envolvidos.

A execução da proteção com estes produtos dos taludes e encostas erodidas

será feita de acordo com as recomendações do projeto e do fabricante dos mesmos.

A seguir são apresentadas as atividades seqüenciais de aplicação dos produtos.

- e) Regularização do terreno

Antes da aplicação da tela ou da manta antierosiva será executado o preparo da superfície, manual ou mecanizado em função das condições locais, de modo a se constituir uma superfície regularizada, para o bom aspecto visual e reintegração ao ambiente circundante por meio da revegetação herbácea.

É desejável que a superfície do talude esteja o mais regularizada possível, para que as biomantas possam ficar totalmente aderidas à superfície. O acerto e regularização podem ser feitos manualmente ou mecanicamente, buscando eliminar os sulcos erosivos, o preenchimento dos espaços vazios e a ancoragem dos sedimentos soltos.

As deformações da superfície dos taludes devem ser removidas ou minimizadas, para evitar a formação de novos focos erosivos, desmoronamentos e escorregamentos.

- f) Coveamento ou preparo para plantio

Após a regularização da superfície do talude e a restauração do sistema de drenagem, inicia-se o preparo do solo, que consiste em efetuar o micro-coveamento, ou seja, covas pequenas umas próximas das outras e de profundidade suficiente, de maneira a reter todos os insumos a serem aplicados, como fertilizantes, corretivos, mulch, adesivos e sementes.

O coveamento do talude é executado com uso de enxada e o espaçamento entre covas de 10cm, com profundidade de 5cm.

Estes insumos podem ser aplicados manualmente ou por via aquosa (hidrossemeadura) e a quantidade a ser aplicada deve ser previamente estabelecida pelo técnico responsável pelo projeto, ou

consulta à Norma DNIT 072/2006 – ES - Tratamento ambiental de áreas de uso das obras íngremes ou de difícil acesso.

- g) Grampeamento das mantas ou telas vegetais.

As mantas ou telas serão grampeadas ao longo da superfície, onde é executada uma valeta para receber a primeira linha de grampos e fixar a parte superior da manta ou tela.

As biomantas vêm acondicionadas em bobinas, e a aplicação deve ser iniciada pelo topo do talude, isto é, partindo-se da crista do talude ou no ponto mais alto da encosta (de montante para jusante) desenrolando-se a bobina, fixando-a e moldando-a sobre uma valeta escavada com 10 cm de largura e 10 cm de profundidade, deixando ultrapassar 20 cm da manta além da valeta.

A ancoragem é realizada com o grampeamento da manta na valeta, inicialmente é retornado o solo sobre a mesma e aplicada a compactação manualmente desta camada, seguindo-se da dobra dos 20 cm excedentes da manta sobre o solo compactado na valeta e promove-se sua fixação com grampos, cujo espaçamento mínimo será a cada 40 cm e em toda a extensão da largura da mesma, conservando-se ainda a bobina da manta na crista do talude.

Esta fixação no topo do talude é preponderante para a performance do produto.

Após a aplicação de fertilizantes e sementes sobre a superfície regularizada e coveada, segue-se o desenrolar da bobina e o seu grampeamento ao longo do talude, conforme especificações do fabricante e recomendações dos estudos geotécnicos.

As bobinas devem ser estendidas (desenroladas) sempre no sentido da declividade do talude, isto é, de montante para jusante, e sua fixação deve seguir a recomendação técnica estabelecida no

projeto, em função do material e inclinação do talude, utilizando-se a quantidade e especificação dos grampos.

Os trespasses laterais das biomantas devem ser de 3 a 5 cm, e a sobreposição (trespasse) longitudinal deverá ser de no mínimo 5 cm, sendo o grampeamento nos trespasses espaçados de no mínimo de 30 cm.

Esta fixação poderá ser feita com grampos de aço, madeira, bambu ou polivinil, de tamanhos e formas variadas, devendo ser aplicada conforme detalhado em projeto, de acordo com as características específicas do local a ser protegido ou recuperado.

É importante salientar que quanto melhor for à fixação da biomanta ao solo, maior segurança será conferida ao projeto. A fixação inadequada da biomanta gerará dificuldade para que a vegetação a ultrapasse o que poderá gerar focos erosivos no local de má aderência, devido ao escoamento livre da água na superfície do talude, que estará sem a proteção da biomanta.

Em solos muito arenosos ou siltosos poderão ser aplicadas telas metálicas ou plásticas como reforço, as quais podem vir agregadas às mantas ou telas geotêxteis, conforme encontrado no comércio.

Os taludes já totalmente regularizados exigem menor rigor na fixação, enquanto, taludes parcialmente regularizados ou sem regularização, bem como de grande inclinação ou com grande suscetibilidade à erosão, devem ser tratados com maior rigor, utilizando-se um maior número de grampos por área. Em solos não coesos e arenosos deverão ser utilizados grampos mais compridos.

- h) Revegetação manual ou mecanizada

Após a aplicação das telas ou mantas segue-se a revegetação da área, conforme o processo manual ou mecanizado (hidrossemeadura), já descritos nas Normas anteriormente citadas.



