TÍTULO

PROJETO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS COM OCORRÊNCIA DE EROSÃO EM SOLO

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Instrução. Projeto. Erosão.

APROVAÇÃO	PROCESSO
	PR 007476/18/DE/2006

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ÍNDICE

1 RESUMO 3
2 OBJETIVO 3
3 DEFINIÇÕES 3
3.1 Erosão 3
3.2 Erosão Natural ou Geológica 3
3.3 Erosão Acelerada 4
3.4 Reconformação do Talude 4
3.5 Sistemas de Contenção de Sedimentos 4
3.6 Terraplenagem 4
4 ETAPAS DE PROJETO 4
4.1 Estudo Preliminar 4
4.2 Projeto Básico 5
4.3 Projeto Executivo 5
5 ELABORAÇÃO DO PROJETO 5
5.1 Normas Gerais Aplicáveis 5
5.2 Materiais e Disposições Construtivas 5
5.3 Investigações Geológico-Geotécnicas 7
5.4 Modelos de Cálculo de Erosão 9
5.5 Critérios de Cálculo 9
6 FORMA DE APRESENTAÇÃO 10
6.1 Estudo Preliminar 10
6.2 Projeto Básico 11
6.3 Projeto Executivo 12
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 14
ANEXO A – DESENHOS ESQUEMÁTICOS 16

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

1 RESUMO

Esta Instrução de Projeto apresenta os procedimentos, critérios e padrões a serem adotados como os mínimos recomendáveis para a elaboração de projeto de recuperação de áreas com ocorrência de erosão em solo para o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 OBJETIVO

Padronizar os procedimentos a serem adotados para elaboração de projeto de recuperação de áreas com ocorrência de erosão em solo no âmbito do DER/SP.

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta instrução de projeto são adotadas as seguintes definições:

3.1 Erosão

Conjunto de processos pelos quais os materiais da crosta terrestre são desagregados, dissolvidos ou desgastados e transportados de um ponto para o outro pelos agentes erosivos como geleiras, rios, mares, vento ou chuva. Basicamente são dois os processos de erosão: erosão natural ou geológica e erosão acelerada.

3.2 Erosão Natural ou Geológica

É o processo resultante da ação isolada das forças da natureza no desenvolvimento da paisagem terrestre. A atuação lenta e contínua dos processos erosivos traduz-se por modificações normalmente perceptíveis após longos períodos de tempo. São dois os tipos de erosão: a erosão linear ou em sulcos e a erosão laminar ou intersulcos.

3.2.1 Erosão Linear ou em Sulcos

O fluxo concentrado tem sido denominado como fluxo em sulcos. Esse tipo de erosão é comandado pelo escoamento, encarregado de transportar partículas de seu próprio leito, em geral com maior concentração de sulcos. Isto implica em taxa maior de erosão e resulta em incisões na superfície do terreno na forma de sulcos, ravinas e voçorocas.

3.2.1.1 Ravina

São feições de maior porte, com profundidade variável e de forma alongada. Não atingem o nível d'água subterrâneo, onde atuam mecanismos de desprendimento de material dos taludes laterais e transporte de partículas do solo. A erosão em ravina ocorre quando a água se concentra em maior volume, formando canais mais profundos que os sulcos, por solapamento ou escavação descendente.

3.2.1.2 Voçoroca

Voçorocas do tupi-guarani *ibi-çoroca* são ravinas de grandes dimensões, normalmente provocadas por grandes concentrações de fluxo. Seu início deve-se a escoamentos subterrâneos.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

3.2.2 Erosão Intersulcos ou Laminar

Chama-se fluxo intersulco ou laminar aquele aproximadamente uniforme, observado na superfície entre os sulcos. Pode-se dizer que a característica da erosão intersulcos é o predomínio de atuação da gota, destacando e transportando partículas e ampliando a capacidade de transporte do fluxo. Nesse tipo de erosão o solo é removido com certa uniformidade em camadas delgadas sobre toda uma área. Os sinais de solo são pouco visíveis, mas são perceptíveis com o aumento da turbidez da água do rio.

3.3 Erosão Acelerada

É o processo que sofre a interferência do homem. Várias conseqüências advêm deste tipo de erosão, como a redução de áreas agricultáveis, a degradação e contaminação de cursos d'água e a perda ou inutilização de bens públicos, com prejuízos.

3.4 Reconformação do Talude

São obras de melhorias nos taludes utilizando concreto ciclópico ou solo-cimento em erosões profundas e grama em placa em erosões superficiais. Ambos têm o intuito de revestir e proteger o talude contra a erosão. Ver exemplos nas Figuras A-1 a A-2 do Anexo A.

Em taludes muito íngremes pode-se empregar a grama armada ou tela vegetal.

3.5 Sistemas de Contenção de Sedimentos

São obstáculos construídos ao longo da erosão. Podem ser arrimos de gabiões ou solo-cimento ensacado, de alturas relativamente pequenas, envolvendo massas de solo não muito grandes. Ver exemplos nas Figuras A-3 e A-4 do Anexo A.

Alternativas de soluções são os muros de concreto ciclópico ou pedra argamassada, ou faixas de grama em placa, dispostas em cova pouco profunda. Ver Figuras A-5 e A-6 do Anexo A.

3.6 Terraplenagem

São obras para grandes erosões, nas quais se empregam grandes volumes de terra associados a um projeto de drenagem, incluindo elementos como bueiros, canaletas e revestimento vegetal através de hidrossemeadura ou grama armada ou em placas ou elementos sintéticos. Ver Figuras A-7 e A-8 do Anexo A.

4 ETAPAS DE PROJETO

As etapas de projeto incluem:

4.1 Estudo Preliminar

Esta etapa corresponde às atividades relacionadas ao estudo de diagnóstico. Baseia-se em dados de cadastros regionais e locais, observações de campo e experiência profissional, de maneira a propor uma solução. Deve-se procurar tomar contato direto com as condições físicas do local da obra através de reconhecimento preliminar, utilizando documentos de a-

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

poio disponíveis como aerofotos, restituições aerofotogramétricas, mapas geológicos e, eventualmente, dados de algum projeto existente na área de influência da obra. A análise dos dados permitirá a predição das investigações necessárias para a etapa de projeto subseqüente.

O estudo preliminar consiste de memorial descritivo com as apresentações das soluções possíveis de serem implantadas e aquela selecionada a partir da análise técnica-econômica.

