



ESCOPO DOS SERVIÇOS

PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO DE ENGENHARIA DE CONTENÇÃO DE PROCESSO EROSIVO DAS MARGENS DO RIO SÃO FRANCISCO, NA LOCALIDADE DE GAMELHEIRA DA LAPA, NO MUNICÍPIO DE SÍTIO DO MATO, NO ESTADO DA BAHIA.

Abril/2024



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. DO OBJETO	3
3. NORMAS TÉCNICAS E DISPOSIÇÕES PARTICULARES	3
4. FASE DA ELABORAÇÃO DO PROJETO	6
5. ATIVIDADES DE ELABORAÇÃO DO PROJETO	9
6. SELEÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE INTERVENÇÃO.....	16
7. DESCRIÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE INTERVENÇÃO	20
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34

ESCOPO DOS SERVIÇOS PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO DE ENGENHARIA DE CONTENÇÃO DE PROCESSO EROSIVO DAS MARGENS DO RIO SÃO FRANCISCO, NA LOCALIDADE DE GAMELEIRA DA LAPA, NO MUNICÍPIO DE SÍTIO DO MATO, NO ESTADO DA BAHIA.

1. INTRODUÇÃO

As seguintes Especificações estabelecem diretrizes de ordem técnica para elaboração de projeto básico de engenharia de contenção de processos erosivos das margens do Rio São Francisco, na localidade de Gameleira da Lapa, localizada no município de Sítio do Mato.

2. DO OBJETO

Projeto básico de engenharia de contenção de processos erosivos das margens do Rio São Francisco na localidade de Gameleira da Lapa, localizada no município de Sítio do Mato, área de atuação da 2ª Superintendência Regional da CODEVASF, no Estado da Bahia.

3. NORMAS TÉCNICAS E DISPOSIÇÕES PARTICULARES

3.1. Para execução dos serviços de engenharia, a Contratada deverá observar as normas vigentes da ABNT, resoluções do CONAMA, o Caderno de Encargos da CODEVASF e as disposições particulares estabelecidas nestas Especificações Técnicas, além das instruções que venham a receber da Contratante em cada caso específico e a melhor técnica consagrada pelo uso.

3.2. PESSOAL

- 3.2.1. A Contratada deverá empregar operários devidamente treinados e habilitados para realização dos trabalhos contratados, os quais serão supervisionados direta e permanentemente por encarregado de comprovada experiência.
- 3.2.2. Caberá à Contratada, fornecer a todos os seus empregados, Equipamentos de Proteção Individual (EPI), levando em consideração a periodicidade, o tipo e a quantidade dos mesmos, dentro das especificações exigidas pelo ministério do Trabalho, com relação ao Certificado de Aprovação – C.A. e / ou Certificado de Registro do Importador – C.R.I.

- 3.2.3. Será de inteira responsabilidade da Contratada, treinamento de seus empregados quanto ao uso e conservação tanto dos EPI's - Equipamentos de Proteção Individual, quanto aos EPC's - Equipamentos de Proteção Coletiva, em estrita obediência às Normas que regulam a matéria (PGR, PPRA, ASO's e CIPA).
- 3.2.4. A Contratada estará obrigada a substituir, em no máximo 24 horas, as pessoas que venham a ser indicadas pela fiscalização e não poderá efetuar mudanças no pessoal sem prévia autorização do Contratante.

3.3. FORNECIMENTOS POR PARTE DA CONTRATADA

- 3.3.1. A Contratada deverá fornecer toda mão de obra, materiais, transporte, energia, água, limpeza permanente da obra, vigilância, análises ou ensaios inerentes às especificações, equipamentos e acessórios que sejam necessários à execução completa do serviço.

3.4. TRANSFERÊNCIAS DE TRABALHO

- 3.4.1. A Contratada somente poderá transferir eventual e parcialmente a terceiros os trabalhos a realizar, com prévia autorização escrita por parte da Contratante.
- 3.4.2. Qualquer caso de transferência de trabalho, não exime, entretanto a Contratada das responsabilidades assumidas perante a Contratante, definidas no Edital de Licitação e na legislação vigente.
- 3.4.3. Os possíveis subempreiteiros deverão possuir a devida experiência e capacidade para realizar os serviços objeto da transferência, devendo demonstrar satisfatoriamente estas condições perante a Contratante, na forma que vier a ser exigida.

3.5. PERMISSÕES, CERTIFICADOS, REGULAMENTOS E ANÁLISES A SEREM EXECUTADAS PELA CONTRATADA

- 3.5.1. A Contratada deverá, às suas expensas, dispor de todas as permissões, certificados e licenças requeridos por lei, inclusive a obtenção das Licenças de Instalação dos equipamentos junto aos órgãos estaduais e Anotações de Responsabilidade Técnica – ART, fornecidas pelo CREA, antes de iniciar a execução dos serviços objeto das presentes Especificações Técnicas, devendo as referidas documentações serem encaminhadas ao fiscal indicado pela 2ª Superintendência Regional da CODEVASF.
- 3.5.2. Documentação necessária e providências diversas:

a) Requerimento da ART junto ao CREA;

- 3.5.3. A Contratada deverá cumprir as leis nacionais, estaduais e municipais e todos os regulamentos que afetem os serviços de engenharia a realizar. Em particular, o trabalho deverá ser realizado com a máxima segurança para o pessoal que o execute, devendo serem cumpridas rigorosamente as normas vigentes, relativas à segurança e higiene de trabalho.

3.6. RESPONSABILIDADES SOBRE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

- 3.6.1. A CODEVASF não se responsabilizará por roubos, subtrações ou atos de vandalismo que venham a ocorrer durante a execução dos serviços, ficando a cargo da Contratada exercer a vigilância que considere necessária a esse respeito, inclusive sobre materiais eventualmente fornecidos pela Contratante.
- 3.6.2. A Contratada se responsabilizará também pela preparação do acesso e limpeza do local de trabalho para assentamento dos equipamentos e materiais necessários à realização dos serviços.
- 3.6.3. Os valores necessários à cobertura dos gastos com a instalação da obra, vigilância, suprimento de energia e água, deverão estar inclusos nos itens de serviço constantes da planilha orçamentária.

3.7. ACESSO AOS TRABALHOS

- 3.7.1. A Contratada permitirá a qualquer momento o livre acesso da Fiscalização da CODEVASF aos trabalhos e proibirá rigorosamente toda pessoa que não tenha sido expressamente autorizada, por esta última, em documento por escrito.
- 3.7.2. Caberá a contratada a construção de acessos que se fizerem necessários aos locais das locações efetuadas sob sua responsabilidade, devendo os mesmos partir de estradas já existentes nos municípios e propriedades onde estarão sendo perfurados os poços.
- 3.7.2.1. Os custos desses serviços serão de inteira responsabilidade da contratada, devendo os mesmos estar diluídos no custo do poço perfurado.

3.8. PRAZO

- 3.8.1. O prazo de execução do contrato será de acordo com a quantidade a ser demandada, conforme o recurso disponibilizado, sendo admitido um prazo

de execução mínimo de 60 (sessenta) dias, contados a partir da emissão da Ordem de Serviço, podendo ser prorrogado, mediante manifestação expressa das partes.

4. FASE DA ELABORAÇÃO DO PROJETO.

4.2 FASE BÁSICA

A fase básica busca atingir cinco objetivos principais: escolher a abordagem de projeto, dimensionar as intervenções, estimar os custos, analisar os riscos associados e avaliar estética e ambientalmente as intervenções.

4.2.1 Escolher a abordagem de projeto.

A partir das soluções apontadas na fase conceitual, o primeiro objetivo da fase básica de projeto é escolher aquela que seja a mais viável quanto aos critérios técnicos, econômicos, de exequibilidade, ecológicos, estéticos, de manutenção e de segurança. Nesta fase, o processo é conduzido analiticamente, ou seja, as inferências feitas na fase conceitual são fundamentadas por informações numéricas obtidas por cálculos específicos, baseadas em leis empíricas ou formulações analíticas que descrevam a fenomenologia identificada. O processo que envolve essa tomada de decisão é flexível e, por isso mesmo, novas análises quantitativas (principalmente os dimensionamentos da fase posterior) são realizadas e diferentes condições são constatadas, de modo que a definição das alternativas pode ser adaptada ou substituída para melhor atender às necessidades de projeto.

4.2.2 Dimensionar as intervenções

O segundo objetivo da fase de projeto básico é determinar a forma de intervenção, o tipo de material (vivo e/ou inerte), as dimensões, as configurações e o conjunto de todos os elementos constituintes da intervenção. A determinação desse conjunto de informações é comumente chamada de dimensionamento. É nesta etapa, portanto, que são realizados os dimensionamentos hidrológico, hidráulico, estrutural, geotécnico e vegetacional (escolha e uso de plantas com as características biotécnicas adequadas para cada tipo de intervenção em específico). Os resultados do dimensionamento também podem apontar que uma alternativa já escolhida não é a mais adequada para a correção do problema, e a necessidade de reconsideração da abordagem de projeto – adaptar ou substituir a técnica interventiva.

4.2.3 Estimativa de Custo

A estimativa de custos tem por finalidade atestar a viabilidade econômica da solução tecnicamente dimensionada. Nesta fase, a questão econômica é ainda avaliada de modo aproximado, sendo por essa razão denominada estimativa de custos, uma vez que somente o detalhamento executivo fornece a informação essencial para uma análise de viabilidade econômica mais precisa. Contudo, essa

estimativa é suficiente para orientar e confirmar, ou não, a escolha da(s) alternativa(s) cuja viabilidade técnica já está confirmada.

4.2.4 Analisar os riscos associados

Mesmo que analítico, o dimensionamento de obras em sistemas naturais envolve incertezas, uma vez que os mesmos são regidos por fenômenos complexos, erráticos e randômicos. Assim, deve-se avaliar quantitativamente o risco associado a essas incertezas, ou seja, quais as possibilidades de a obra vir a falhar no caso de uma solicitação predeterminada (solicitação tomada com base nos dimensionamentos). Tais informações remetem à segurança da obra e ao custo financeiro necessário para sua implantação; por essa razão, revestem-se de importância no processo que define a escolha de uma configuração em detrimento de outra.

4.2.5 Avaliar a estética e ambientalmente as intervenções

Por fim, é necessário avaliar estética e ambientalmente as intervenções, estimando-se os ganhos advindos de sua implementação. Além disso, deve-se analisar os impactos para além do ponto de intervenção e descrever a evolução da obra com o tempo e sua integração ao ecossistema e a paisagem. Deve-se ter em mente que, mesmo nos casos em que as funções estéticas e ecológicas não são tratadas prioritariamente como objetivo do projeto, em maior ou menor medida uma composição vegetal ou fitocenose, que evoluirá e será integrada aos poucos ao ecossistema, está sendo projetada. Ecossistemas paranaturais (ou seja, que são semelhantes ao original), tais como os projetados pela Engenharia Natural, são sistemas dinâmicos que se desenvolvem ao longo do tempo e, por isso, previsões de sua formação e desenvolvimento devem ser realizadas.

