



PDSRR

PROGRAMA DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL E
REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS - UGRHI 13

COMPÊNDIO DE REVITALIZAÇÃO DE RIOS

Programa de Drenagem Sustentável e Revitalização de Rios Urbanos



Realização

Financiamento



Idealização

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA



Tomador



Parceiros



instituto de
arquitetura
e urbanismo
usp são carlos

AUTOR-ENTIDADE: ASSOCIAÇÃO INSTITUTO CULTURAL JANELA ABERTA

Responsável Legal: Ana Cristina Cassiano de Campos

Forma Jurídica: Organização da Sociedade Civil - CNPJ: 10.543.559/0001-11

Endereço: Rua Treze de Maio, 3392, Vila Faria, São Carlos-SP. CEP: 13569-040

email: instituto@janelaaberta.art.br

TITULAR DA OBRA: COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ-JACARÉ (CBH-TJ)

Av. Cap. Noray de Paula e Silva, 135 - CEP: 14.807-071 Araraquara SP

e-mail: comitetj@yahoo.com.br

Equipe do Comitê - Tietê Jacaré

Ricardo Salaro Neto

Jozrael Henrique Rezende

Katia Sakihama Ventura

Frederico Yuri Hanai

Érica Rodrigues Tognetti

José Augusto Baucia Junior

Organizadores: Túlio Queijo de Lima; Izabella de Camargo Aversa; Gabriela Rahal de Rezende; Lucas Augusto dos Reis Beco

Autores: Giovana Spinelli Negro; Túlio Queijo de Lima; Izabella de Camargo Aversa; Rita Santos Sousa; Júnior Joel Dewes

Projeto Gráfico: Beatriz de Camargo Aversa

Diagramadores: Beatriz de Camargo Aversa, Giovana Spinelli Negro

Ilustradores: Isabela Pelatti e Júlio Rodrigues de Oliveira;

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Compêndio de revitalização de rios : programa de drenagem sustentável e revitalização de rios urbanos / Associação Instituto Cultural Janela Aberta...[et al.] ; organização Túlio Queijo de Lima...[et al.]. -- São Carlos, SP : Instituto Cultural Janela Aberta, 2025.

Outros autores: Giovana Spinelli Negro, Túlio Queijo de Lima, Izabella de Camargo Aversa, Rita Santos Sousa, Júnior Joel Dewes.

Outros organizadores: Izabella de Camargo Aversa, Gabriela Rahal de Rezende, Lucas Augusto dos Reis Beco.

Bibliografia.

ISBN 978-85-64728-14-1

1. Água - Aspectos ambientais 2. Bioengenharia
3. Drenagem 4. Solos - Conservação 5. Recursos hídricos 6. Rios - Recuperação I. Associação Instituto Cultural Janela Aberta. II. Negro, Giovana Spinelli. III. Lima, Túlio Queijo de. IV. Aversa, Izabella de Camargo. V. Sousa, Rita Santos. VI. Dewes, Júnior Joel. VII. Rezende, Gabriela Rahal de. VIII. Beco, Lucas Augusto dos Reis.

25-258101

CDD-333.910981

Índices para catálogo sistemático:

1. Brasil : Recursos hídricos : Gestão 333.910981

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

Equipe Técnica PDSRR

EQUIPE INSTITUCIONAL

- **RENATA BOVO PERES** (CONSULTORA - DCAM/UFSCAR)
- **LUCIANA B. MARTINS SCHENK** (CONSULTORA - IAU/USP)
- **PAULO JOSÉ PENALVA MANCINI** (RESPONSÁVEL TÉCNICO)

BAOBÁ PROJETOS SOCIOAMBIENTAIS:

- **GABRIELA RAHAL DE REZENDE** (ENG. AMBIENTAL, ESP. GESTÃO DE PROJETOS)
- **RENATA UTSUNOMIYA** (MSC. ENGENHEIRA AMBIENTAL E ANALISTA SOCIOAMBIENTAL)
- **LUAN FELIPE FLORÊNCIO TONY** (GESTOR AMBIENTAL)
- **LUCAS TOBIAS BARBALHO** (GESTOR AMBIENTAL)
- **BÁRBARA HISSAE TOMA** (ESTAGIÁRIA EM GESTÃO AMBIENTAL)

VITA ENGENHARIA E CONSULTORIA:

- **IZABELLA DE CAMARGO AVERSA** (MSC. ENGENHEIRA AMBIENTAL)
- **TÚLIO QUEIJO DE LIMA** (DR. ENGENHEIRO AMBIENTAL)
- **ALINE DORIA DE SANTI** (MSC. GESTORA E ANALISTA AMBIENTAL)
- **GIOVANA SPINELLI NEGRO** (MSC. ENGENHEIRA AMBIENTAL)
- **FELIPE GONZALEZ** (ENGENHARIA CIVIL, ENGENHARIA URBANA)
- **BEATRIZ GARDIMAN ARRUDA** (ESTAGIÁRIA EM ENGENHARIA AMBIENTAL)
- **REBECA LONGHI SASSAKI** (ESTAGIÁRIA EM ENGENHARIA AMBIENTAL)