4.2 Projeto Básico

Deve-se analisar diversas alternativas de solução de recuperação da área erodida indicada no estudo preliminar. Deve-se estudar as alternativas de solução a partir de novos dados de projeto obtidos nesta etapa, como topografia, investigações geológicas e geotécnicas, projeto de terraplenagem etc., cumprindo grau de detalhamento suficiente que permita comparações sumárias entre as alternativas, com o objetivo de se escolher a melhor solução técnica e econômica para a obra.

Nesta etapa deve-se elaborar os elementos que fixam e definem os diversos componentes da obra, incluindo o memorial de cálculo com os pré-dimensionamentos estruturais, desenhos de implantação, de corte longitudinal e transversal, cronograma de obra, planilhas de quantidades e orçamento.

4.3 Projeto Executivo

Nesta etapa as atividades incluem o detalhamento do projeto básico à luz dos dados atualizados de campo, topografia, investigações geológicas e geotécnicas de campo e laboratório complementares, projeto de terraplenagem etc. As atividades consistem-se no detalhamento da obra a partir de desenhos de implantação e detalhes construtivos, memorial de cálculo, plano construtivo, cronograma, planilhas de quantidades e orçamento.

5 ELABORAÇÃO DO PROJETO

Os projetos de recuperação de áreas com ocorrência de erosão devem ser elaborados segundo os critérios apresentados a seguir.

5.1 Normas Gerais Aplicáveis

O estudo preliminar, o projeto básico e o projeto executivo de recuperação de áreas com ocorrência de erosão em solo devem ser desenvolvidos de acordo com as condições estabelecidas nas normas brasileiras em vigor, citadas no item 7 – Referências Bibliográficas.

Caso alguma norma necessária ao desenvolvimento do projeto não conste no referido item, a projetista deve incluí-la nos estudos e projetos, previamente autorizada pelo DER/SP.

5.2 Materiais e Disposições Construtivas

Os materiais a serem utilizados devem atender, obrigatoriamente, às prescrições e especificações das normas brasileiras vigentes, considerando-se, no entanto, as prescrições relacionadas a seguir.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

5.2.1 Pedra Argamassada

A regularização do terreno erodido com pedra argamassada deve ser executada sobre leito regularizado com pedras de diâmetro médio de 20 cm, rejuntadas com argamassa de cimento e areia com traço 1:3.

5.2.2 Concreto Armado

Para estruturas projetadas em concreto armado deve-se considerar as seguintes condições:

- concreto estrutural classe C25 – $f_{ck} \geq 25$ MPa ou f_{ck} maior, conforme classe de agressividade ambiental, atendendo ao item 7.4 da NBR 6118(1);
- concreto magro classe C10 – $f_{ck} \geq 10$ MPa;
- cobrimento da armadura conforme classe de agressividade ambiental e qualidade do concreto de cobrimento. Ver itens 6.4 e 7.4 da NBR 6118(1);
- controle da fissuração e proteção da armadura conforme item 13.4 da NBR 6118(1).

5.2.3 Concreto Ciclópico

Para as estruturas a serem projetados em concreto ciclópico deve-se considerar os seguintes casos:

- concreto classe C18 – $f_{ck} \geq 18$ MPa;
- agregados que satisfaçam ao disposto na NBR 7211(2) e que apresentem diâmetro máximo compatível com as dimensões e características da peça a ser moldada;
- concreto magro classe C10 – $f_{ck} \geq 10$ MPa.

5.2.4 Revestimento com Concreto Projetado e Tela Metálica

Os materiais utilizados para este tratamento podem ser armadura, tela metálica, nata de cimento e concreto, projetado ou armado, ou revestimento vegetal.

A tela metálica deve atender às prescrições da norma para telas de aço soldadas para armadura de concreto NBR 7481(3).

5.2.5 Aço de Armadura Passiva

Podem ser utilizados aços do tipo CA-25, CA-50 ou CA-60, de acordo com as prescrições da norma NBR 7480(4). Em caso de necessidade de utilização de outro tipo de aço diferente do especificado nesta instrução de projeto, deve ser consultada a fiscalização do DER/SP.

5.2.6 Solo-Cimento

A mistura de solo-cimento deve atender às exigências indicadas na Especificação Técnica de Sub-base ou base de solo-cimento.

A mistura de solo-cimento deve satisfazer as seguintes características:

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

- índice de grupo IG igual a 0, quando submetida a ensaios de caracterização;
- índice de capacidade de suporte – CBR ≥ 30%;
- expansão máxima de 1%.

5.2.7 Aterro

Os solos para o aterro devem provir de empréstimos ou de cortes a serem escavados, devidamente selecionados. Devem ser atendidas as recomendações da especificação de serviço de execução de aterro.

5.3 Investigações Geológico-Geotécnicas

As investigações geológico-geotécnicas devem ser realizadas em função das necessidades de detalhamento do projeto, relacionadas às etapas de estudo preliminar, projeto básico e projeto executivo.

O objetivo da investigação geológica é identificar a estratigrafia e litologia da área, a distribuição e o posicionamento das unidades geológicas e suas características geoestruturais. Deve-se coletar amostras para realização posterior de ensaios laboratoriais e obtenção de informações geo-hidrológicas, conforme descritos na Instrução de Projeto de Estudos Geológicos. A obtenção dessas informações é realizada mediante mapeamento de campo, ensaios geofísicos e sensoriamento remoto, escavações e sondagens mecânicas.

O objetivo da investigação geotécnica é determinar as características físicas e mecânicas dos materiais de interesse detectados nas investigações geológicas, conforme descritos na Instrução de Projeto de Estudos Geotécnicos. Essa investigação é realizada através de ensaios de campo e de laboratório.

As investigações geológico-geotécnicas abrangem as atividades tanto de geologia como de geotecnia e se correlacionam na presente instrução.

Na etapa de estudo preliminar, podem eventualmente ser necessárias algumas investigações geológico-geotécnicas como sondagens e ensaios geotécnicos. Nesta etapa devem ser analisados os documentos de apoio disponíveis como aerofotos, restituições aerofotogramétricas, mapas geológicos e, eventualmente, dados de algum projeto existente na área de influência da obra, além de vistoria em campo.

Na etapa de projeto básico, devem ser programadas as investigações descritas a seguir.