4.2 FASE EXECUTIVA

A fase executiva é a última fase de projeto e busca atingir sete objetivos principais: otimizar as intervenções, detalhar as soluções, especificar os materiais, descrever os serviços, elaborar o cronograma executivo, especificar o monitoramento e a manutenção das intervenções.

4.2.1 Otimizar as intervenções

Uma vez dimensionadas as intervenções, o primeiro objetivo da fase executiva concentra-se na otimização das mesmas. O detalhamento torna possível que o gasto de materiais, o impacto da execução e os demais recursos envolvidos sejam minimizados. Deve-se atentar para que sejam aplicados apenas os recursos necessários para a mitigação e/ ou solução dos problemas encontrados.

4.2.2 Detalhar as soluções adotadas

O detalhamento minucioso das soluções adotadas compreende as descrições tipológica, de material e geométrica dos arranjos, elementos conjuntos e individuais. Essas informações também são sintetizadas em desenhos e plantas

detalhadas e precisas, que constituem uma ferramenta indispensável de consulta a campo no momento da implantação. O detalhamento torna possível a interpretação das intervenções planejadas e dimensionadas durante as fases anteriores, e possibilita que as soluções sejam descritas, orçadas e finalmente executadas.

4.2.3 Especificar os materiais

Este objetivo consiste na listagem das propriedades físicas, químicas e biológicas, bem como dos requisitos mínimos de desempenho, dos critérios de aceitação, estocagem, manuseio e emprego na obra de acordo com o tipo de material – vivo e/ou inerte – a ser empregado.

4.2.4 Descrever os serviços

A descrição dos serviços compreende tanto as atividades em si, quanto a sequência cronológica de cada etapa dos serviços. Abrange todas as etapas das obras de implantação de uma intervenção e geralmente são apresentadas na forma de um documento denominado Memorial Descritivo.

4.2.5 Elaborar o cronograma e o orçamento

A descrição dos serviços constitui a base para a elaboração do cronograma de atividades e também de orçamento que inclua os custos dos materiais e das atividades necessárias para a implantação das obras. O cronograma planifica o tempo necessário para elaboração das atividades que compreendem a execução dos trabalhos, bem como define a época do ano mais apropriada para a implantação, considerando as necessidades fisiológicas dos materiais vivos utilizados. No orçamento são especificados os custos e valores unitários e totais de todas as atividades, serviços e materiais que a obra necessita para ser executada

4.2.6 Especificar o monitoramento

A especificação do monitoramento se constitui em mais um objetivo relacionado à dinâmica do ecossistema. Essa etapa tem a função de garantir que o conjunto de estruturas constituídas pela associação de elementos estruturais inertes e vivos evolua conforme o esperado. Deve-se assegurar que as estruturas inertes (que conferem a estabilidade inicial ao terreno e suporte à vegetação) mantenham sua integridade, no mínimo, por tempo suficiente ao estabelecimento do material vivo, que passa, então, a assumir a função de estabilização e/ou consolidação da área afetada.

4.2.7 Especificar a manutenção

A manutenção tem o objetivo de garantir que todos os trabalhos planejados e executados mantenham sua qualidade no período imediatamente posterior às obras, bem como mantenham ou mesmo propiciem o aumento gradual das qualidades do sistema dinâmico implantado.

5. ATIVIDADES DE ELABORAÇÃO DE PROJETO.

5.1 Fase Conceitual

5.1.1 Para atender aos objetivos dessa fase, as seguintes atividades são desenvolvidas: visita de avaliação em campo, medições expeditas de campo, análise de informações de escritório, análise qualitativa da fenomenologia, identificação e formulação das intervenções e especificação dos mecanismos de aquisição de informações detalhadas.

5.1.1.1 Avaliação inicial em campo

Observar as feições do problema, as características do local e do entorno, perceber as interações dessas características com os processos desencadeados, bem como avaliar as condições da bacia hidrográfica ou da área de contribuição que o problema envolve. Observar as características da vegetação local buscando identificar, ou não, a ocorrência de espécies com propriedades biotécnicas comprovadas ou com características potenciais para a aplicação em obras de Engenharia Natural. Caso sejam encontradas, verificar a possibilidade de coleta de material vegetativo em quantidade suficiente para a aplicação direta, ou se existe necessidade de propagar maior quantidade em local apropriado. Caso não sejam identificadas in situ espécies com atributos biotécnicos necessários para as aplicações, devem ser buscadas informações sobre espécies regionais nativas e que ocorram preferencialmente na mesma região fitoecológica e/ou bioma.

5.1.1.2 Medições expeditas de campo

Embora a fase conceitual seja essencialmente qualitativa, medições expeditas realizadas em campo constituem uma orientação inicial para o engenheiro compreender a fenomenologia e as relações que são responsáveis pelos processos desencadeados. Como medições expeditas citam-se, por exemplo, as avaliações de gradientes de margens de rios e encostas, estimativas de velocidades e vazões de escoamento, medições das feições erosivas e a caracterização tátil-visual da textura dos solos.

5.1.1.3 Análise de informações documentais

Essa atividade consiste em coletar e reunir informações em documentos existentes que auxiliem na caracterização dos processos e também da área e seu entorno, tais como: relatórios prévios, imagens de satélite, bases cartográficas, dados climáticos e bancos de dados de órgãos públicos e/ou privados. Também podem ser reunidas – se disponíveis – informações de séries históricas de dados hidrológicos, uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, bem como de geologia, geomorfologia, sedimentologia do curso de água e informações prévias sobre a vegetação local com potencial biotécnico (espécies ocorrentes e localização). Informações que não são séries históricas, e que não estão disponíveis, devem ser obtidas em atividades específicas in situ.

5.1.1.4 Análise qualitativa da fenomenologia

Com base nas informações obtidas nas atividades anteriores, são identificados os objetivos técnicos do projeto, ou seja, são definidas as propriedades de engenharia do sistema natural envolvido que precisam ser corrigidas por meio de proteção, estabilização e/ou consolidação. Como exemplos dessas propriedades podem ser destacados os aspectos relativos ao solo (o tipo de textura, a desagregação, a cobertura superficial, diagnóstico visual da estabilidade etc.), ao escoamento (o regime de fluxo e os pontos onde este afeta a estabilidade das margens) e ao transporte de sedimentos (dimensão das partículas transportadas). A análise conjunta dessas propriedades propicia as bases necessárias para descrição qualitativa do problema encontrado e é indispensável para a formulação inicial das intervenções que possam atender às necessidades diagnosticadas.

5.1.1.5 Identificação e formulação das intervenções

Com base nas necessidades identificadas na análise qualitativa da fenomenologia, podem ser listadas as possíveis formas de tratamento utilizando-se técnicas de Engenharia Natural para tratar o problema. Para isso, são levados em conta os seguintes fatores:

- 5.1.1.5.1 Atendimento aos requisitos técnicos – procurar esquemas construtivos constituídos por materiais inertes e vivos cuja associação responda às necessidades requeridas, com a mínima alteração possível do ambiente;
- 5.1.1.5.2 Atendimento aos requisitos não técnicos – considerar as funções ecológicas e estéticas que devem ser agregadas ao projeto de acordo com a área de implantação (zona rural ou urbana, ambiente natural ou alterado);
- 5.1.1.5.3 Restrições quanto aos materiais – identificar a disponibilidade local de materiais inertes e vivos, bem como a interação entre eles (como podem ser utilizados em conjunto). Sempre que possível, utilizar materiais de ocorrência local ou regional (um dos princípios guia da Engenharia Natural), recorrendo-se a fontes externas apenas em situações necessárias (ausência local de materiais vivos ou inertes).
- 5.1.1.5.4 Restrições quanto ao ambiente – condições de desenvolvimento do material vivo, conservação dos materiais inertes e vivos e manutenção das combinações entre estes;
- 5.1.1.5.5 Restrições econômicas – avaliação da mão de obra, dos materiais, da execução, da manutenção – a partir dessa avaliação prévia, optar por soluções economicamente justificáveis;
- 5.1.1.5.6 Restrições de impacto ambiental – avaliação dos impactos dentro e fora dos limites do local de intervenção, limitando-se à escolha das alternativas qualitativamente definidas como menos impactantes;

5.1.1.5.7 Restrições locais – existência de infraestrutura ou benfeitorias, ocupação humana, e quaisquer outros objetos ou condições locais que limitem as intervenções previstas.

5.1.1.5.8 Especificação dos mecanismos de aquisição de informações detalhadas

O último objetivo da fase conceitual diz respeito à prescrição específica dos métodos de aquisição de informações em nível quantitativo que são utilizadas nas próximas fases de projeto. Essas informações devem ser listadas em conformidade e em complemento às informações qualitativas já obtidas; também devem ser evidenciados o grau de exatidão e detalhamento, suas quantidades, locais e formas de obtenção. De modo geral, a prescrição quantitativa abrange levantamentos topográficos, ensaios geotécnicos, levantamentos florísticos, fitossociológicos e faunísticos (quando for o caso), análises químicas e físicas do solo, obtenção de séries históricas de dados hidrológicos etc.

5.1.1.7 Produtos da fase conceitual

Ao final da fase de projeto conceitual, são geradas as seguintes informações: relatório conceitual com fotografias, esquemas e descrição dos objetivos, descrição qualitativa dos fenômenos e apresentação e descrição das possíveis alternativas de correção dos problemas fazendo uso de imagens e/ou plantas esquemáticas.

5.2 Fase Básica

5.3.1 Para atender aos objetivos dessa fase, as seguintes atividades são desenvolvidas: análise quantitativa da fenomenologia, definição das medidas de tratamento, dimensionamentos, consideração e avaliação dos critérios ambientais e estéticos.

5.3.1.1 Análise quantitativa da fenomenologia.

A partir das informações adquiridas nos levantamentos quantitativos são realizadas as análises específicas do local e dos problemas encontrados para a obtenção de modelos que expliquem o comportamento e levem a um entendimento das causas dos problemas. Os principais agentes e suas propriedades, bem como os processos em que estes atuam, precisam ser identificados e caracterizados. Para isso, as condições hidrológicas da bacia hidrográfica são consideradas para um tempo de retorno consistente aos objetivos do projeto e associadas às suas condições físicas também determinadas. Determinam-se as condições hidráulicas do canal, bem como as condições geotécnicas e edafológicas do solo local. Tais fatores são associados e analisados conjuntamente, e, então, são realizadas as inferências acerca da fenomenologia, da criticidade e da evolução dos processos desencadeados. Por meio da análise explicitada, alcança-se o entendimento das causas do problema, e pode-se então definir as soluções tecnicamente mais apropriadas e as variáveis para atender os objetivos de correção requisitados.