- i) Proteção de taludes e encostas com bermas artificiais ou retentores de sedimentos

Em encostas muito extensas e forte declividade são aplicados retentores de sedimentos ou bermas artificiais, que se constituem em telas vegetais devidamente prensadas e enroladas, que serão grampeadas na encosta formando cordões em curvas de nível.

Estas bermas artificiais podem ser utilizadas para reduzir o comprimento das encostas de grande inclinação e de grande comprimento e de taludes, agindo como retentores do run-off ou dissipadores de energia dos fluxos das chuvas.

A instalação é feita no sentido transversal à declividade, formando um cordão em nível que deve ser fixado cuidadosamente, havendo a necessidade de se fazer uma valeta com profundidade igual a um terço da altura da bobina, para encaixá-la adequadamente, evitando que os sedimentos passem por baixo do produto. A fixação é feita com grampos de aço, madeira ou bambú, tendo comprimento suficiente para atingir o solo coeso.

Estes cordões ou rolos variam de altura ou diâmetro em função do projeto, sendo usual o diâmetro de 0,30 m a 0,45 m, o qual com o decorrer do tempo acumula os sedimentos, criando uma berma artificial, que poderá receber no futuro o plantio de bambu ou capim vetiver.

Em função do grau de erodibilidade do solo da encosta e do estado do processo erosivo da mesma, poder-se-á associar os dois dispositivos, ou seja, aplicar as bermas artificiais e cobrir toda a área com manta ou tela vegetal.

Estes dispositivos poderão ser usados para o preenchimento de espaços vazios da superfície do terreno, devido a focos erosivos de até 50cm de profundidade, no sentido longitudinal ou transversal à concavidade a ser preenchida, sendo

fixado com grampos até atingir o solo mais coeso.

Podem ser aplicados tantos rolos quantos forem necessários até o preenchimento do vazio e depois aplicar o solo e sementes por cima.

O Anexo B da presente Norma apresenta croquis ilustrativos dos dispositivos aqui relacionados.

- j) Bacia de siltagem

A bacia de siltagem consiste num dispositivo que tem a finalidade de reter materiais finos do solo, que possam ser carregados para a drenagem da rodovia, talwegues, mananciais, propriedades lindeiras e para a pista de rolamento existente.

Estes finos do solo ou siltes se originam durante a execução da terraplenagem do corpo estradal, processo de escavação de solos em áreas de empréstimos, ou jazidas de cascalho, à montante da rodovia, talwegues, mananciais ou áreas lindeiras.

Os diques de contenção de siltes poderão ser construídos de solo, de manta poliéster (bidim) ou mantas vegetais (retentores de sedimentos), ressaltando-se que os diques de solo deverão ser revestidos de grama e possuir vertedouros revestidos de solo cimento ou massa própria para conter os fluxos das chuvas, tendo em vista que os mesmos são provisórios.

Os outros materiais são permeáveis sendo, portanto, a acumulação provisória que permitirá a deposição dos finos.

As bacias deverão ser construídas próximas ao pé dos taludes dos aterros ou nas proximidades das saídas das descargas dos drenos das águas superficiais, de fontes de sedimentos de aterros, cortes e bota-foras, não devendo ser construídas no leito de cursos d'água. A vida útil recomendada para esses dispositivos é função da bacia de acumulação projetada.

Para uma primeira estimativa, o volume de acumulação (V) mínimo da bacia pode ser calculado através da expressão a seguir: -

$$V = 0,4 \times A \times h, \text{ onde}$$

V = volume da bacia, em m<sup>3</sup>

A = superfície da área de contribuição, em m<sup>2</sup>;

h = altura máxima, em m.

Recomenda-se que o volume mínimo da bacia seja calculado em função da declividade do relevo e do índice pluviométrico da região, não devendo a altura ultrapassar usualmente de 1,00 m.

Onde a topografia do terreno natural é a mais baixa o dique poderá ter altura maior, entretanto, não deverá ter altura maior do que 2,0 m, em especial se os serviços de terraplanagem se estenderem por longos períodos de tempo, incluindo-se períodos chuvosos.

A plataforma de topo deverá ter um mínimo de 1,0 m de largura e os taludes inclinação 2H:1V, ou mais abatidos, dependendo do material de construção.

Como medida prática, pode ser adotada a largura de 4 m do vertedor para uma área de contribuição de 0,8 ha.

Para cada local deve ser estudado o tipo de material a ser empregado, observando-se sempre, a garantia da sua não erodibilidade.

Aplicando-se a manta de geotêxtil (bidim) em tecido não agulhado e 100% poliéster com espessura 1,8mm, utilizam-se estacas de madeira tipo escora de eucalipto espaçadas a cada 2,00 m, dimensões 0,10 x 1,20m e arame recozido para fixação da manta na estaca de madeira. A locação das mantas será sempre acompanhando a curva de nível do terreno. Considera-se a possibilidade de um aproveitamento mínimo da barreira de siltagem em pelo menos duas vezes.