- sondagens de cunho geotécnico: pelo menos três sondagens, do tipo a percussão ou mista, necessárias para caracterizar o perfil geológico-geotécnico local e o perfil da massa potencialmente instável para cada área erodida;
- poço de inspeção: pelo menos três poços para cada formação geológica, para análise geológica e coleta de amostras indeformadas, atravessando os horizontes até o solo saprolítico;
- ensaios de laboratório: granulometria com sedimentação, limites de Atterberg, peso específico aparente, massa específica dos grãos e umidade;

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

- outros ensaios: em função das necessidades de projeto.

O critério de paralisação da sondagem será:

- para as sondagens localizadas na crista da erosão, recomenda-se que o comprimento – L, seja de, no mínimo, a profundidade máxima da erosão mais 6,0 m abaixo da cota de fundo, visando obter informações de nível d´água, entre outras;

$$L = H_{erosão} + 6{,}0\ m$$

- para erosões muito profundas, as sondagens devem ser paralisadas quando a resistência à penetração atingir três valores consecutivos de índice de resistência à penetração SPT – *Standard Penetration Test* superiores a 20 golpes para penetrar 30 cm.

Na etapa de projeto executivo, as investigações citadas anteriormente devem ser complementadas para atender às necessidades de cada solução de recuperação em função de seu tipo, porte e importância. As sondagens a percussão ou mista devem ser programadas com espaçamento máximo de 50 m na área da erosão sendo que, no total, não poderá ser inferior a três. No caso do posicionamento da obra ser alterado, salienta-se a necessidade de se realizarem novas investigações conforme as condições estabelecidas desde a etapa de projeto básico.

Os parâmetros de projeto devem ser caracterizados mediante:

- projeto de terraplenagem: traçado de seções transversais típicas da erosão;
- parâmetros geológico-geotécnicos: traçado de pelo menos um perfil geológico transversal e um longitudinal, e definição dos parâmetros geotécnicos de interesse.

A execução das investigações geológico-geotécnicas somente será liberada após o DER/SP aprovar o plano e a programação dos serviços como quantidade, locação de sondagens, tipo de ensaios etc.

No âmbito da mecânica dos solos, tem sido pequeno o esforço no sentido de se procurar esclarecer os fatores que condicionam a resistência à erosão. A sua medida esbarra em dificuldades práticas, pois comumente ela é de pequena magnitude, além de ser necessário representar as condições ambientais como umedecimento, secagem etc.

Em alguns casos devem ser realizados ensaios específicos, como:

- ensaio Miniatura, Compactado, Tropical – MCT , de Nogami & Villibor[20]: metodologia que considera as qualidades de solos tropicais, como a dos solos arenosos finos lateríticos. Classifica os solos através da análise de diversas propriedades tais como granulometria, compactação, perda de massa por imersão em água, isto é, erodibilidade, infiltrabilidade contração e expansão;
- ensaio de cilindro rotatório Moore e Masch, 1962: consiste em determinar a resistência à erosão de solos argilosos ou quimicamente estabilizados, submetidos à tensão cisalhante de natureza hidráulica;
- ensaio de Inderbitzen: consiste em submeter uma amostra de solo de seção circular, com diâmetro de 15 cm e altura de 4,6 cm, a uma determinada vazão de água. A a-

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

mostra é colocada em uma rampa que pode ter sua inclinação variada; em seguida, escoa-se a água sobre ela segundo vazões constantes, recolhendo-se o solo em seguida;

- ensaio de Philiponat, que consiste em submeter uma das faces do corpo de prova cilíndrico inclinado de 45 graus à ação de um jato de água com velocidade e vazão constantes. O coeficiente de erodibilidade E_r é definido como o produto entre a profundidade do furo produzido h e o peso removido P.

$$E_r = h \times P$$

A granulometria é a característica mais estudada na tentativa de se avaliar a erodibilidade. Em geral, para os solos mais erodíveis, refere-se aos solos de comportamento granular, com partículas da ordem dos siltes às areias finas e com pequena fração de argila.

Nos solos argilosos os parâmetros que condicionam a resistência à erosão são a expansividade e a petrificação, que é a possibilidade de manter a coesão mesmo após a imersão do solo.

5.4 Modelos de Cálculo de Erosão

Uma das questões fundamentais na erosão consiste na necessidade de quantificá-la. A seguir apresentam-se algumas sugestões:

a) equação universal de perdas de solo: modelo empírico com uma série de limitações

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Onde:

A: perda de solo por unidade de tempo e área (t/ha/ano);

R: fator que caracteriza a ação erosiva da chuva ou sua erosividade (t/ha/ano);

K: fator que caracteriza a suscetibilidade do solo à erosão (em perda de solo por unidade do fator R);

L: fator de comprimento do talude (adimensional);

S: fator de inclinação do talude (adimensional);

C: fator tipo de cultura, por exemplo: milho, feijão, soja (adimensional);

P: fator tipo de prática conservacionista, como plantação em nível, uso de cordões em nível etc. (adimensional).

b) modelos com base na física do processo: modelação de Meyer e Wischmeier, de Ellison etc.

5.5 Critérios de Cálculo

O projeto de recuperação de áreas de ocorrência de erosão deve ser concebido conforme sua dimensão ou interesse. Pode ser desde reconformação com aterro compactado ou solocimento, ou terraplenagem com posterior revegetação, ou muro de arrimo de concreto, gabião, alvenaria, pedra argamassada ou enrocamento para o acúmulo de sedimentos.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Para as soluções com utilização de concreto, aço ou pedra, os critérios de cálculo devem seguir as Instruções de Projeto de Muro de Arrimo ou de Contenção.

Para a reconformação de taludes de corte ou aterro a verificação de estabilidade deve ser efetuada para cada seção típica da obra, em situação de pior representatividade geológico-geotécnica.

Quanto aos critérios de segurança, os fatores de segurança – FS, globais ou parciais, devem ser compatíveis em cada etapa de desenvolvimento do projeto, considerando o grau de conhecimento das solicitações e materiais a serem utilizados, a caracterização do subsolo pelos dados disponíveis e sua dispersão, a complexidade da execução do projeto, a confiabilidade dos métodos adotados, cálculos e execução, a permanência das condições previstas durante o tempo da existência da obra, as conseqüências em caso de acidentes envolvendo danos materiais e humanos e a natureza transitória ou permanente da obra.

A análise deve contemplar a estabilidade hidráulica e mecânica global da obra, nas quais são abrangidos o paramento, o maciço contido e a fundação. As cargas consideradas são as especificadas no item 5.4.2 da Instrução de Projeto de Contenção.