5.2.1.2 Definição das medidas de tratamento

A compreensão analítica da fenomenologia, da criticidade e da evolução dos processos desestabilizantes do sistema natural objeto do projeto possibilita a escolha definitiva das soluções de tratamento, pois fornece critérios de escolha. A definição das medidas de tratamento deve ser fundamentada nas informações qualitativas obtidas na fase conceitual, mas, principalmente, nos parâmetros quantitativos reunidos durante as atividades de projeto básico. As informações específicas advindas de análise quantitativa quanto a aspectos hidrológicos e hidráulicos, condições do solo (estabilidade mecânica e suporte para as plantas), diagnóstico de recomposição e estabilização de leito e/ou taludes, somadas ao conhecimento da disponibilidade regional de materiais inertes e vivos adequados, informações qualitativas da ecologia da paisagem (florística, fitossociologia e fauna quando for o caso), bem como a estimativa prévia dos custos associados, compõem as medidas gerais para a escolha definitiva dos tratamentos que serão implantados. Em resumo, todas as informações levantadas na fase qualitativa (conceitual) são complementadas pelas informações da fase quantitativa (básica), constituindo os fundamentos necessários para a escolha da(s) medida(s) mais adequada(s) de tratamento dos problemas conforme as exigências ambientais, econômicas e de segurança de cada projeto.

5.3.2.1 Dimensionamento

Nesta etapa determinam-se as solicitações para possibilitar o dimensionamento das estruturas, dos elementos e de seus arranjos, inclusive considerando-se as estimativas de custos, níveis de segurança e desenvolvimento da vegetação e seus efeitos. As intervenções são dimensionadas e modeladas de acordo com as solicitações mais desfavoráveis encontradas tanto na situação atual quanto nos cenários de evolução durante toda a vida útil do sistema natural projetado.

A partir do momento em que a demanda crítica (solicitação mais desfavorável) for determinada, têm-se então, as bases para o dimensionamento das estruturas interventivas, respeitando-se que os esforços máximos¹¹ nas estruturas, elementos e arranjos utilizados devem ser menores ou iguais aos esforços admissíveis. Para isso, são necessárias análises hidrológica, hidráulica, geotécnica e da vegetação. São essas informações que possibilitam projetar estruturas e configurações compatíveis com a resolução do problema. É ainda por meio dessa atividade que se alcança o objetivo de estimar os riscos, quer pelos tempos de retorno, probabilidades de falha ou fatores de segurança para todos os períodos representativos da vida útil de uma estrutura.

O dimensionamento, neste caso, resulta da aplicação das leis de equilíbrio para um sistema dinâmico. As combinações de solicitações que refletem situações de instabilidade podem ser diversas. Deste modo, procura-se dimensionar não somente estruturas resistentes aos estágios em que as solicitações são as mais desfavoráveis, como também que tenham graus de liberdade¹³ suficientes para acomodar apropriadamente as configurações de equilíbrio que um sistema dinâmico apresenta ao longo do tempo.

Por fim, com os dimensionamentos realizados, os custos da obra podem ser estimados e a solução adotada pode ser avaliada quanto a sua viabilidade econômica. Além disso, torna-se possível definir se os níveis de segurança são

aceitáveis ou não, bem como realizar previsões da ação da vegetação ao longo do tempo

5.3.3.1 Consideração e avaliação dos critérios ambientais e estéticos.

As obras de Engenharia Natural, além de corrigirem a instabilidade dos solos pelo aumento da sua resistência e redução do impacto das solicitações sobre os mesmos, também proporcionam o aumento gradual da qualidade ambiental da área tratada. Para amplificar as qualidades da obra para além dos aspectos econômicos e de segurança, os critérios ambientais e estéticos devem ser considerados.

Os projetos precisam satisfazer condições que vão desde o uso preferencial de um conjunto diversificado de espécies vegetais autóctones da região de intervenção, até à formulação de combinações que se assemelhem, ou muito se aproximem, da paisagem potencial do local, fornecendo as condições iniciais necessárias para o aumento da biodiversidade natural. Em larga medida, deve-se evitar o que é estranho ao ambiente local e que, segundo os preceitos ecológicos, pode ser prejudicial às interações ocorrentes no meio, como por exemplo, o uso de espécies vegetais invasoras (normalmente exóticas) que podem reduzir a biodiversidade do ambiente tratado. Em Engenharia Natural, os aspectos técnicos, ambientais e estéticos não se dissociam e, portanto, a avaliação das obras deve atentar para a constituição de um ambiente que possibilite o desenvolvimento e a diversidade da biocenose (flora e fauna).

5.3.4.1 Produtos da fase básica

Ao final da fase de projeto básico, são geradas as seguintes informações: memorial de cálculo que descreve os fenômenos e o ecossistema envolvido de modo quantitativo (aspectos morfométricos da bacia hidrográfica, hidrologia, hidráulica do canal e vegetação), apresentação dos modelos de intervenção e dos cálculos de dimensionamento (hidráulico, geotécnico, estrutural, riscos associados, configuração e fatores de segurança das estruturas) acompanhados das plantas esquemáticas das intervenções (somente a forma inicial e parcialmente desenvolvida, uma vez que plantas e desenhos detalhados e com especificações fazem parte do projeto executivo).

5.3 Fase Executiva

5.3.1 Para atender aos objetivos dessa fase, desenvolvem-se as seguintes atividades: detalhamento das soluções, serviços, cronograma de implantação e orçamento, monitoramento e manutenção.

5.3.1.1 Detalhamento das soluções

Definidas e dimensionadas as estruturas que compõem as intervenções de Engenharia Natural, pode-se, então, realizar o detalhamento de cada uma delas, atentando para a otimização, especificação e quantificação dos materiais

necessários para que sejam construídas. Nesta etapa é realizada a descrição minuciosa de cada estrutura, especificando-se cada tipo de material que a compõe (ex.: madeira, vergalhões de aço, pregos, grampos, material vegetal [estacas, mudas, estolões, rizomas, bulbos, sementes] etc.), e ao mesmo tempo, descrevendo como exatamente cada uma deve ser implantada, indicando-se sequencialmente o procedimento de instalação, inclusive com a elaboração de desenhos e plantas com as medidas e localização detalhadas e em escala de cada intervenção na área de trabalho.

Esse detalhamento fornece as bases necessárias para que as intervenções sejam orçadas e o cronograma para sua implantação seja constituído (pois se identifica o tamanho e o grau de complexidade que influenciam diretamente no tempo dispensado à construção). Do mesmo modo, são fornecidas as informações necessárias à execução e à posterior fiscalização da obra. O detalhamento das intervenções ao nível em que técnicos alheios ao processo de elaboração do projeto possam compreendê-lo e realizá-lo autonomamente, reveste-se de fundamental importância para a execução bem sucedida de uma obra, pois nem sempre o projetista (que participa de todas as fases de elaboração do projeto) pode estar presente para prestar esclarecimentos durante as atividades de execução.

5.3.2.1 Serviços

Os serviços são listados por categorias, abordando-se os materiais, as atividades e equipamentos que são utilizados na execução. São apresentados e descritos os serviços iniciais (preparo e limpeza da área, canteiro e atividades de apoio, obras provisórias de controle de erosão e sedimentos), serviços auxiliares (terraplanagem, desmonte de rochas etc.), serviços de implantação das intervenções propriamente ditas, serviços complementares às estruturas principais de estabilização (tal como estruturas de drenagem), serviços finais (limpeza final, recomposição de áreas afetadas pelo trânsito de veículos e equipamentos de construção, e do canteiro de obra), plano de monitoramento e manutenção de estruturas inertes e material vivo.

5.3.3.1 Cronograma de implantação e orçamento

Na definição do cronograma são previstas todas as atividades relacionadas à execução da obra, considerando-se o período mais adequado para cada atividade e o tempo de duração das mesmas. Como as intervenções são realizadas com material vivo – muitas vezes estacas de plantas – deve-se ter especial atenção, sempre que possível, para realizá-las durante o período de dormência vegetativa, pois assim o índice de pega e enraizamento pode alcançar maior êxito¹⁶. Quando não realizadas com estacas, mas com mudas ou sementes, a amplitude temporal de execução das intervenções pode ser um pouco maior, especialmente se houver recurso à irrigação.

Todos os serviços apresentados no item anterior devem ser organizados sequencialmente de acordo com as atividades que são pré-requisitos para outras, de modo a facilitar o processo e evitar erros grosseiros de logística e/ ou implantações em períodos desfavoráveis. No que diz respeito ao orçamento, o cômputo minucioso de valores reais de mercado deve ser condizente a tudo o que

for mobilizado para a realização da obra, seja material, maquinário ou pessoal. Esse conhecimento é imprescindível para verificar a viabilidade financeira da execução, bem como para realizar a programação financeira do órgão responsável pela contratação dos serviços e evitar inconformidades que podem interromper o bom andamento da obra. O licenciamento ambiental e demais trâmites legais junto aos órgãos competentes são imprescindíveis para que as datas de execução das atividades sejam estabelecidas e, portanto, devem ser realizados com antecedência. Os pedidos de licença devem ser encaminhados já nas primeiras fases de projeto. Normalmente o projeto conceitual é suficiente para os esclarecimentos exigidos pelos órgãos ambientais.

5.3.4.1 Monitoramento e manutenção.

Ambas as atividades são interdependentes e realizadas in situ. O monitoramento avalia as condições da obra como um todo, a partir da análise individual e conjunta dos componentes inertes e vivos, sendo que sua periodicidade de realização é consistente aos objetivos da obra. As atividades de manutenção, por sua vez, dependem dos diagnósticos realizados durante os monitoramentos para constituir as diretrizes de abordagem das inconformidades (se estas existirem) e correção das mesmas, buscando retornar as condições previstas em projeto.

A periodicidade de monitoramento da obra geralmente deve ser ajustada ao atendimento das necessidades das plantas utilizadas nas intervenções. Isso ocorre porque as plantas dependem de maiores cuidados iniciais para garantir o seu estabelecimento do que as estruturas inertes que, ao serem implantadas, têm condições praticamente imediatas de atender às solicitações para que foram dimensionadas.

No primeiro mês pós-implantação, a vegetação encontra-se em processo de adaptação ao novo ambiente ao qual foi inserida e, por isso, os monitoramentos necessariamente devem ter frequência semanal (uma ou mais vezes). O período inicial é o mais crítico ao estabelecimento da vegetação. Uma vez constatada a pega da vegetação e também sinais de seu desenvolvimento (normalmente no segundo mês isso é bastante visível), o monitoramento pode ter sua frequência reduzida (mas não suspensa) a um número que corresponda ao comportamento da vegetação ou aos acontecimentos que podem interferir em seu estabelecimento (no mínimo duas visitas ao ano, uma na estação seca e outra na estação das chuvas). Sempre que ocorrer um evento climático extremo (evento pluviométrico intenso, seca etc.) ou ataque de insetos (formigas, em especial) o monitoramento deve ser imediatamente reajustado (antecipado e intensificado). Deve-se ter em mente que os monitoramentos são realizados simultaneamente para os elementos vivos e inertes que compõem as intervenções.