Adicionalmente, na construção do dique das bacias de sedimentação poderão ser

utilizados os materiais da própria obra ou disponíveis em locais específicos (rocha sã, argila, rocha alterada, etc.). O vertedor da bacia pode ser constituído de argila, de tubo (tipo chaminé), de pedra ou de concreto.

Antes de iniciar a execução da terraplanagem dos cortes e aterros, deverá ser executada a drenagem e bueiros provisórios, quando necessário, bem como a instalação das bacias de siltagem, nos locais onde, eventualmente, possa haver carreamento de solo para a pista de rolamento, sistema de drenagem e para os mananciais ao longo da rodovia.

A barreira de siltagem deve ser executada após a limpeza do terreno, antes de se iniciar a escavação ou aterro, cuja locação deve ser feita até 10,00 m do pé do talude e acompanhando a curva de nível.

Os sedimentos depositados na bacia deverão ser removidos e dispostos em local apropriado (bota-fora controlado, corpo de aterro da rodovia), objetivando a recuperação da mesma nas suas dimensões originais.

A operação de remoção dos sedimentos deve ser realizada no momento em que estes se encontrem secos e a metade da altura útil da bacia tiver sido alcançada pelo material depositado.

## 6 Controle e inspeções

O controle de acabamento e as inspeções devem vir especificados no projeto ambiental, de modo a permitir uma visão harmoniosa e uma perfeita integração com a natureza circundante associados à segurança contra riscos ambientais futuros.

## 7 Medição

Os serviços de revegetação serão medidos pela área em metros quadrados efetivamente tratada, estabelecida e aceita pela FISCALIZAÇÃO, considerando-se as etapas do desenvolvimento das espécies vegetais, constituído pela germinação, crescimento vegetativo e cobertura total da área.

As medidas da superfície plantada acompanham as inclinações dos taludes, fornecendo dimensões efetivas e não suas projeções na horizontal.

A medição será feita em duas etapas:

- após o término do plantio de cada área liberada e aprovada pela FISCALIZAÇÃO;
- após o fechamento ou cobertura vegetal completa da área plantada e da aceitação pela FISCALIZAÇÃO.

Os serviços de plantio de bambus, capim limão ou capim vetiver serão medidos por unidade, incluindo os trabalhos de coleta de mudas, abertura de covas, adubação e calagem do solo, fornecimento dos insumos básicos, controle da germinação e irrigação durante os seis primeiros meses.

Nas áreas voçorocadas os serviços serão medidos de acordo com o estabelecido no projeto, podendo-se considerar o volume de construção dos dispositivos, expressos em metros cúbicos, ou das áreas recuperadas por qualquer um dos dispositivos em metros quadrados, incluindo-se nestes volumes ou áreas todos os serviços da recuperação ambiental da voçoroca, desde a regularização manual ou mecanizada do terreno, aquisição e transporte dos materiais e dispositivos complementares, enfim, tudo o que for necessário aos objetivos almejados pelo projeto ambiental elaborado.

Deve-se considerar na elaboração dos custos de execução dos serviços de reabilitação de área degradada, a defasagem de tempo decorrido entre a elaboração do projeto e a efetiva execução dos serviços, tendo em vista a dinâmica do processo erosivo, e que os quantitativos do projeto são referenciais para elaboração dos preços de execução.

Conseqüentemente, os dispositivos de proteção ou obturação de área voçorocada não serão objeto de medição específica de campo.

Os diques de bambu serão medidos de acordo com as quantidades constantes no projeto.

A revegetação das áreas dos taludes e das encostas voçorocadas será medida por metro quadrado, englobando a aquisição, transporte e confecção dos materiais necessários conforme o processo selecionado.

Em áreas muito voçorocadas que envolvem volume apreciável de terraplenagem e foram objetos de

levantamento topográfico, a modelagem do terreno poderá ser medida por metro cúbico de escavação de solo, calculado por meio de secções topográficas transversais e constantes do projeto ambiental, podendo também ser medida por metro quadrado quando a regularização não exceder o corte no terreno de 0,30 m.

A valetas de proteção, para desvio das águas de montante ou cordões tipos dique serão medidos por metro linear conforme o projeto.

As bacias de siltagem em qualquer um dos métodos adotados serão medidas conforme o projeto, usualmente, efetuada por metro de barreira efetivamente instalada, e deverá ser retirada somente à época da proteção vegetal do aterro, corte, ou jazida com revestimento vegetal e drenagem superficial.

O levantamento plani-altimétrico da área para projeto da recuperação ambiental será medido por metro quadrado.

## **8 Pagamento**

O pagamento dos dispositivos far-se-á ao preço unitário aplicado as quantidades do projeto de proteção ou recuperação da área voçorocada, e aprovados pela fiscalização do DNIT.

O pagamento das mudas plantadas far-se-á ao preço unitário proposto para cada unidade, incluindo-se o plantio, a germinação e o monitoramento, substituição de mudas quando necessário, até o seu crescimento da ordem de 80cm do solo, remunerando todos os serviços, mão-de-obra, ferramentas, encargos sociais e eventuais necessários a completa execução do plantio.