Os métodos de cálculo recomendados são os de equilíbrio limite, sendo que podem ser utilizados os métodos de estabilidade de talude de Bishop, Fellenius, Sarma, Spencer, Janbu etc. Os programas computacionais utilizados devem ser justificados quanto à confiabilidade de seus resultados mediante comprovações.

Os fatores de segurança a serem adotados devem ser os prescritos pela norma brasileira e, ainda, o FS_{minimo} deve ser igual a 1,3 para obra provisória e 1,5 para obra definitiva.

6 FORMA DE APRESENTAÇÃO

A apresentação dos documentos técnicos do tipo memorial, relatórios e outros elaborados no formato ABNT A-4 deve seguir as instruções descritas na IP-DE-A00/001 de Elaboração e Apresentação de Documentos Técnicos. Os desenhos técnicos devem ser apresentados e elaborados conforme a instrução IP-DE-A00/003 de Elaboração e Apresentação de Desenhos de Projeto em Meio Digital.

A codificação dos documentos técnicos e desenhos devem seguir a Instrução de Codificação de Documentos Técnicos IP-DE-A00/002.

6.1 Estudo Preliminar

Deve ser apresentado memorial descritivo que indique as alternativas de soluções possíveis para a obra e a alternativa selecionada pela projetista, acompanhada de justificativas técnicas de sua escolha. Deve-se descrever para a obra selecionada, no mínimo, os seguintes elementos: características do tipo estrutural e geotécnico da solução proposta, o método construtivo, materiais previstos e a estimativa de custo da obra.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

6.2 Projeto Básico

6.2.1 Relatório de Estudo Geológico-Geotécnico

Deve ser apresentado relatório do estudo geológico-geotécnico realizado contendo a descrição do serviço executado, o resultado das sondagens e ensaios, a análise dos resultados e os estudos de alternativas com a solução geotécnica recomendada.

6.2.2 Memorial de Cálculo

Deve ser apresentado memorial de cálculo justificativo da solução desenvolvida no projeto, destacando a apresentação e a descrição do tipo de obra, as verificações e pré-dimensionamentos realizados. As análises devem ser em número reduzido de seções e apresentadas sucintamente, porém suficientemente para se avaliar a suficiência do projeto estrutural e geotécnico.

6.2.3 Desenhos

Devem ser adotadas as seguintes escalas:

- série normal – 1:250, 1:200, 1:100, 1:75, 1:50, 1:25, 1:20;
- série especial – 1:10, 1:5, 1:2, 1:1.

A série especial destina-se à representação de detalhes. Na série normal deve ser dada preferência às escalas 1:200, 1:100 e 1:50, considerando a compatibilidade com as dimensões da folha dos desenhos.

O projeto básico deve conter detalhes gerais da obra e deve apresentar folha de desenho com todas as dimensões da obra perfeitamente indicadas, contendo no mínimo:

a) planta e perfil de locação da obra, com a indicação das cotas referidas ao sistema topográfico adotado;

b) vista longitudinal, com indicação do perfil de sondagem, comprimento total, número e comprimento dos módulos e cortes indicando a solução estrutural. Nesta vista deve constar o perfil longitudinal do terreno, com as cotas da obra, informações geológicas básicas, além do tipo de fundação prevista para a obra e demais elementos constituintes, como os drenos;

c) seção transversal, com as cotas de interesse, geometria da obra, drenos, elementos de fundação, canaletas e demais informações do terreno.

6.2.4 Detalhes Complementares

Devem ser elaboradas planilhas de quantidades e orçamentos de serviços e materiais previstos para a execução da obra. Devem ser respeitadas, sempre que possível, a discriminação e as especificações que constam na Tabela de Preços Unitários – TPU do DER/SP. A TPU vigente é sempre a última publicada anteriormente à entrega do documento final ao DER/SP.

Os serviços previstos que não se enquadrarem naqueles discriminados na TPU devem ser perfeitamente definidos e descritos. Caso necessário, deve ser elaborada Especificação de

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Serviço para acompanhar o projeto.

Também deve ser apresentado cronograma estimativo para execução da obra.

6.3 Projeto Executivo

6.3.1 Relatório de Estudo Geológico-Geotécnico

Deve ser apresentado relatório do estudo geológico-geotécnico de detalhamento da solução escolhida, contendo a descrição dos serviços executados, resultados das sondagens e ensaios complementares, análise dos resultados e as soluções geotécnicas recomendadas a adotadas.

6.3.2 Memorial de Cálculo

Deve-se apresentar memorial de cálculo justificativo da solução desenvolvida no projeto, contendo todas as indicações necessárias à boa e fácil compreensão e ao acompanhamento da seqüência e operações de cálculo. O memorial deve conter:

a) apresentação e descrição do tipo de obra;

b) cálculos de dimensionamento por fórmulas ou tabelas aplicadas, condições e valores numéricos admitidos, como por exemplo a resistência característica; fontes bibliográficas relativas a qualquer processo de cálculo de estabilidade ou dimensionamento adotado; hipóteses admitidas, incluindo as propriedades dos materiais; significado dos termos das fórmulas empregadas, elementos ou símbolos utilizados; seqüência dos cálculos numéricos na aplicação das fórmulas, sem omitir valores intermediários; croquis elucidativos, quando indispensáveis ou convenientes, para maior clareza do significado dos símbolos ou da entrega de memoriais em rascunhos. As tentativas de cálculo posteriormente abandonadas não devem figurar no memorial.

c) os cálculos processados por computadores devem vir acompanhados dos documentos justificativos, a seguir discriminados:

- no caso de programa computacional comercializado no mercado nacional, deve ser identificado o programa utilizado com a sua descrição sucinta de indicação do modo de aplicação do programa computacional, definindo os módulos utilizados, hipóteses de cálculo e simplificações adotadas, dados de entrada de carregamento e os resultados obtidos;

- no caso de programa computacional de uso particular e exclusivo da projetista, deve ser identificada e descrita a metodologia utilizada no programa computacional, com indicação da formulação teórica, hipóteses de cálculo e simplificações adotadas, dados de entrada de carregamento e os resultados obtidos.

d) esquema estrutural, com definição das seções transversais, nós, barras, propriedades dos materiais etc.;

e) verificações e dimensionamentos com a inserção das folhas de resultados do processamento realizado;

f) quadros-resumo, com indicação das combinações de esforços adotadas, características dos materiais utilizados, dados de entrada e resultados do processamento realizado, seções, esforços e tensões de dimensionamento, acompanhados dos diagramas de

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

envoltórias pertinentes.