No monitoramento das estruturas inertes, avalia-se a integridade estrutural, o aparecimento de sinais e pontos de fraqueza que antecedem ou indicam uma ruptura, a ruptura propriamente dita, o surgimento de processos erosivos ou qualquer inconformidade capaz de enfraquecer a estrutura tornando-a instável ou que inviabilize o seu funcionamento conforme a finalidade para qual foi projetada. Quanto à vegetação, todas as espécies plantadas ou semeadas devem ser verificadas em termos de sobrevivência, sanidade (alterações fisiológicas causadas por pragas, deficiência nutricional ou hídrica) e desenvolvimento (avaliação do diâmetro de caule e ramos e altura total por meio de procedimentos de amostragem que represente todo o plantio, ou seja, apenas parte das plantas são

medidas). Com base nessas informações são realizadas as devidas apurações e registros manuscritos e fotográficos das inconformidades para possibilitar o planejamento das atividades de manutenção. Os registros fotográficos devem ser realizados sempre a partir de pontos fixos da obra, para possibilitar comparações cronológicas e se poder avaliar a evolução das intervenções e a interação entre elementos inertes e vivos. As inconformidades diagnosticadas devem ser fotografadas em detalhes de modo a representar as características do problema. Na manutenção, quaisquer inconformidades que possam resultar na instabilidade das estruturas inertes devem ser corrigidas, assim como devem ser devidamente tratadas as plantas que morrem (novo plantio ou semeadura), as que não se desenvolvem (correção na irrigação, adubação de manutenção, cuidado com as pragas) ou que se desenvolvem excessivamente (raleio ou poda).

5.3.5.1 Produtos da fase executiva

Ao final da fase de projeto executivo é gerado o documento denominado Memorial Descritivo, no qual devem constar as seguintes informações: atividades auxiliares, materiais utilizados, forma como devem ser construídas as estruturas, diretrizes do monitoramento e ações de manutenção, previsão de execução das atividades, custos unitários e totais de materiais e atividades, desenhos explicativos e plantas executivas.

6. SELEÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE INTERVENÇÃO

6.1. CARACTERÍSTICAS E PRINCÍPIOS

Deve-se sempre que possível, evitar soluções de construções grandes e rígidas, procurando-se modificar o mínimo as condições naturais preexistentes no local de intervenção. O princípio básico nas escolhas de projeto é adotar técnicas que apresentem um nível de energia mais baixo (complexidade, artificialidade, rigidez, custo), empregando soluções de menor impacto para a resolução de um determinado problema.

No caso de margens de cursos de água, a corrosão acontece frequentemente pela retirada da base de apoio do talude, devido à força da correnteza, ao turbilhonamento e à ação das ondas junto à faixa que acompanha o nível normal da água. Essa região, portanto, deve receber atenção especial, principalmente pelo emprego de materiais inertes em sua base, que auxiliarão o futuro estabelecimento da vegetação.

Além da solução técnica para os problemas, procura considerar os critérios ecológicos, econômicos e estéticos envolvidos, observando as funções:

a) Geotécnica

Proteção da superfície do solo da erosão causada pela precipitação, vento e gelo;

Proteção de margens e encostas contra a erosão causada pelo fluxo e ação da água;
Aumento da estabilidade do talude pelo estabelecimento de uma matriz solo-raiz e modificação do conteúdo de umidade;
Proteção contra a ação do vento e a queda de rochas

b) Ecológica

Modificação dos extremos de temperatura e umidade do ar próximo à superfície do solo, criando assim melhores condições para o crescimento;
Aumento da formação de húmus no solo;
Criação de habitats para animais e plantas;
Sombreamento das margens de rios e áreas de desova pela copa de arbustos e árvores;
Purificação da água pela retenção de poluentes no sistema radicial;
Proteção contra a ação do vento.

c) Econômica

Redução dos custos de construção e manutenção;
Criação de áreas utilizáveis para a agricultura, silvicultura, indústria, habitação e recreação.

d) Estética

Melhoria dos aspectos visuais da paisagem;
Integração e harmonização das intervenções e elementos de construção com a paisagem local.

6.2. VEGETAÇÃO

- 6.2.1. A vegetação a ser utilizada deve ser avaliada sob o ponto de vista biotécnico, isto é, como ferramenta e fonte de material construtivo para a estabilização de taludes e controle localizado dos processos erosivos, principalmente os característicos do processamento fluvial.
- 6.2.2. As plantas, de modo geral, devem produzir os seguintes efeitos sobre o talude:
- a) interceptar a água das chuvas;
 - b) aumentar a evapotranspiração;
 - c) reduzir a força de impacto das gotas da chuva;
 - d) ancorar o talude;
 - e) recobrir o solo pelo acúmulo de serapilheira na superfície.
 - f) reduzir a infiltração efetiva;
 - g) restringir o movimento e ajudar a suportar o peso do talude;
 - h) auxiliar na criação de agregados;
 - i) aumentar a resistência do solo ao cisalhamento;
 - j) melhorar a permeabilidade do solo;
 - k) importância primária nas cadeias tróficas;
 - l) abrigo para diversas espécies.

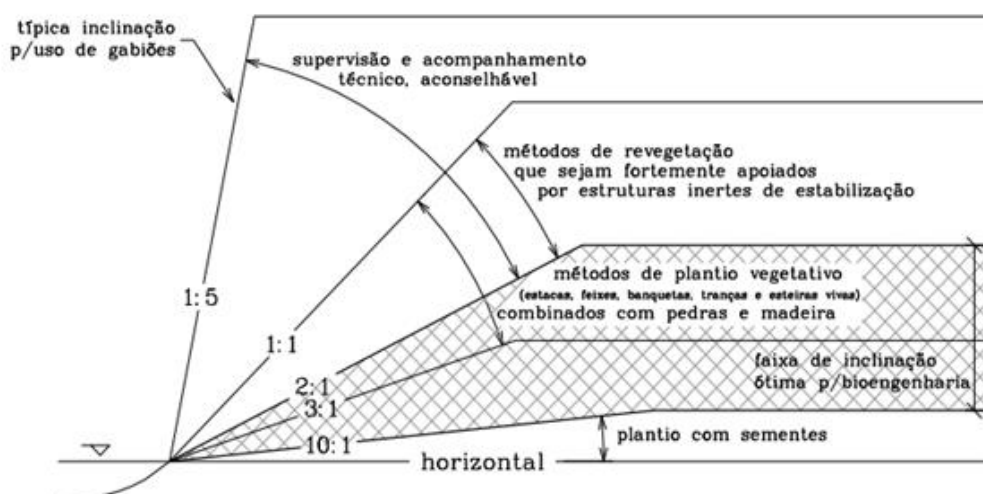
- 6.2.3. Além das características biotécnicas, devem ser considerados critérios ecológicos, fitossociológicos e reprodutivos. A escolha deve recair de preferência sobre espécies nativas do local, que estão mais bem adaptadas às condições edáficas e climáticas específicas. Além disso, devem possuir uma forma de reprodução fácil e de baixo custo.
- 6.2.4. Deva-se procurar uma sequência na vegetação em que, a partir da margem, tenham-se, na zona normal de inundação, espécies adaptadas à reofilia: gramíneas e ervas, associadas às plantas de porte arbustivo. Somente após essa primeira faixa, pode-se admitir a presença de árvores de pequeno e médio porte.
- 6.2.5. A seleção adequada de plantas exige a observação dos seguintes aspectos:
- a) Estágios sucessionais, conhecer as diferentes fases da sucessão ecológica e tentar acelerar esse processo, introduzindo, tão logo quanto possível, as plantas componentes da comunidade de transição e final, de maior interesse para cada situação específica. Como ponto de partida para a implantação da sucessão final, pode-se tomar as características edáficas e climáticas do local. Para uma aceleração das sucessões, é muito importante a observação das comunidades já existentes em locais erodidos mais antigos.
 - b) Fatores ecológicos, em função da relação das plantas com o ambiente, devem-se levar em conta os principais fatores ecológicos, tais como temperatura, umidade, condições químicas e físicas do solo. É necessário que a escolha recaia, por exemplo, sobre espécies que sejam pouco exigentes em umidade, matéria orgânica, determinados nutrientes, pH etc., conforme seja um ou outro o fator limitante do local a ser recuperado
 - c) Aspectos reprodutivos, o processo de estabilização ou recuperação de certas áreas pode ser bastante acelerado se forem conhecidos os principais meios de propagação das plantas.
 - d) Aptidão biotécnica, passando pelos critérios anteriores de seleção, resta conhecer, ainda, a aptidão biotécnica das plantas: além de sobreviver no local, estas deverão ter a capacidade de solucionar o problema técnico existente.
 - Resistam à exposição parcial de suas raízes, em locais onde se preveem formas erosionais;
 - Tenham sistema radicular que permita a fixação do solo (talude), quer pelo comprimento, volume, distribuição e resistência das raízes, quer pela interação dessas características;
 - Resistam ao aterramento parcial, em locais onde se preveem formas deposicionais;
 - Resistam ao apedrejamento (oriundo de barrancas altas e declivosas);

- Tenham capacidade de brotar após quebra do ápice ou corte intencional da parte aérea;
 - Possuam, preferencialmente, a capacidade de se reproduzir por meios vegetativos;
 - Apresentem alta ou baixa taxa de transpiração, em função de se desejar reduzir ou aumentar a umidade na área em questão;
 - Possuam crescimento rápido.
- 6.2.6. Sempre que possível, deverão ser eleitas as plantas que proporcionem proteção ou estabilização, bem como o maior lucro possível (pela produção de madeira, frutos ou outros subprodutos) e que promovam a diversidade da fauna e da flora que se instalará futuramente. As plantas, em suma, deverão ser ecologicamente apropriadas, economicamente aproveitáveis e possuir aspectos paisagísticos/ estéticos desejáveis.
- 6.2.7. A seleção da técnica de plantio é função de diferentes fatores, como das características biotécnicas das plantas a serem utilizadas, das propriedades do substrato, da frequência, do volume e da velocidade das vazões, bem como da profundidade do curso de água.
- 6.2.8. Deverá ser previsto um sistema de irrigação com a utilização de placas solares.
- 6.2.9. Poderá ser previsto a utilização do capim vetiver, como estabilização inicial do talude, porém deve ser apresentado um programa de eliminação até o estabelecimento das espécies nativas.

6.3. DETERMINAÇÃO DO MÉTODO PELA INCLINAÇÃO

- 6.3.1. Muitas vezes, os efeitos da corrosão e dos deslizamentos em um talude fluvial evoluem a tal ponto que o desenvolvimento de vegetação torna-se difícil ou mesmo impossível. Assim, quando o declive apresentado pela margem de um curso de água não proporcionar a estabilidade necessária, o primeiro passo é o retaludamento, buscando uma inclinação adequada. Em gradientes superiores a 1:1 (45°) aproximadamente, o restabelecimento da vegetação torna-se muito difícil, necessitando-se do uso de métodos mais tradicionais, com maior investimento em estruturas inertes ou em geotêxteis.

Figura 1 - Definição do melhor método a ser aplicado em função da inclinação.



Fonte: Sutili (2004), adaptado de Fisrwing (1998)

- 6.3.2. A forma do topo do declive também é importante, não devendo ser abrupta. Uma forma arredondada, que produza uma transição gradual entre o declive e a linha do terreno, é muito mais propícia para o desenvolvimento da vegetação (ANIMOTO, 1978). A atenuação do ângulo é formada entre a linha do chanframento (declive) e o nível do terreno.

7. DESCRIÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE INTERVENÇÃO

7.1. SOLUÇÕES BASEADAS NA BIOENGENHARIA

7.1.1. Revestimento do leito

7.1.1.1. Sementeira

Consiste no espalho a lanço, ou com maquinaria própria, de uma mistura de sementes de espécies herbáceas adequada ao local e à finalidade da intervenção. Este tipo de sementeira pode ser executado quer em superfícies planas (sementeira standard), quer em covachos ou sulcos. A sementeira de gramíneas deve incluir unicamente espécies anuais e de crescimento rápido, funcionando como cobertura orgânica do terreno. É aplicável em terrenos naturais estáveis e com alguma rugosidade. Pode ser associada à geomantas.

7.1.1.2. Hidrossemeadura

Consiste na projeção de uma mistura de água com mulch (fibras de madeira), sementes, fertilizantes, corretivos/aditivos biológicos do solo. É aplicada hidraulicamente sob a superfície do terreno através de um equipamento mecânico (hidrossemeador).

7.1.1.3. Cilindros inertes/ Gabião Cilíndrico

Trata-se de cilindros de tela, com diâmetro variável, preenchidos com materiais inertes, como seixos retirados do próprio leito e dispostos de maneira adequada ao longo da margem (Figura). Dessa forma, a proteção é proporcionada inicialmente só de maneira física, sem a implantação proposital de materiais vivos, embora, devido à porosidade da estrutura, espere-se o desenvolvimento natural da vegetação sobre a mesma com o passar do tempo.

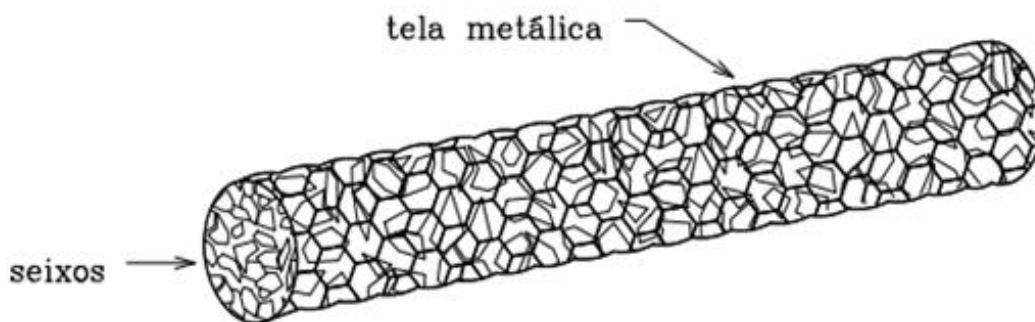


Figura 2 - Cilindro inerte

7.1.1.4. Gabiões Vivos

Estrutura em forma de caixa retangular, feita com rede de malha hexagonal em arame galvanizado reforçado, e o seu interior é preenchida com pedra não friável. Estacas vivas são inseridas no interior dos gabiões com disposição irregular ou em filas na primeira malha do gabião superior. Desempenham funções de proteção contra a erosão fluvial e ao mesmo tempo servem de suporte à margem em caso de instabilidade gravítica. São estruturas com elevada flexibilidade e permeabilidade. Os gabiões são estruturas constituídas por uma caixa pré-fabricada de contenção rígida metálica em rede de arame ou grade de aço preenchida ordenadamente com pedras. Para introduzir vegetação, durante o processo de enchimento colocam-se camadas de terra vegetal e dispõem-se ramos com capacidade vegetativa ou plantas enraizadas com um comprimento tal que atinjam plenamente o solo por trás do gabião de modo a maximizar as hipóteses de estabelecimento bem sucedido. O objetivo é o de que o desenvolvimento das raízes ajude a fixar a estrutura ao talude e a melhorar a sua integração paisagística. São utilizados como estruturas de suporte de taludes com declives muito acentuados ou na proteção longitudinal de margens fluviais.

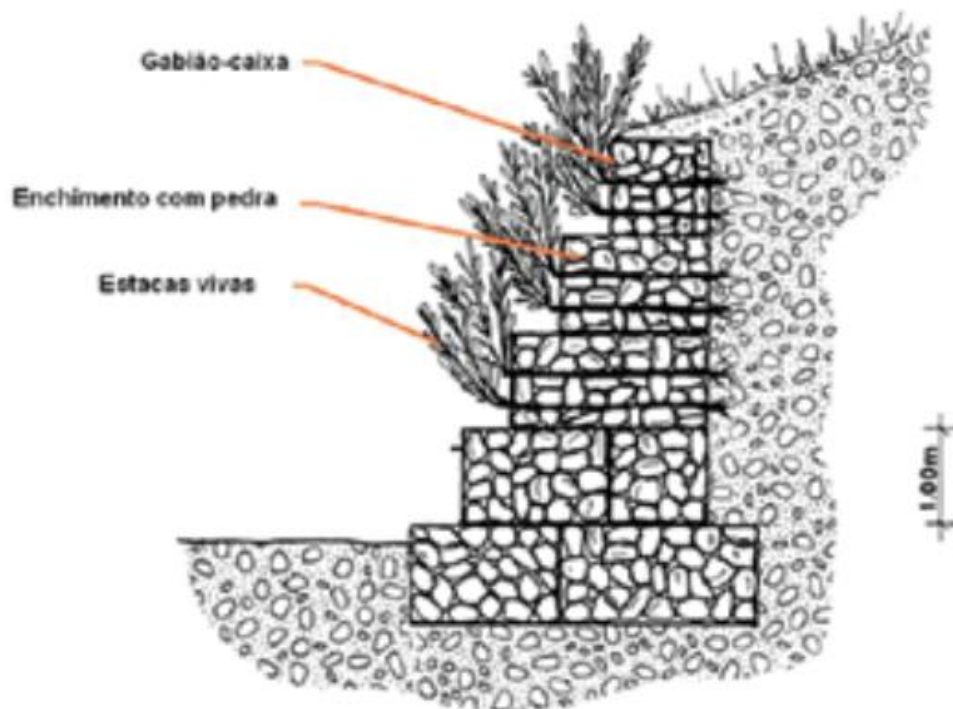


Figura 3 - Gabião Vivo

7.1.1.5. Terra Reforçada

Obra de sustentação, utilizada para reconstrução de taludes muito inclinados. Consiste numa estratificação reforçada de várias parcelas de terreno local, as quais são estabilizadas interiormente pelo peso do próprio terreno, enquanto que na parte frontal, a contenção do terreno é feita através de uma proteção com diversos tipos de materiais inertes. Utilizam-se mantas de geotextil orgânico reforçadas ou não com redes de aço ou plástico e cheias com uns 50 cm. de terra vegetal. finalizada uma camada procede-se à plantação de espécies enraizadas ou à disposição da ramos com capacidade de instalação vegetativa de forma semelhante à construção de um leito de ramagens. Esta técnica adapta-se muito bem à construção de muros de suporte ou a muros verdes de proteção contra o ruído.



Figura 4 - Terra reforçada

7.1.1.6. Enrocamento Vivo

Obra de defesa longitudinal contra erosão de margens fluviais e taludes, que consiste na colocação de pedras de grandes dimensões sobre o terreno a intervir. Nos interstícios vazios entre as pedras, são introduzidas estacas vivas, de forma a favorecer a estabilização interna do solo.

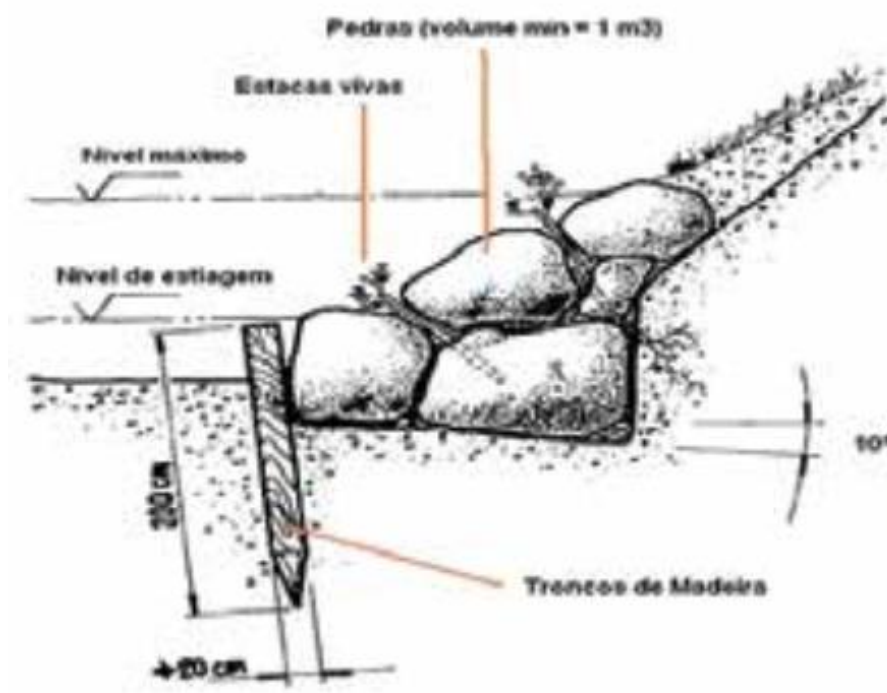


Figura 5 – Enrocamento vivo

7.1.1.7. Parede Krainer

A estrutura é, em grande parte, composta por materiais inertes como solo, madeira e rochas montadas em forma de muro de arrimo que estabiliza o talude. A vegetação com aptidão biotécnica, que deve ser plantada nas camadas da parede, quando estabelecida, atua reforçando ainda mais a estrutura.

A parede Krainer pode ser simples ou dupla. No caso de maior disponibilidade local de material inerte, principalmente solo e madeira, deve-se optar pela parede dupla, uma vez que esta apresenta maior capacidade de suporte.