O pagamento da revegetação será efetuado em parcelas de acordo com as medições referidas acima da seguinte forma:

- 50% (trinta por cento) da área correspondente, logo que atendida a primeira exigência da medição;
- 50% (cinquenta por cento) da área correspondente, logo que atendida a segunda exigência da medição.

O preço unitário contratual dos serviços de revegetação deverá remunerar todos os serviços de mão de obra e encargos sociais, materiais, a utilização de equipamentos e ferramentas, fornecimento e transporte de materiais, espalhamento dos materiais orgânicos

previamente estocados, preparo da área, plantio e replantio, irrigação, perdas, testes, mudas, fertilizantes e corretivos, defensivos, seguros, equipamentos de

proteção individual, uniformes, alojamentos e refeições, transporte de pessoal, mão-de-obra e encargos e tudo mais necessário à perfeita execução dos serviços.

\_\_\_\_\_/Anexo A

## Anexo A

### Álbum de fotografias de recuperação de áreas degradadas



Foto 1 - Talude com instabilidade geral com escorregamentos e movimentação de massa, apresentando erosões generalizadas.

Foto 2 - Mesmo talude, já recuperado e protegido com a técnica de solo grampeado verde e biomantas antierosivas



Foto 3 - Mesmo local, três meses após a recuperação e proteção do talude, já totalmente revegetado e isento de focos erosivos

**Foto 4 - Talude apresentando instabilidade geotécnica, com erosões generalizadas, escorregamentos e carreando grande volume de sedimentos**



**Foto 5 - A técnica utilizada para a contenção foi o solo grampeado verde, com uso de biomanta antierosiva de fibra de coco bidimensional (Tela Fibrax® 400BF)**

**Foto 6 - Mesmo local após a execução da técnica, mostrando a eficiência e melhoria do visual, além dos aspectos ambientais, como infiltração da água, atenuação da radiação e redução da temperatura**





Foto 7 - Talude onde houve a ruptura, deslizamento e será recuperado e protegido com a técnica do solo grampeado

Foto 8 - Após a aplicação dos chumbadores no talude, a erosão está sendo recuperada e preenchida com uso de rip-rap de retentores de sedimentos tipo Bermalonga® D20



Foto 9 - Após a recuperação da erosão, é aplicada a Tela Fibrax® 400BF, e a malha metálica de alta resistência, ancorando-a nos chumbadores com uma placa metálica

**Foto 10 - Talude totalmente erodido, com ausência de vegetação, solo muito arenoso e facilmente erodível, necessitando de imediata proteção a fim de evitar o aumento dos processos erosivos**



**Foto 11 - Vista do local após a aplicação da Tela Vegetal® 1000IC, a diferença do aspecto visual logo após a aplicação da mesma**

**Foto 13 - Vista do mesmo local, um ano após as medidas de contenção serem executadas, com utilização das Técnicas de Bioengenharia**







**Foto 14 - Vista geral das erosões, as quais serão recuperadas com uso das Técnicas de Bioengenharia e produtos biodegradáveis**

**Foto 15 - Serviços de recuperação já adiantados, com drenagem superficial e profunda executada, recuperação das erosões e aplicação de biomanta antierosiva**



**Foto 16 - Mesmo local após três meses da execução dos serviços, vê-se a eficiência do método, nenhum foco erosivo e a área completamente revegetada**

Foto 17 - Vista geral da área degradada, iniciando o preparo do solo, material de grande suscetibilidade à erosão e muito estéril, chegando a atingir altas temperaturas no verão



Foto 18 - A área verde na foto foi o teste piloto, e após o cliente ter certeza do resultado, foi aplicada a biomanta antierosiva tipo Tela Biotêxtil® 600BP, em toda a superfície dos taludes

Foto 19 - Vista da mesma área após o desenvolvimento da vegetação, dando aspecto de que na área nunca houve interferência humana, mesmo após várias chuvas, permanecendo com total ausência de sulcos erosivos, protegendo totalmente a área





Foto 20 – Biomantas Antierosivas (Vista lateral)



Foto 21 – Biomantas Antierosivas (Vista Frontal)



Foto 22 – Biomantas Antierosivas (Bobina Embalagem)