6.3.3 Desenho

Devem ser adotadas as seguintes escalas:

- série normal – 1:250, 1:200, 1:100, 1:75, 1:50, 1:25, 1:20;
- série especial – 1:10, 1:5, 1:2, 1:1.

A série especial destina-se à representação de detalhes. Na série normal deve ser dada preferência às escalas 1:200, 1:100 e 1:50, considerando a compatibilidade com as dimensões da folha dos desenhos.

As folhas de desenhos devem conter, no lado direito, coluna com as seguintes descrições:

- f_{ck} do concreto, f_{yk} do aço, cobrimento da armadura e unidades de medida;
- tabela e resumo da armadura, por bitola, extensão e peso, sem computar qualquer perda de peso ou comprimento;
- a armadura do eventual guarda-corpo e barreiras de segurança não devem ser computadas, pois já estão incorporadas nos preços unitários correspondentes.

As folhas de desenho de "Formas" devem conter os seguintes elementos:

a) vista longitudinal, com indicação do comprimento total da obra, número de módulos e seus comprimentos, cotas da estrutura de contenção, perfil longitudinal do terreno, perfil geológico, cotas do greide da rodovia, cotas do nível d'água, declividade dos taludes, vista e corte da infra-estrutura com indicação do sistema de fundação e cota de apoio das sapatas e blocos em caso de fundação direta, por tubulões ou estacas, bem como do bloco de amarração das estacas;

b) projeção horizontal em planta, com todas as dimensões dos elementos apresentados;

c) seção transversal, com o corte ou cota da estrutura, com a indicação de todos os elementos da estrutura de contenção, drenagem, geologia, dimensões dos elementos estruturais da estrutura e da fundação;

d) locação da obra, com indicação da estaca e quilômetro do eixo da obra, bem como do início e do fim da estrutura e locação dos pontos de investigações geológico-geotécnicas por sondagens, ensaios geotécnicos *in situ* e locais de retirada de amostras;

e) quadro-resumo indicando as resistências características f_{ck} e f_{yk}, adotadas respectivamente para o concreto e aço empregados, ou de qualquer outro material utilizado;

f) o comprimento e o tipo de estacas previstas ou taxa no solo de fundação e unidades de medida;

g) cada folha de desenho deve incluir a totalidade de seus detalhes e a respectiva tabela de armadura, por lista e resumo. No resumo não deve ser incluída qualquer perda de peso ou comprimento;

h) todas as folhas de desenhos de armação que contenham aços especiais devem indicar

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

as características geométricas do dobramento e dos ganchos das barras das diferentes bitolas.

6.3.4 Detalhes Complementares

Devem ser elaboradas planilhas de quantidades e orçamentos de serviços e materiais previstos para a execução da obra. Devem ser respeitadas, sempre que possível, a discriminação e as especificações que constam na Tabela de Preços Unitários – TPU do DER/SP. A TPU vigente é sempre a última publicada anteriormente à entrega do documento final ao DER/SP.

Os serviços previstos que não se enquadrarem naqueles discriminados na TPU devem ser perfeitamente definidos e descritos. Caso necessário, deve ser elaborada Especificação de Serviço para acompanhar o projeto.

Deve ser apresentada planilha com o memorial de quantificação, elaborada de forma de fácil entendimento para posterior verificação das quantidades previstas para a obra. Logo, recomenda-se que as quantidades sejam indicadas por tipo de intervenção, atividades de serviços previstos na TPU, segmentando por exemplo por estacas, fornecendo comprimento, largura, altura, área, volume etc.

As áreas podem ser obtidas dos desenhos utilizando os recursos do programa computacional de elaboração do desenho.

6.3.5 Projetos com Materiais Diferentes

A utilização no projeto de qualquer tipo de material não especificado nas normas brasileiras ou pelo DER/SP somente será admitida mediante autorização prévia e expressa do DER/SP.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

2 ____. **NBR 7211**. Agregado para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 1983.

3 ____. **NBR 7481**. Telas de aço soldadas para armadura de concreto. Rio de Janeiro, 1990.

4 ____. **NBR 7480**. Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado. Rio de Janeiro, 1996.

5 ____. **NBR 6459**. Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1994.

6 ____. **NBR 6484**. Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT. Rio de Janeiro, 2001.

7 ____. **NBR 6490**. Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização da ocorrência de rochas. Rio de Janeiro, 1985.

8 ____. **NBR 6491**. Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização de

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

pedregulhos e areia. Rio de Janeiro, 1985.

9 ____. **NBR 6497**. Levantamento geotécnico. Rio de Janeiro, 1983.

10 ____. **NBR 6502**. Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995.

11 ____. **NBR 6508**. Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984.

12 ____. **NBR 7180**. Solos – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

13 ____. **NBR 7181**. Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

14 ____. **NBR 7182**. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.

15 ____. **NBR 8036**. Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios. Rio de Janeiro, 1983.

16 ____. **NBR 8044**. Projeto geotécnico. Rio de Janeiro, 1983.

17 ____. **NBR 9061**. Segurança de escavação a céu aberto. Rio de Janeiro, 1985.

18 ____. **NBR 11682**. Estabilidade de taludes. Rio de Janeiro, 1991.

19 SANTOS, J.V. **Arborização Rodoviária**. São Paulo: Publicação TPC-ACC-DVC DER/SP, 1960. 344 p.

20 NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. **Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos**. São Paulo: Editora Villibor, 1995. 240 p.