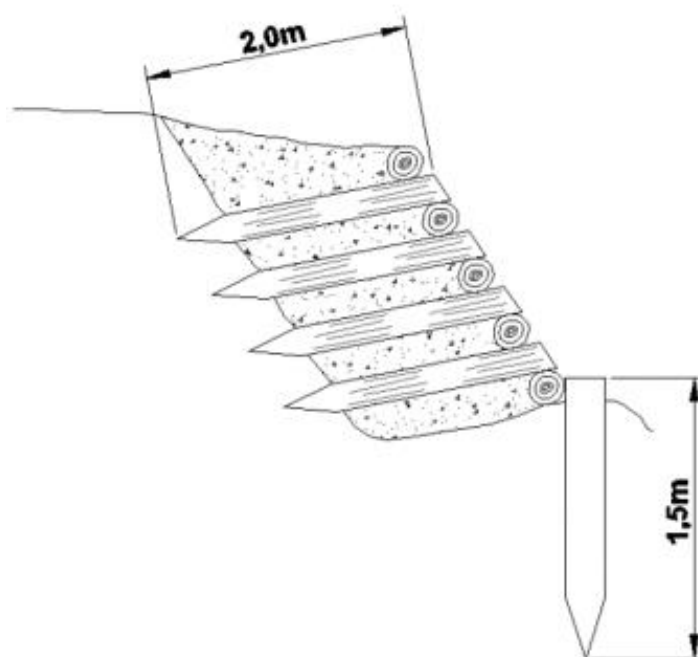


Figura 6 - Corte transversal da parede de Krainer simples

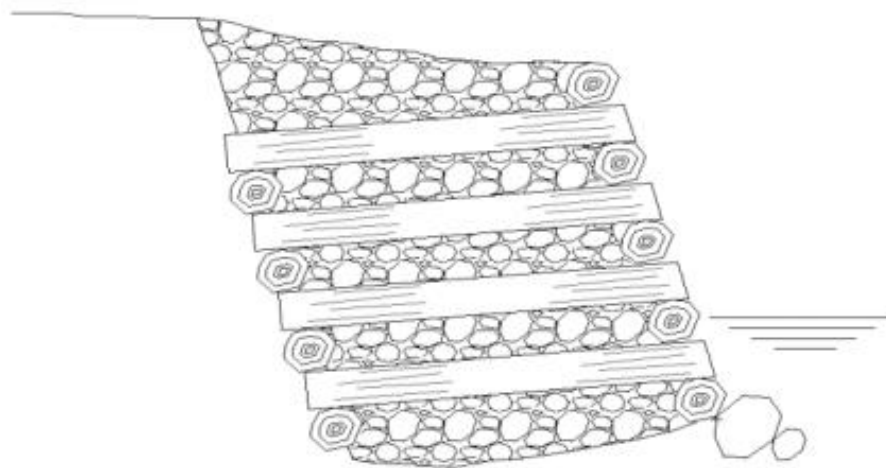


Figura 7- Corte transversal da parede de Krainer dupla.

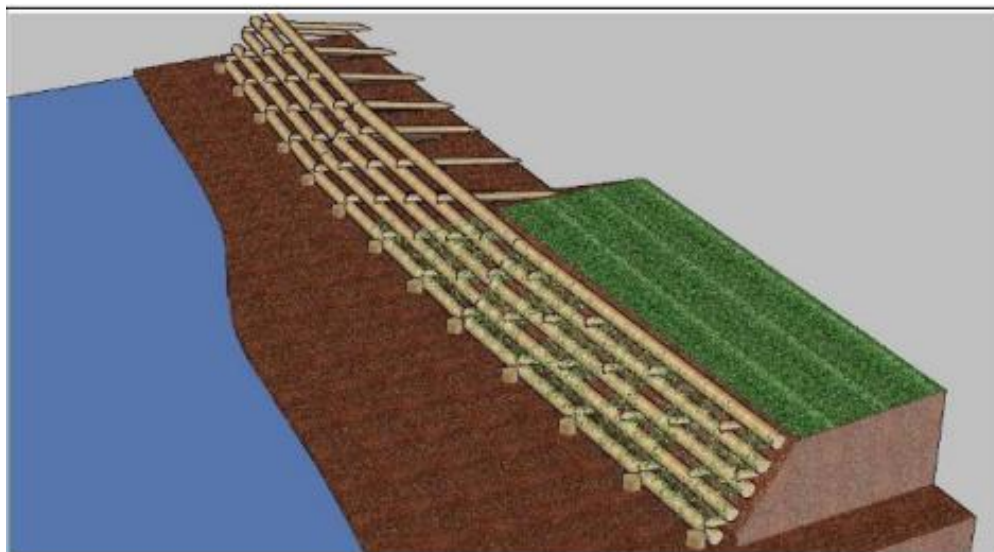


Figura 8 - Vista tridimensional da construção da parede de Krainer.

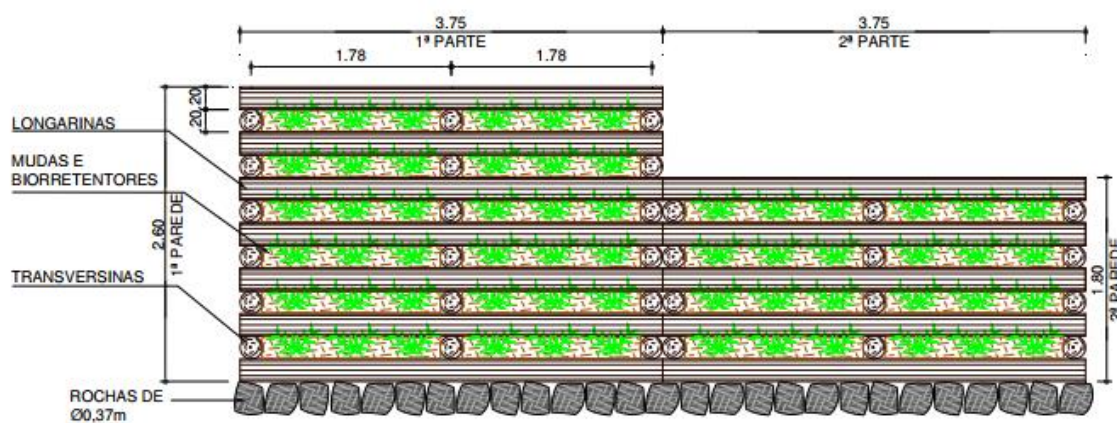


Figura 9 - Aspectos executivos da parede Krainer dupla vista frontal

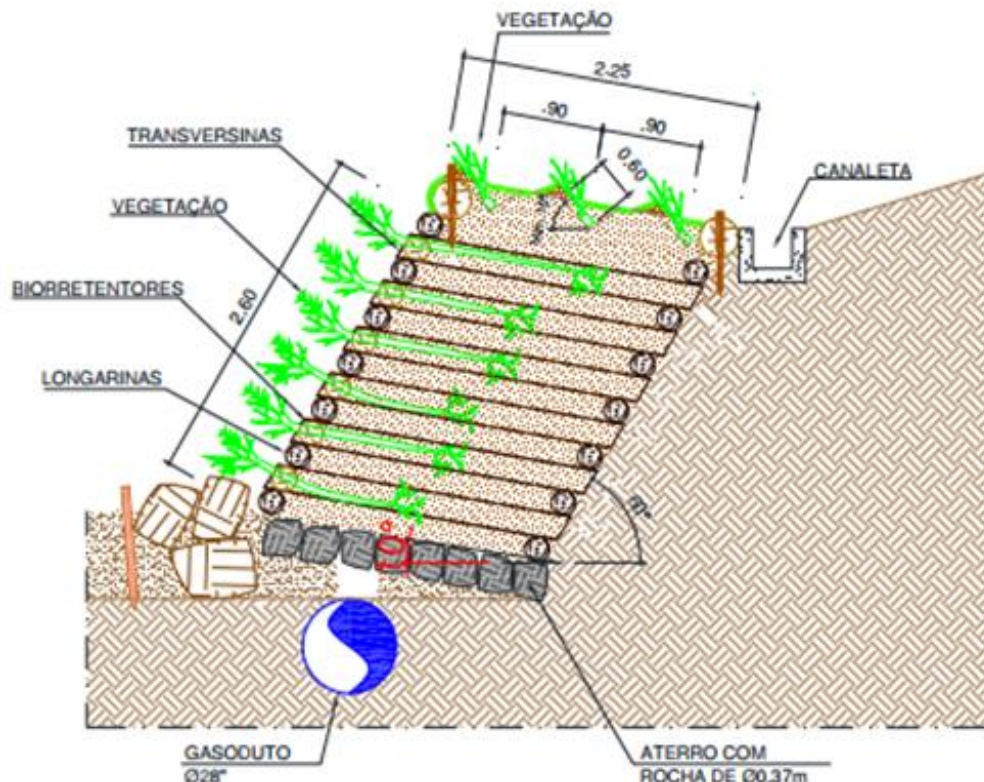


Figura 10 - Aspectos executivos da parede Krainer dupla e banquetas vegetadas, ambas em corte transversal

As peças de madeira para a construção da parede krainer devem atender especificações de durabilidade e de dimensão das peças. Nesse sentido, as peças de madeira preferencialmente devem ser de *Corymbia citriodora* (Eucalipto) – devido à sua durabilidade natural – e, se possível, tratadas (aumento de durabilidade). Caso não sejam encontradas madeiras com tratamento preservativo adequado, peças de madeira sem tratamento, porém descascadas (a casca reduz a durabilidade da madeira), podem ser empregadas. As peças devem ser cilíndricas com 0,20 m de diâmetro. Deve-se atentar para o emprego de peças de diâmetros semelhantes, pois estes, se muito variáveis, podem prejudicar a qualidade estrutural da parede (alteram-se as especificações de dimensionamento), além de dificultar sua construção. Pelos mesmos motivos as peças devem ter boas condições de lenho, não devem apresentar rachaduras ou partes apodrecidas e serem isentas de nós (se apresentarem nós, estes devem pequenos e poucos).

Os grampos e cravos para prender as longarinas as transversinas são dimensionados conforme a NBR 7190 – 2022 (Projetos de estruturas de madeira). Como garantia de resistência à flexão e também ao corte, ambas as peças metálicas devem ter diâmetro de 10 mm. Os grampos (que tem formato de “u”) devem ter 40 cm de comprimento e 10 cm em cada extremidade, os cravos devem ter 15 cm de comprimento com uma divisão metálica de 1 cm no centro de modo separar as longarinas e transversinas no momento de inserção (Figura 11). Esses Grampos e cravos devem ser pontiagudos para facilitar a inserção na madeira.

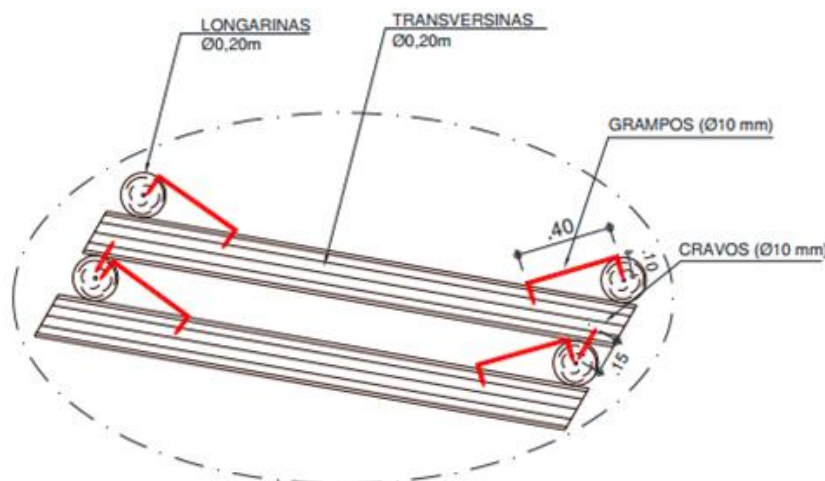


Figura 12 – Aspectos executivos dos grampos e cravos na amarração entre longarinas e transversinas

7.1.1.8. Produtos em Rolo para Controle de Erosão (PRCEs) - Biomanta, biotêxteis e Geomalhas vivas.

Neste grupo incluem-se os geotexteis, as mantas orgânicas e as redes metálicas quando utilizados como sistema de cobertura superficial permitindo o desenvolvimento de uma sementeira, de um estacaria ou de plantações de plantas enraizadas. Estes tecidos e mantas destinam-se a garantir uma cobertura do solo que evite a ação direta dos agentes erosivos e diminua as perdas de água por evaporação, permitindo um desenvolvimento mais fácil das plantas. Adicionalmente regulam a temperatura do solo, criando um microclima mais temperado e húmido. Uma adequada seleção das mantas mais adequadas a cada situação (fatores de perturbação e instabilidade) e a garantia que se adequam à instalação dos propágulos utilizados (sementes, estacas, plantas enraizadas) é crucial para o sucesso da instalação. Igualmente da maior importância é a fixação das geomalhas que deve garantir uma percentagem significativa de sobreposição entre mantas consecutivas, uma pregagem adequada e uma fixação superior e inferior resistente. Adaptam-se muito bem a métodos combinados.