SOLEAR - PROJETOS SOCIOAMBIENTAIS EDUCATIVOS

- **LUCAS A. DOS REIS BECO** (ENG. AMBIENTAL, ESP. EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL)
- **AMANDA DE ALMEIDA PASSOS** (ESTAGIÁRIA EM ENGENHARIA AMBIENTAL)

CONSULTORIA TÉCNICA

- **MARIA FERNANDA NÓBREGA** (PHD ARQUITETA - PLUVIO CONSULTORIA E PROJETO)
- **JÚLIO RODRIGUES DE OLIVEIRA** (ESTAGIÁRIO EM ARQUITETURA - PLUVIO CONSULTORIA E PROJETO)
- **MONIQUE DE PAULA NEVES** (ESPECIALISTA EM CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOPROCESSAMENTO)
- **DIEGO PERUCHI TREVISAN** (ESPECIALISTA EM GEOPROCESSAMENTO E SIG)
- **JONATAN SAMPAIO** (PRODUTOR CULTURAL E ARTISTA VISUAL)

LICURI PAISAGISMO

- **CAUÊ MARTINS** - (ARQUITETURA E PAISAGISMO)
- **ANDRÉ GRAZIANO** (ARQUITETURA E PAISAGISMO)
- **MARIA CECILIA PEDRO BOM DE LIMA** (ARQUITETURA E PAISAGISMO)

VALLIS ENGENHARIA E AMBIENTE

- **RITA SOUSA** (DR^a. ENGENHEIRA BIOFÍSICA)
- **JUNIOR J. DEWES** (DR. ENGENHARIA FLORESTAL)

DIAGRAMAÇÃO

- **BETEZÊ** - AGÊNCIA DE MARKETING

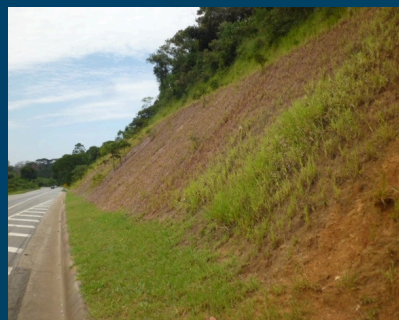


Sumário por Soluções

Semeadura e Hidrossemeadura

Foto: PlantVerde (2025)

p. 11



Plantio de mudas e estacas/ Estacarias vivas

Foto: Fernandes; Freitas (2011)

p. 11



Feixe vivo e Biorretentores/ Biorrolos

Foto: Eubanks; Meadows (2002)

p. 12



Esteira viva

Foto: Fernandes; Freitas (2011)

p. 12



Sumário por Soluções

Leito de vegetação

Foto: Fernandes; Freitas (2011)

p. 13



Muros de Suporte Vivo/ Parede Krainer

Foto: Fernandes; Freitas (2011)

p. 13



Gabiões vivos

Foto: Fernandes; Freitas (2011)

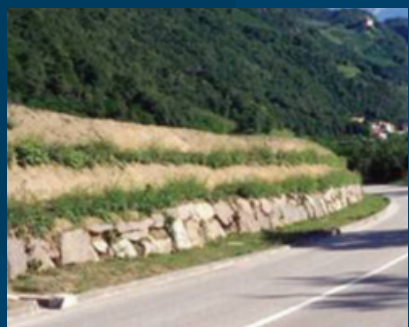
p. 14



Terra reforçada/ Recorte do talude em nível

Foto: Fernandes; Freitas (2011)

p. 14



Sumário por Soluções

Grade viva

Foto: Fernandes; Freitas (2011)

p. 15



Tapetes vegetados

Foto: Fernandes; Freitas (2011)

p. 15



Barragem de correção torrencial e Soleiras

Foto: Fernandes; Freitas (2011)

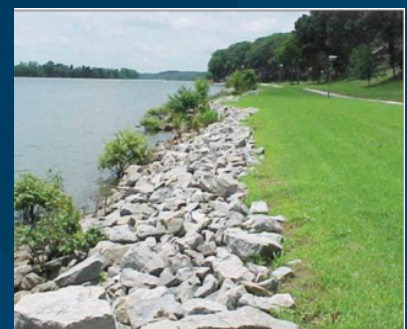
p. 16



Enrocamento vivo

Foto: Fernandes; Freitas (2011)

p. 17



Sumário por Soluções

Siltação viva (trench packing/ live siltation)

Foto: Eubanks; Meadows (2002)

p. 17



Plant Roll (Túnel de plantas)

Foto: Eubanks; Meadows (2002)