## Anexo B

### Ilustrações de dispositivos de controle de erosão

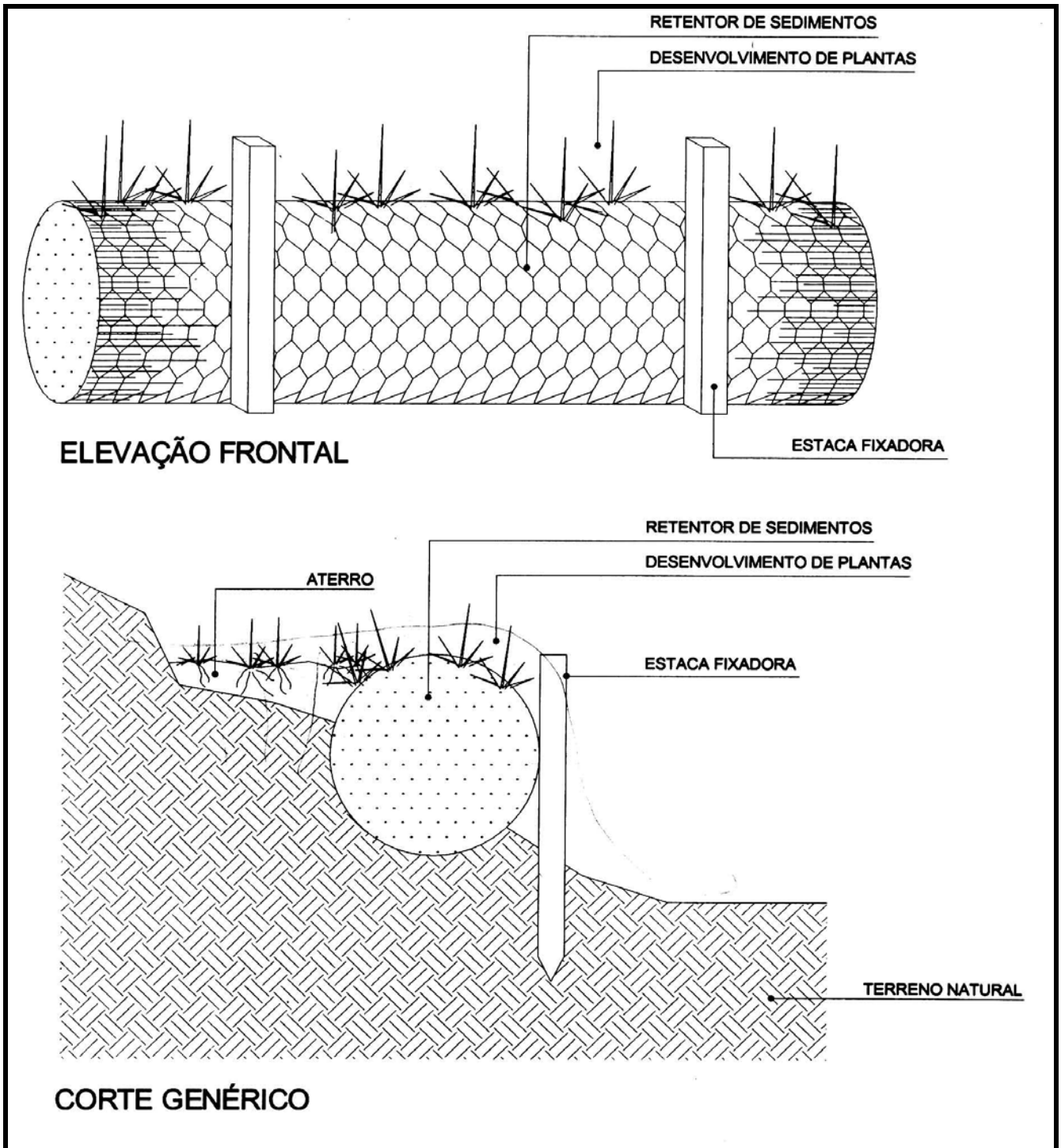


Figura 1 – Esquema demonstrativo da aplicação de bermalonga® para reter sedimentos e direcionar o fluxo d'água e preencher espaços vazios