O biotêxtil atenua a erosão hídrica, absorvendo a energia do impacto das gotas de chuva e retendo a água entre as fibras vegetais que o compõe, conservando a umidade e melhorando ainda mais a infiltração do solo, como também promove a diminuição da movimentação do solo por desmoronamento de pequenos blocos.

Embora possam ser agrupadas e catalogadas de diferentes formas existem três grupos principais de geotêxtis destes materiais:

- Biomantas (as fibras estão desagregadas mas acondicionadas por um material estruturante (geralmente rede ou outro material tecido de degradabilidade variável), comprimida de modo a constituir um todo homogêneo mesmo sem o invólucro)
- Biotecidos (as fibras estão entrançadas)
- Bioredes (as fibras individuais estão ligadas (por nós ou agrafes) nos seus pontos de contacto)

Existem mantas numa grande diversidade de materiais: fibra de coco, juta, palha, esparto, etc, combinadas ou não com redes ou malhas estruturais sintéticas (e.g., polipropileno) ou metálicas.

Em situações de controle do escoamento superficial empregam-se também redes de juta, esparto ou fibra de coco.

Podem ser telas entrelaçada por uma malha de polipropileno fotodegradável, biomanta Sisal, composta de 100% de fibra de sisal e também constituído em 100% por fibras de coco, está mais indicada. Orienta-se que as biomantas devem ser aplicadas longitudinalmente sobre o talude, fixadas com grampos de aço em forma de V.



Figura 13 Exemplo de uso de biotêxtil com estacas vivas.

7.1.1.9. Muro simples de prumo frontal

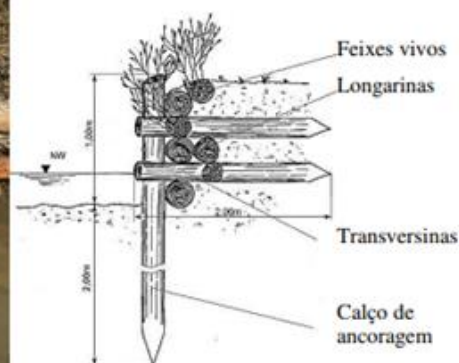


Figura 14 Muro simples de prumo frontal: exempli de aplicação e esquema conceitual. Fonte: Florineth 2004

7.1.1.10. Retentores de sedimento/ Biorolos

São estruturas de formato cilíndrico compostas por material orgânico fibroso, como fibra de coco beneficiada, serragem, palha de herbáceas, dentre outros, revestidos por telas flexíveis de fibra sintética.

Podem ser utilizados na retenção de sedimento em área difusas, e para preenchimento de espaço vazios no leito de processos erosivos de solopamento e sulcamento. Também são utilizados como proteção contra embate de ondas nas margens de corpos d'água.

A utilização desses materiais possibilita a restauração ambiental da margem, como retorno no equilíbrio ecológico do rio. Tem com desvantagem limitada durabilidade no tempo.

7.2. SOLUÇÕES TRADICIONAIS

7.2.1. Colchão Reno

Os Colchões Reno® são estruturas retangulares caracterizadas por sua grande área e pequena espessura. São subdivididos em células por diafragmas de parede dupla, espaçados em intervalos regulares. Sua base, paredes laterais e de fechamento são formados a partir de um único pano contínuo de malha, obtendo-se um recipiente multicelular aberto. Para fortalecer a estrutura, todas as extremidades dos panos de malha são reforçadas com arame de maior diâmetro que o utilizado para a fabricação da malha.

Estrutura em forma de caixa retangular, com espessura que varia entre os 0.17 m, 0,23 m e 0.30 m, feita com rede de malha hexagonal de dupla torção em arame galvanizado reforçado.

Quando em contato com a água, os arames devem ser sempre revestidos com material plástico, a qual desempenham funções de proteção contra a erosão.

São estruturas com elevada flexibilidade e permeabilidade, especialmente indicadas na construção de revestimento para canais, barragens de solo, escada dissipadoras e outros. Podem ser combinados com revestimentos feitos com mantas orgânicas e com estacas vivas, de acordo com o efeito pretendido.

Vantagens Colchão Reno:

- Execução rápida e simples e não prejudica o meio ambiente;
- Elevada duração temporal;
- Efeito de revestimento imediato;
- Pode utilizar materiais locais;
- Flexíveis e permeáveis;
- Adaptam-se à morfologia existente.

7.2.2. Gabião

Os gabões possuem características muito vantajosas na construção de estruturas de contenção, tanto de forma técnica como econômica, pois apresentam características

funcionais que não existem em outras soluções de problemas geotécnicos, hidráulicos e de controle de erosão.

- **Flexibilidade:** Por se construído por uma estrutura flexível, permite que o muro sofra recalques diferenciais sem que o talude perca estabilidade.
- **Permeabilidade:** Os espaços vazios deixados pela acomodação das pedras permitem que a água presente no talude escoe pelo muro ocorrendo a drenagem necessária para que não tenha aumento da poro-pressão

Para que o muro seja bem executado e tenha um bom funcionamento, é necessário que se preste atenção na escolha dos materiais que serão utilizados, tanto nas características da malha metálica quanto ao agregado de enchimento.

A malha deve possuir alta resistência mecânica, alta resistência à corrosão, flexibilidade e não deve desfiar com facilidade. O melhor tipo de malha para esta função é a produzida por arames de baixo teor de carbono, revestidos com liga de zinco 95%, alumínio 5% e terras raras, podendo ter ou não revestimento plástico.

O agregado escolhido pode ser qualquer rocha ou material não friável. Normalmente, são utilizados basalto, seixo ou granito. É recomendável a utilização de material de enchimento duro e de peso específico elevado, ou seja, superior a 22 kN. A granulometria dessas rochas deve ser pelo menos 1,5 vez maior que a abertura da malha metálica. O importante é perceber se o material escolhido proporcionará peso, rigidez e resistência à estrutura para as obras de contenção.

- **Tipos de muro de gabião**

Existem três tipos de muro de gabião que podem ser utilizados como muros de gravidade. Eles são:

Gabiões tipo caixa

Os gabiões do tipo caixa possuem uma estrutura metálica em forma de paralelepípedo, produzida a partir de uma única malha hexagonal de dupla torção, formando a base, a tampa e as paredes frontal e traseira. A malha da base é unida com painéis durante a fabricação, formando os diafragmas e as paredes.

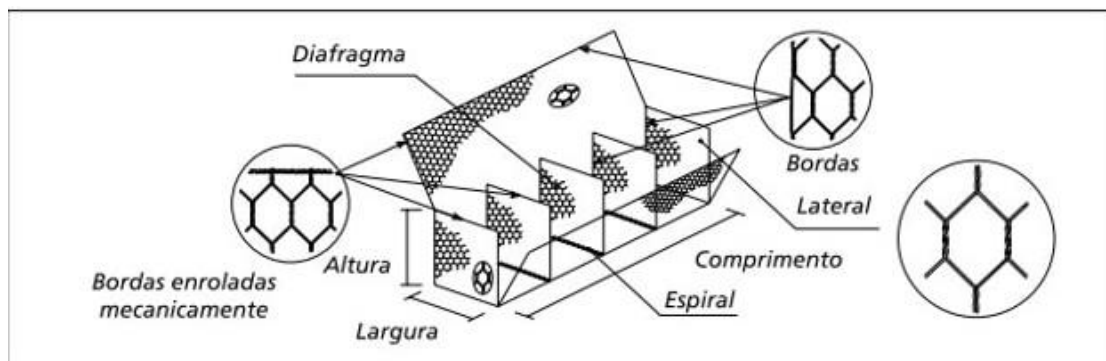


Figura 15 - Muro de Gabião tipo caixa (Fonte: Catálogo Maccaferri)

Eles são elementos de alta resistência à tração, normalmente usados em estruturas que sofrem empuxos, como estruturas de contenção, também, possuem nível baixo de alongamento de suas malhas. Os gabiões, após serem preenchidos, tornam-se estruturas flexíveis, armadas e drenantes, que podem ser usados como muros de contenção, barragens, canalizações, etc.

Gabiões tipo colchão

Os gabiões do tipo colchão possuem uma estrutura metálica em forma de paralelepípedo com grande área e pequena espessura, são produzidos com malha hexagonal de dupla torção e formados por base e tampa, de forma separada. A malha que forma a base é dobrada, na fabricação, de um em um metro formando diafragmas, esses dividem o colchão em fragmentos de mais ou menos 2 metros quadrados. Antes de ser aplicado, este colchão é desdobrado tornando-se um paralelepípedo, então, é posicionado no local especificado em projeto e costurado, após então, é preenchido.

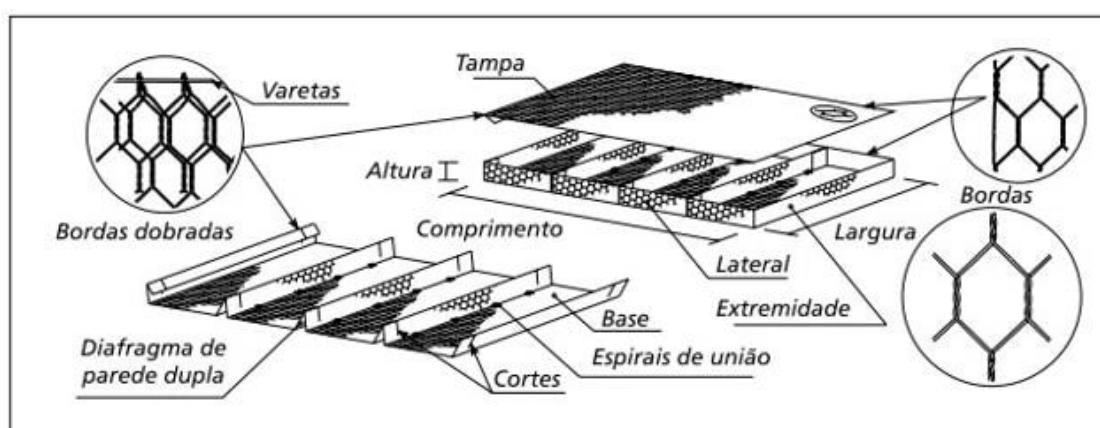


Figura 16 - Gabião tipo colchão (Fonte: Catálogo Maccaferri)

Este tipo de gabião, normalmente é utilizado em canais e margens de córregos e rios como revestimento, afim de proteger e estabilizar, podem ser utilizados também em

plataformas de deformação, protegendo a base de muros, canaletas de drenagem e revestimento de taludes.