/ANEXO A

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ANEXO A – DESENHOS ESQUEMÁTICOS

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

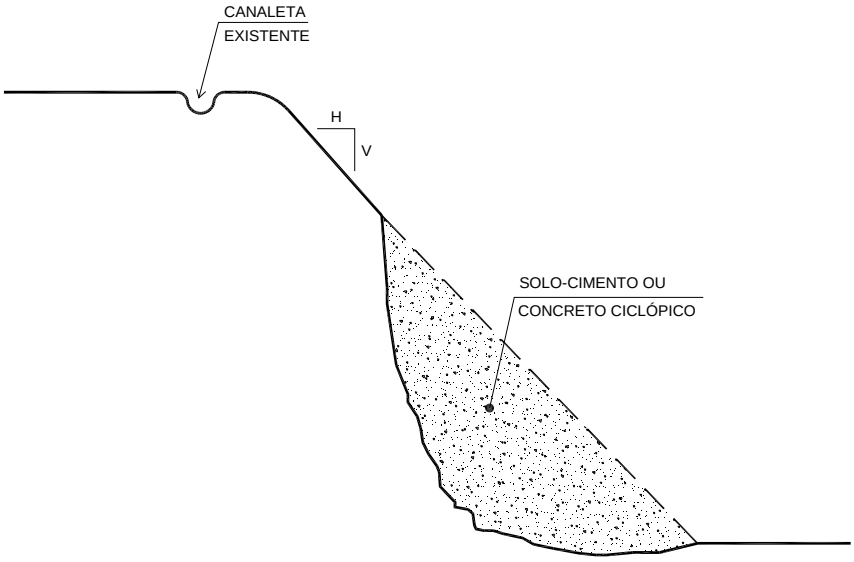


Figura A-1 – Reconformação do Talude com Solo-Cimento, Compactado ou Ensacado

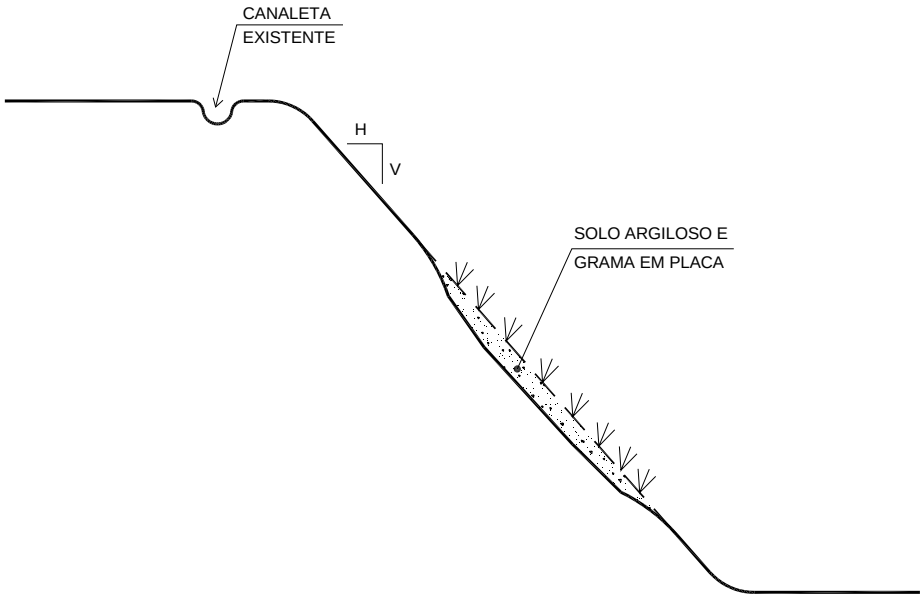


Figura A-2 – Reconformação do Talude com Solo Argiloso e Grama em Placa, com ou sem Tela