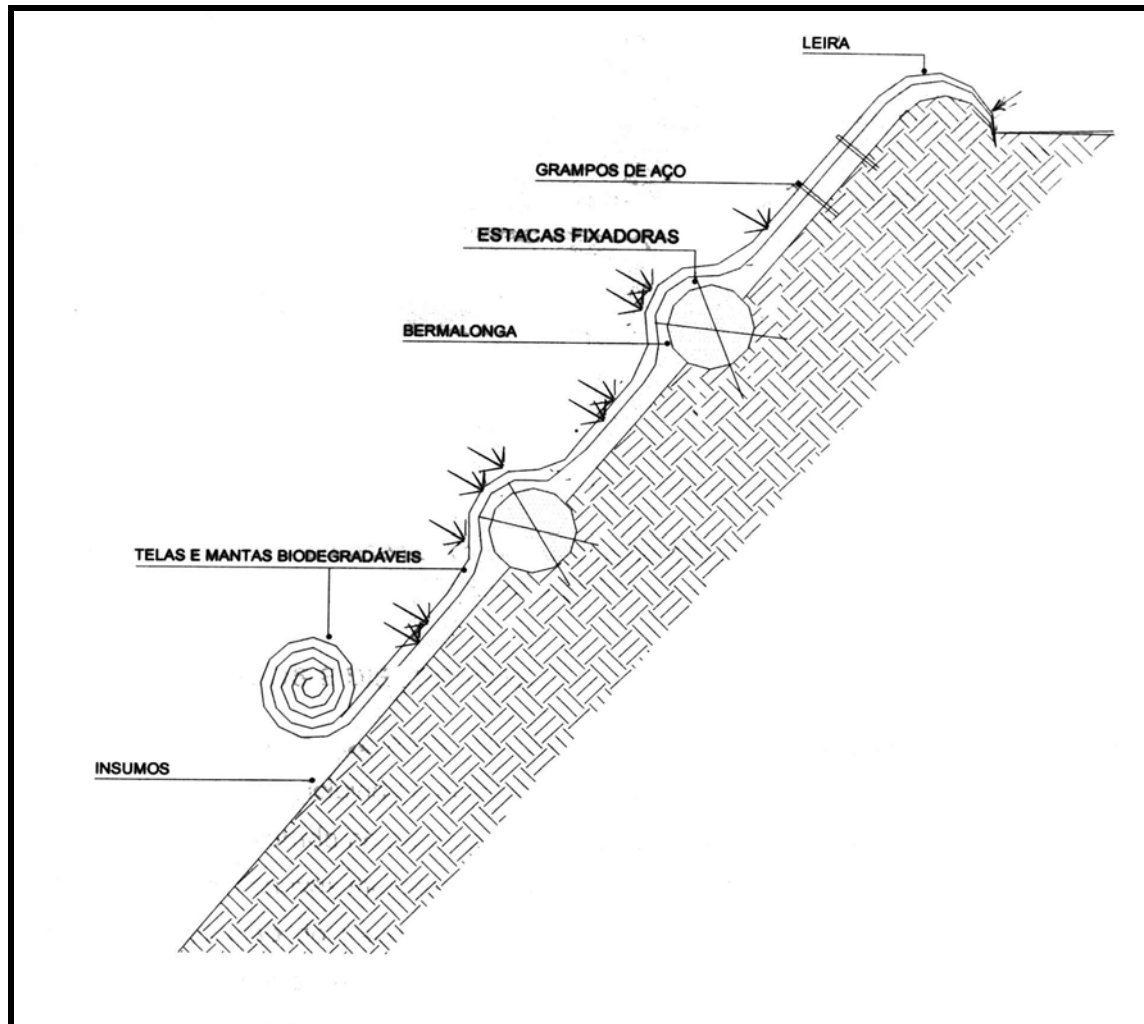


Figura 2 - Corte representativo da aplicação de técnicas de bioengenharia mostrando corte/aterro do terreno natural, preenchimento das erosões, ancoragem dos sedimentos com bermalongas®, fixação e aplicação de telas e mantas biodegradáveis

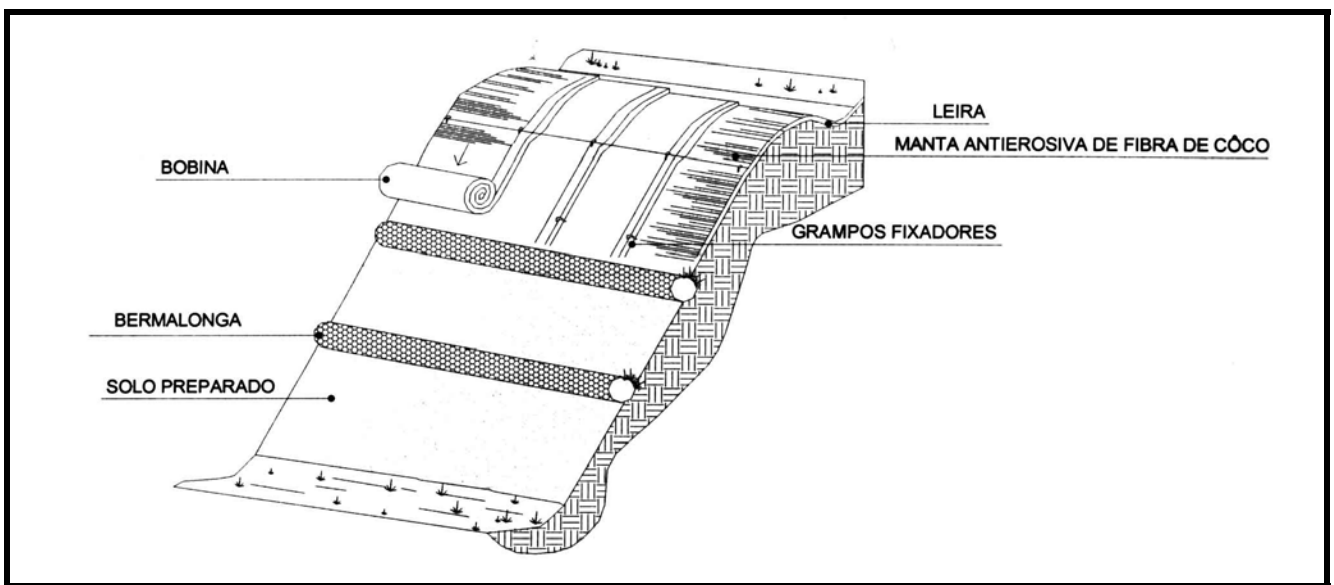


Figura 3 – Esquema representativo da instalação das telas e mantas biodegradáveis, mostrando a aplicação e fixação