Gabiões tipo saco

Os gabiões do tipo saco possuem uma estrutura metálica de forma cilíndrica, formados por uma única malha hexagonal de dupla torção e para seu fechamento nas extremidades, são usados arames de aço colocados de forma alternada entre as penúltimas malhas das bordas livres, isso permite que a peça seja montada no canteiro e possibilita reforço e rapidez em cada elemento ao longo da instalação.

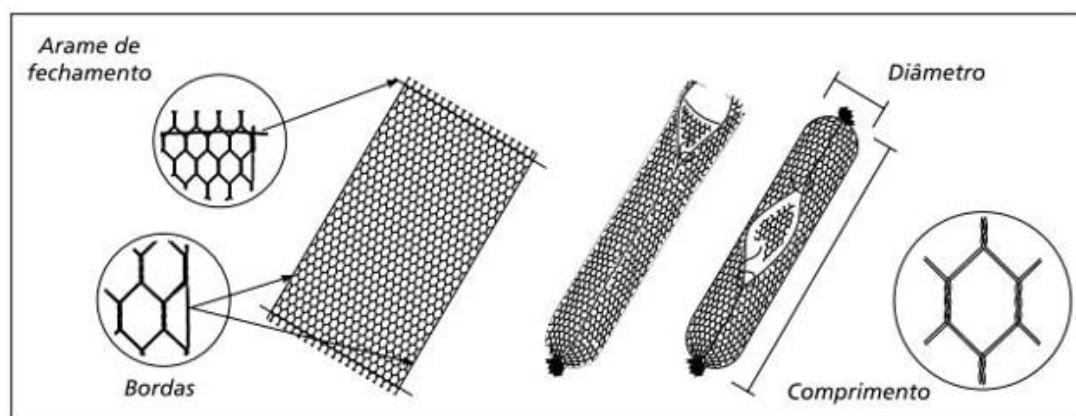


Figura 17 - Gabião tipo saco (Fonte: Catálogo Maccaferri)

Este gabião, normalmente é utilizado em obras hidráulicas, onde é necessária uma solução rápida, ou quando deve ser instalado em grandes profundidades (instalações subaquáticas), é bastante utilizado também, em locais que o solo apresenta baixa capacidade de suporte. É uma estrutura bastante versátil, sua instalação é feita com o auxílio de um guindaste ou uma grua, e devido a presença de água nos locais onde é utilizado, sugere-se que sua fabricação seja feita com arames protegidos por camada plástica, o que o torna eficiente em ambiente poluídos e quimicamente agressivos também.

7.2.3. Enrocamento ou Riprap

O riprap é um tipo de enrocamento colocado sobre o talude em que as pedras são lançadas uniformemente, deixando que o arranjo das partículas do material se processe livremente. A colocação do riprap tem uma ordem aconselhada segundo o tamanho das pedras, sendo que se deve colocar em primeiro pedras de menor tamanho que funcionam como filtro entre a camada superior e as partículas do solo, funcionando como um filtro granular. O uso de um filtro de geotêxtil pode também ser um bom complemento para substituir o filtro granular.

Quando a totalidade do talude da margem é revestido pela colocação de pedras, existe um incremento do peso sobre o talude que deve ser compensado com um eficiente

reforço do pé. O conjunto destas técnicas proporciona segurança contra três tipos de rotura pois reveste a totalidade do talude e protege a maior incidência de ações atuantes que se dão no pé do talude.

Fischenich (2000) cita que para a aplicação do riprap com D50 de 15 cm e de 45 cm, as velocidades e tensões resistentes são de 3 m/s e 125 Pa e de 4,8 m/s e 380 Pa, respetivamente.

O impacto visual e ambiental do riprap está relacionado com a quantidade de revegetação com que se complementa esta técnica. Existem poucos rios ou ribeiras cujo escoamento toquem o limite de resistência desta solução pelo que é extremamente aconselhável o acoplamento de técnicas naturais ao riprap.

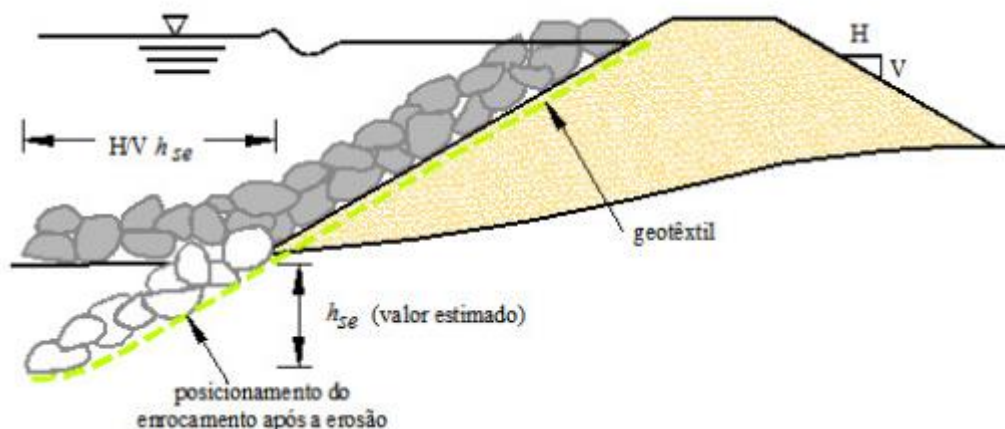


Figura 18 Tapete de enrocamento colocado sobre filtro de geotêxtil (Melville e Coleman, 2000)

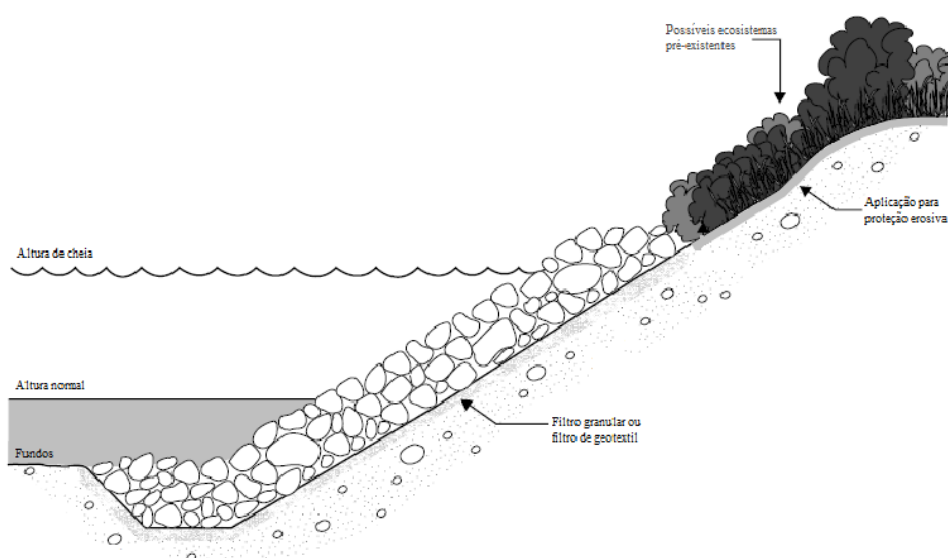


Figura 19 - Corte transversal de um exemplo de implantação de enrocamento - adaptado de NCRS (1996).

Os serviços referentes a execução da obra deverão consistir das seguintes etapas:

- Escavação da base do talude para conformação e linearização do offset, suavização da rugosidade da superfície e eliminação da vegetação rasteira;
- Escavação de sedimentos (areias e seixos) no leito do rio, transporte e deposição na base do talude para servir de base para iniciar o enrocamento;
- Instalação de elemento manta geotêxtil não tecido Bidim RT-P ou similar com gramatura média de 250 g/m² e largura de 4,30m para a margem direita e 2,15 m para a margem esquerda. Posicionando o geotêxtil da base do talude até final do enrocamento para receber a primeira camada de enrocamento;
- Execução de camada de enrocamento com rocha (granito ou gnaiss, pedra detonada, etc) de Ø 30 - 70 cm obedecendo uma espessura do pacote com 100 cm em toda sua extensão e altura;

7.2.4. Estaca prancha

As estacas-prancha de normalmente são utilizadas na contenção de solos ou na proteção de encostas para evitar erosão.

7.3. DIMENSIONAMENTO.

- 7.3.1. A estabilidade de uma estrutura qualquer depende, a princípio, da confrontação de dois conjuntos de forças. De um lado, estão os esforços desestabilizantes, sejam eles de compressão, tração, flexão, cisalhamento ou torção, que agem sobre a estrutura. De outro, encontram-se as forças estabilizantes ou resistentes da estrutura. Se as forças de deformação forem superiores às forças de resistência, ocorrem danos estruturais irreversíveis.

8. CONSIDERAÇÕES GERAIS

- Visando otimizar a análise por parte da FISCALIZAÇÃO, a Contratada deverá viabilizar a entrega dos arquivos digitais (documentos, planilhas e peças gráficas) nas suas extensões originais, sejam elas: Word, Excel e AutoCAD, ou quaisquer outro aplicativo que venha a ser utilizado;
- Os documentos constantes dos projetos, além das condições estabelecidas pelas Normas Técnicas vigentes, deverão atender às determinações e condições estabelecidas no Termo de Referência.
- Todo o quantitativo deverá ter um memorial de cálculo, a ser elaborado no Excel, que deverá ser apresentado no formato A-4 e fornecido em mídia digital na sua extensão original, contendo todos os parâmetros e fórmulas utilizados e com todos os incrementos que se fizerem necessários ao perfeito seu entendimento: tabelas, croquis, imagens fotográficas, imagens obtidas diretamente do projeto, etc.
- A quantificação do movimento de terra deverá ser realizada com base na comparação entre os perfis (de cortes) longitudinais e transversais a serem definidos para toda a área prevista para execução das obras de contenção da margem e os traçados do terreno nas áreas dos referidos perfis; com a

apresentação de croquis e dos memoriais contendo os cálculos efetivamente realizados;

- Para os serviços que não constarem nas tabelas de preços utilizadas para consulta (SINAPI, ORSE, EMBASA, etc.), deverá ser elaborada e apresentada a Composição dos Preços Unitários – CPU;
- Deverão ser apresentados pelo menos 03 (três) orçamentos para os materiais e equipamentos orçados diretamente com fornecedores;
- As planilhas de quantitativos e de CPUs deverão estar em conformidade com o padrão adotado pela CODEVASF, e os modelos poderão ser obtidos junto à Fiscalização do projeto;
- -Outras soluções de contenção de erosão poderão ser indicadas

A CONTRATADA realizará os procedimentos necessários para a elaboração do projeto de contenção de erosão da margem do São Francisco, constando das seguintes etapas:

- Estudos Hidrológicos;
- Estudos topográficos;
- Estudos geotécnicos;
- Modelagem hidrodinâmica;
- Elaboração do projeto de urbanístico,
- Elaboração dos quantitativos, inclusos memoriais de cálculo;

Bom Jesus da Lapa/BA, 25 de abril de 2024.