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

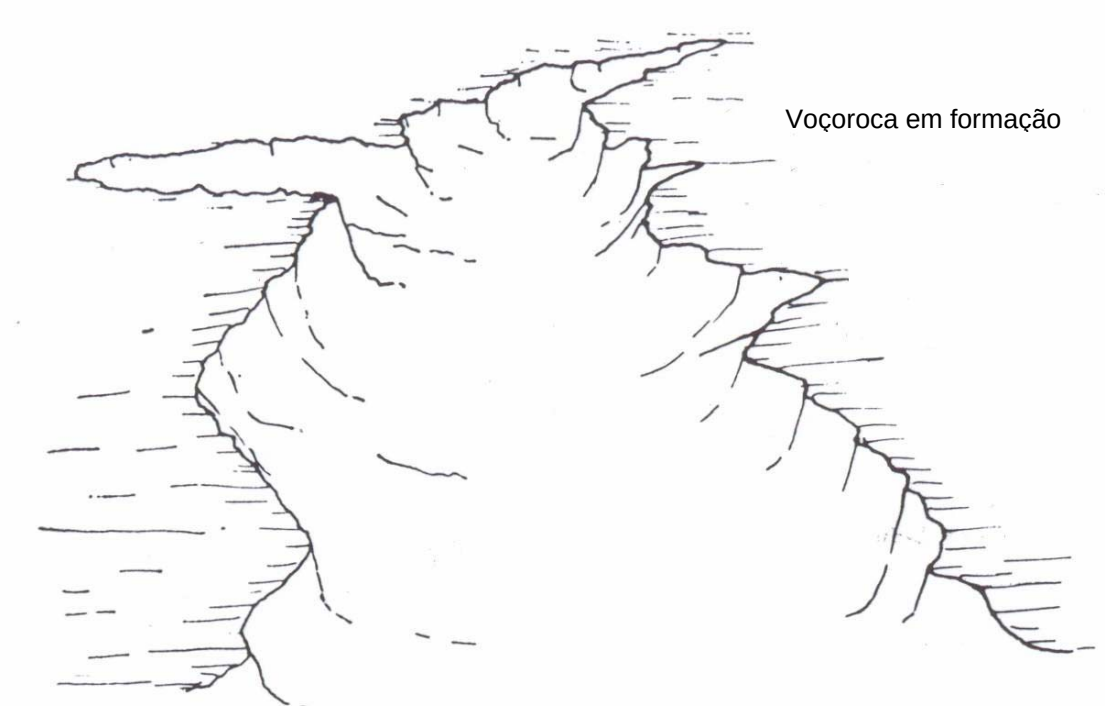


Figura A-3 – Voçoroca

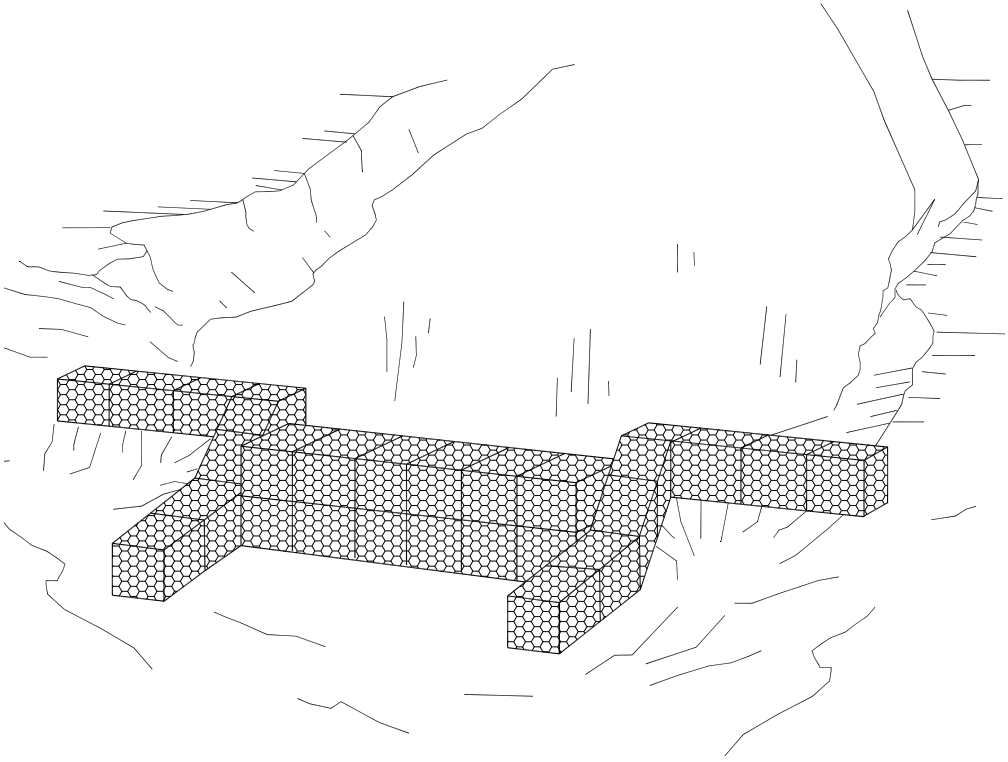


Figura A-4 – Dique de Gabiões ou Solo-Cimento Ensacado

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

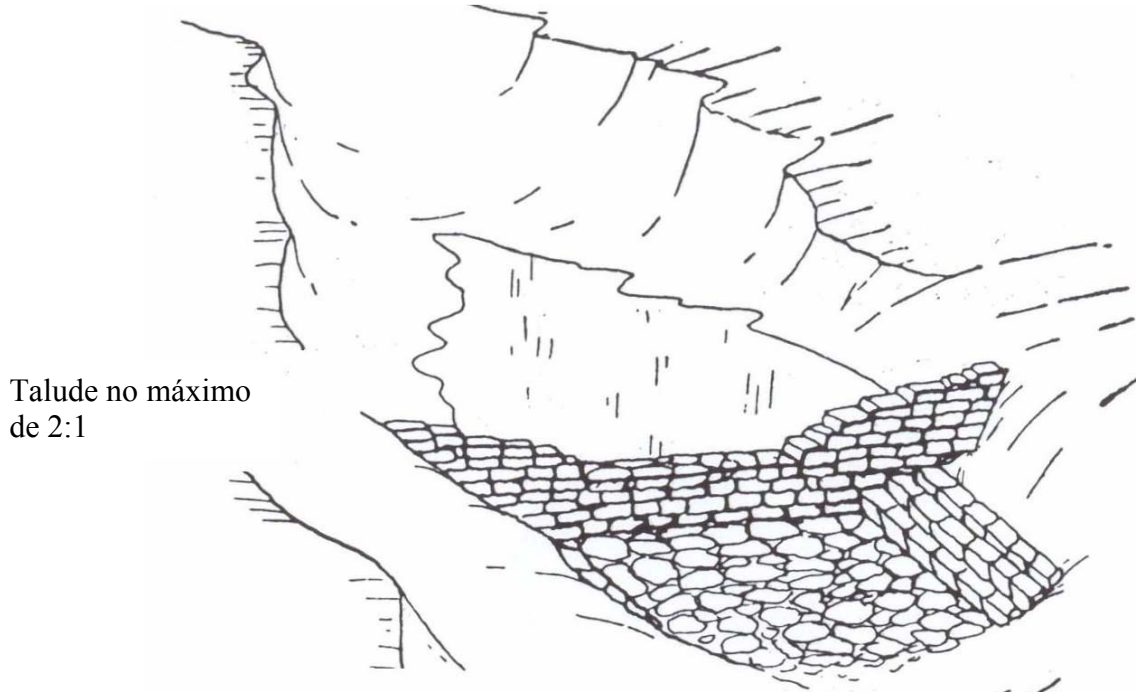


Figura A-5 – Dique de Pedra Argamassada ou Concreto Ciclópico