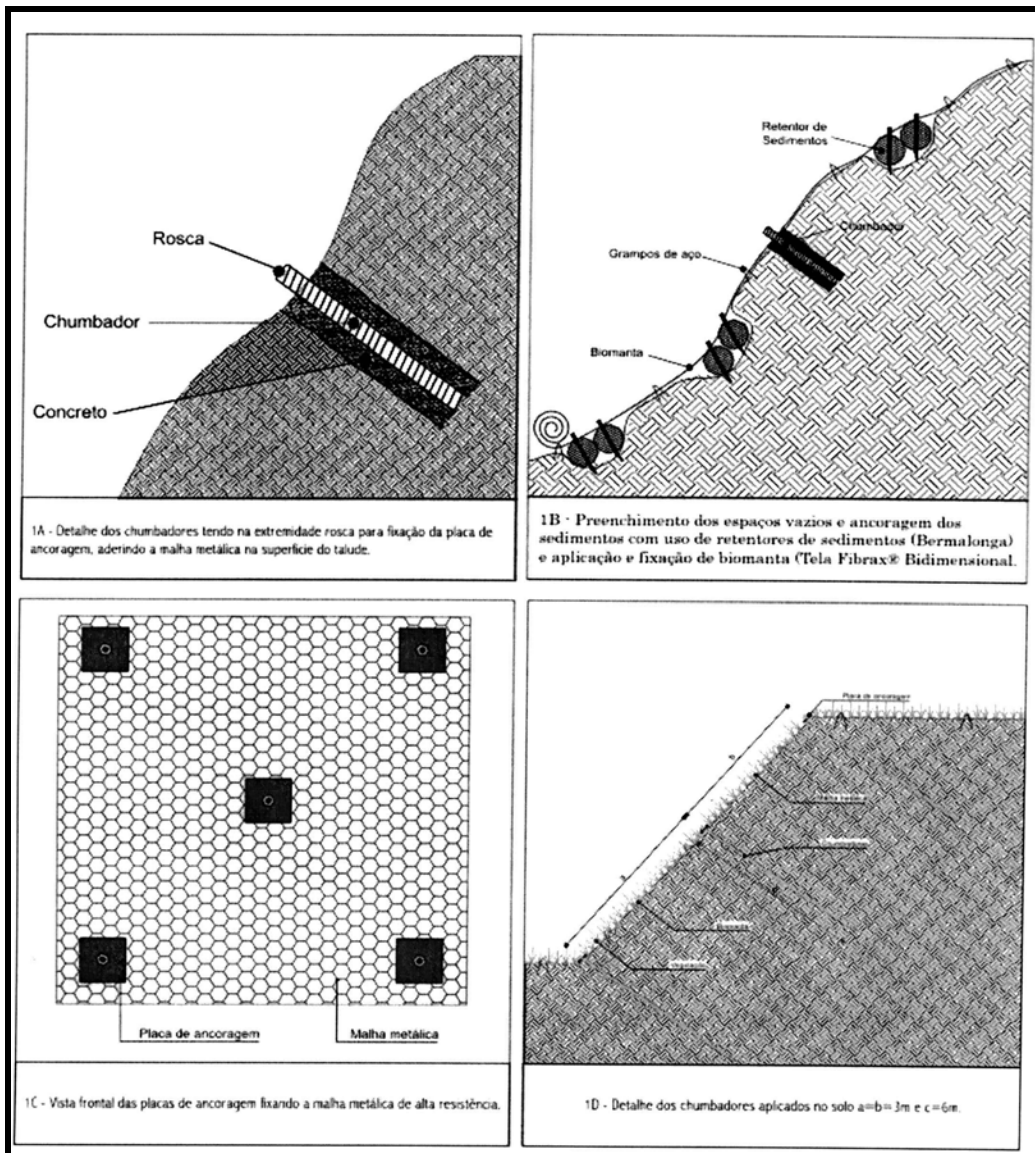


Figura 4 – Passos na execução dos serviços de preparo do terreno, aplicação e fixação de chumbadores, biomantas e retentores de sedimentos