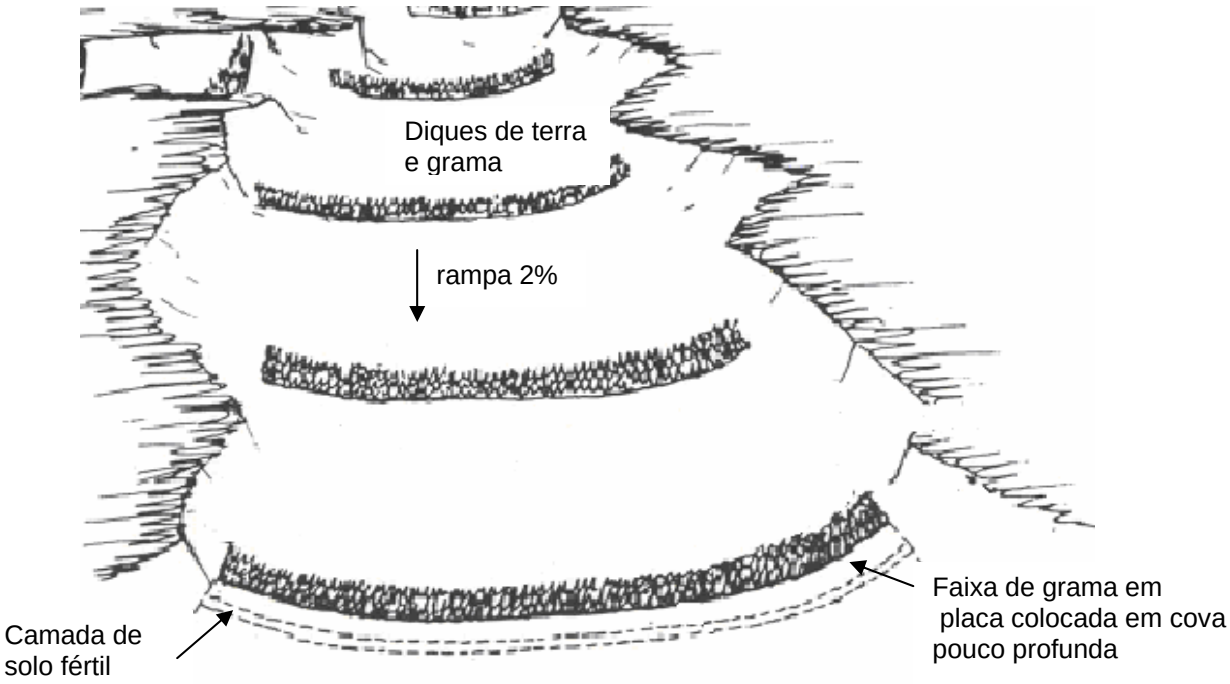


Figura A-6 – Diques de Terra e Grama

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

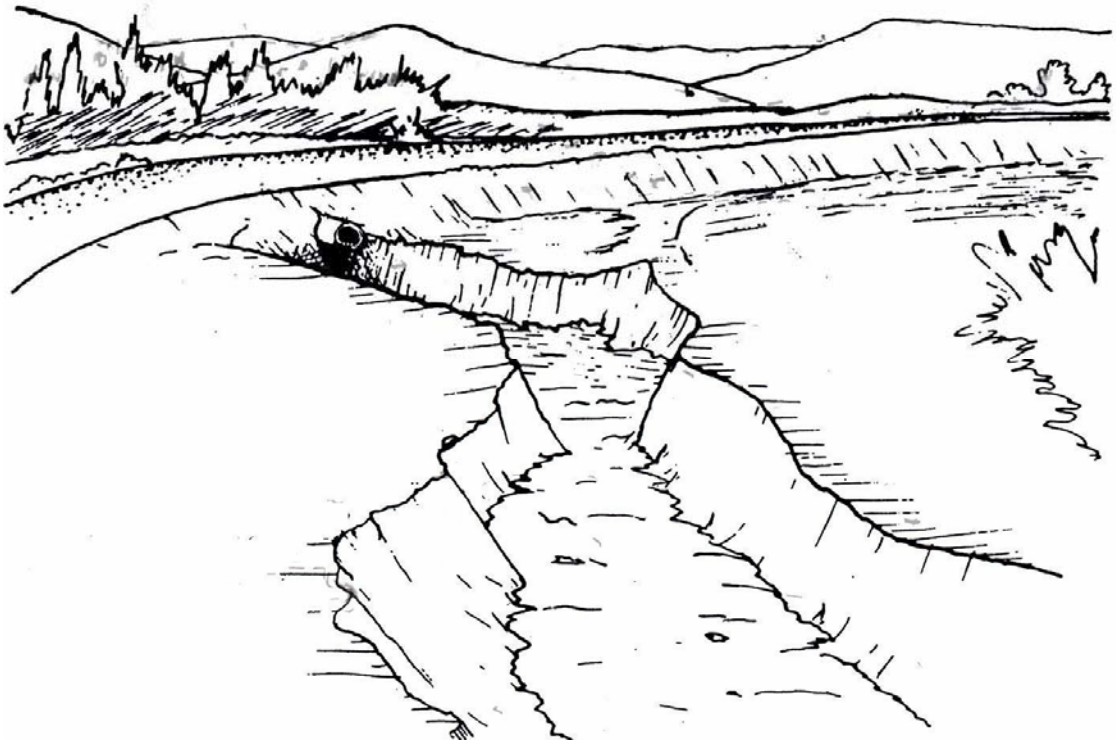


Figura A-7 – Superfície Erodida pelo Refluxo das Descargas do Bueiro

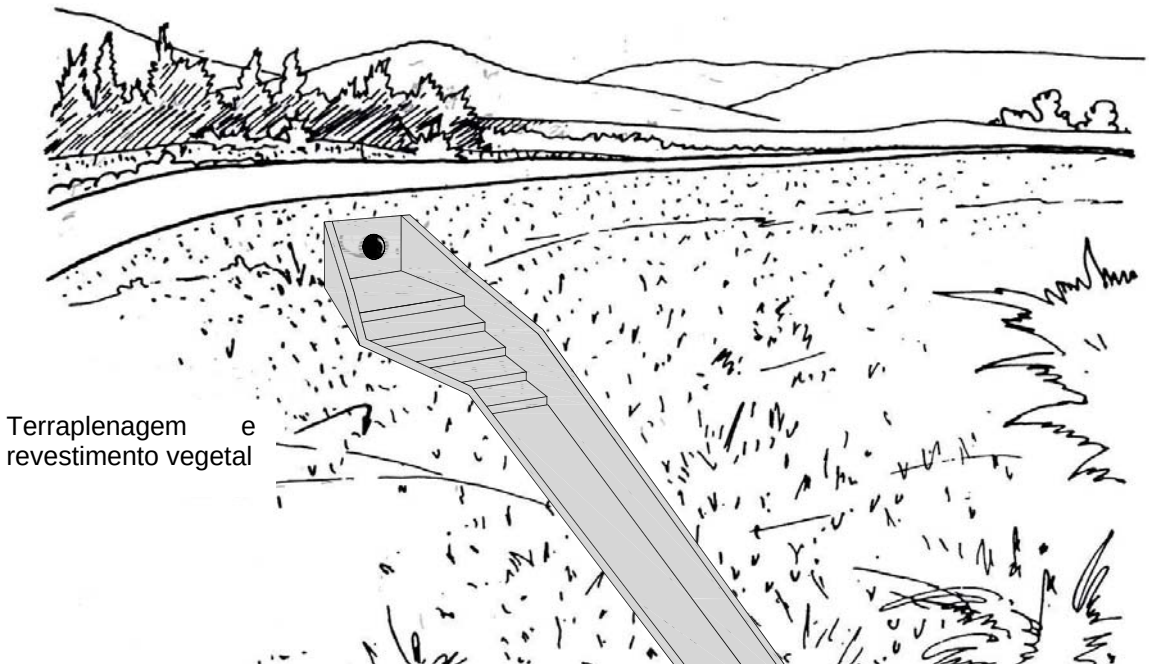


Figura A-8 – Superfície após Terraplenagem, Drenagem e Revestimento Vegetal

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.