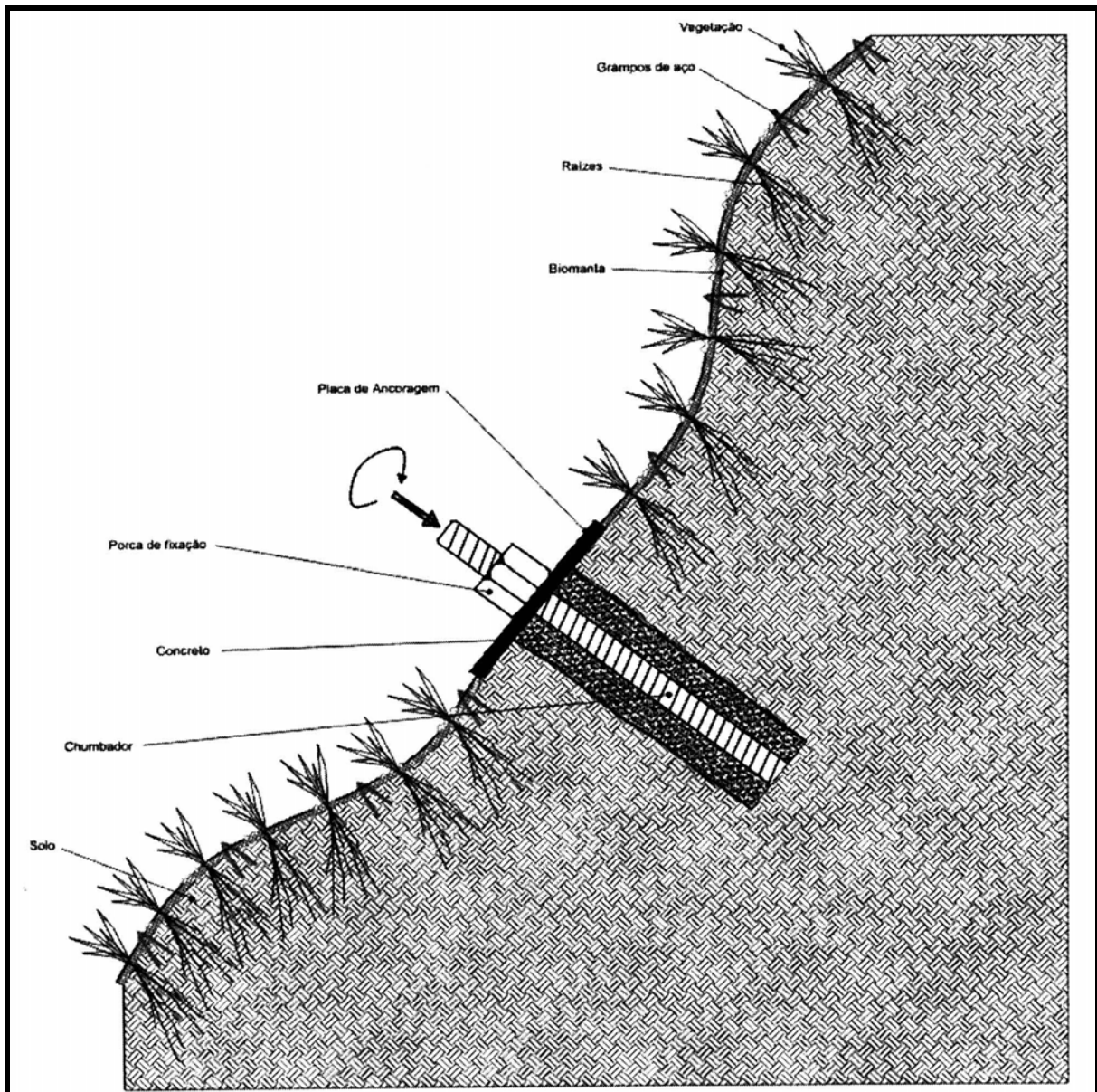


Figura 5 –Detalhe do serviço já executado, mostrando todo o material utilizado na estabilização da encosta

**Índice Geral**

Abstract	.....	1	Índice geral	.....	24
Adbos, fertilizantes e calcários	5.1.1 .....	4	Mantas biodegradáveis	3.7.....	3
Aduto orgânico	5.1.1.1 .....	4	Mantas ou telas vegetais e grampos de fixação	5.1.3.....	5
Aduto químico NPK	5.1.1.2 .....	4	Materiais	5.1.....	4
Anexo A – Álbum de fotografias de recuperação de áreas degradadas	.....	13	Materiais dos diques	5.1.4.....	5
Anexo B – Ilustrações de dispositivos de controle de erosão	.....	20	Medição	7.....	10
Bacias de siltagem	3.1 .....	2	Objetivo	1.....	1
Bambus	3.2 .....	2	Pagamento	8.....	11
Calcário dolomítico	5.1.1.3 .....	4	Plantio de bambu, capim limão ou capim vetiver	5.4.1.....	5
Capim limão	3.3.....	3	Pneus usados	5.1.5.....	5
Capim vetiver	3.4 .....	3	Prefácio	.....	1
Condições específicas	5 .....	4	Proporção de uso	5.2.....	5
Condições gerais	4 .....	3	Referências bibliográficas	2.2.....	2
Controle e inspeções	6 .....	10	Referências normativas	2.1.....	2
Definições	3 .....	2	Referências normativas e bibliográficas	2.....	2
Diques de bambu	3.5 .....	3	Resumo	.....	1
Diques de pneus usados	3.6.....	3	Retentores de sedimentos ou bermas artificiais	3.8.....	3
Dispositivos de contenção superficial de taludes e encostas	5.4.2.....	6	Sumário	.....	1
Equipamentos	5.3 .....	5	Telas biodegradáveis ou telas vegetais	3.9.....	3
Espécies vegetais	5.1.2 .....	4	Veículos de transporte	5.1.7.....	5
Execução	5.4 .....	5			
Ferramentas	5.1.6.....	5			