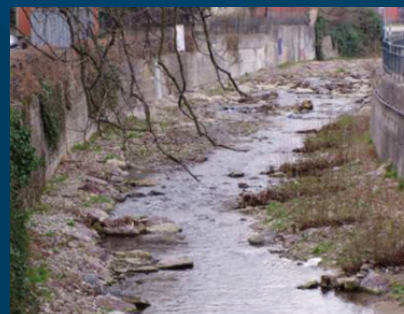
p. 18



Deflectores (esporões) vivos

Foto: Fernandes; Freitas (2011)

p. 18



CAPÍTULO 1

Introdução

Introdução a Revitalização de Rios Urbanos

As cidades brasileiras, inclusive as localizadas na UGRHI 13, possuem relação direta ou indireta com os cursos d'água. Muitas deram início à ocupação às margens de córregos, outras encontraram os rios após a expansão de sua malha urbana. Independente do processo de antropização, atualmente esse contato frequentemente apresenta impactos tanto para a vivência nas cidades quanto para os rios.

Nesse contexto, Programa de Drenagem Sustentável e Revitalização de Rios Urbanos para a UGRHI 13 (PDSRR) buscou estratégias para estabelecer relações harmoniosas e equilibradas entre os rios urbanos e as cidades. Para isso, foi elaborado o presente compêndio de técnicas, soluções e boas práticas em Revitalização de Rios.

O PDSRR é uma iniciativa de demanda induzida do Comitê de Bacia Hidrográfica do Tietê Jacaré (CBH-TJ), que tem como objetivo contribuir para o planejamento e gestão de recursos hídricos, auxiliar o aprimoramento das solicitações de recursos ao FEHIDRO para projetos de drenagem sustentável e de revitalização de cursos d'água urbanos.

Assim como para o Compêndio de Drenagem Sustentável, esta etapa do Programa foi pensada visando fornecer bases conceituais, exemplos, boas práticas e diretrizes para subsidiar as propostas, iniciativas, estratégias e ações inovadoras para projetos de drenagem sustentável e de revitalização de rios urbanos.

Inicialmente serão apresentadas (Quadro 1) algumas **definições importantes**, conforme exposto por Rezende e Tognetti (2020) e, posteriormente, são descritas algumas estratégias e técnicas que podem auxiliar a melhoria da relação das cidades com as águas.

Para a elaboração desse material, o PDSRR também utilizou as bases técnicas da **Engenharia Natural**, desenvolvidas considerando o uso de elementos naturais ou de elementos criados para terem comportamentos similares aos naturais. A partir da combinação desses elementos, surgem técnicas que visam, dentre outros objetivos, enfrentar problemas de diferentes complexidades. Pode-se dizer que o objetivo da Engenharia Natural é conseguir estabelecer soluções e espaços que articulem os usos humanos e as aptidões naturais do local, de forma sistêmica, alinhados ao contexto do território como um todo (Fernandes; Freitas, 2011).

Quadro 1 - Síntese conceitual dos princípios, conceitos e abordagens bases do PDSRR

REVITALIZAÇÃO	Promoção de ações que proporcionem a melhoria do ambiente fluvial, das condições ambientais e da qualidade da água, visando aos usos múltiplos, à recuperação das principais funções ecológicas e hidrológicas, e à reabilitação das funções sociais dos rios e de suas margens, e das bacias hidrográficas (Selles, 2001).
RENATURALIZAÇÃO	Regeneração do ecossistema fluvial, buscando o restabelecimento da sua biota natural, bem como a conservação das áreas naturais de inundação, e evitando os usos antrópicos que inviabilizam as suas funções. “Renaturalização” não significa o retorno da situação original, não influenciada pelo homem, mas corresponde ao desenvolvimento sustentável dos rios e da paisagem, de acordo com as necessidades urbanas e conhecimentos contemporâneos (Binder, 2001; Saunders; Nascimento, 2006).
RESTAURAÇÃO/ RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA	Objetiva o retorno do rio à sua trajetória histórica de condições sustentáveis, com estrutura e funcionalidade ecossistêmica readquiridas (Fisrwg, 2001, Society for Ecological Restoration, 2004).
REABILITAÇÃO	Representada por ações que possibilitem o retorno parcial das condições biológicas e físicas do rio à sua condição original, visando à recuperação das funções ecossistêmicas principais de um rio, podendo ainda acrescentar outras funções que originalmente não existiam, como as sociais, por exemplo (Findlay; Taylor, 2006).
RECUPERAÇÃO	Consiste em restituir o rio a uma condição não degradada, normalmente diferente da condição original, que esteja em conformidade aos aspectos legais (Brasil, 2000; Vieira; Almeida, 2014),
REMEDIAÇÃO	Ocorre em situações nas quais os impactos ambientais constatados foram muito intensos, como, por exemplo, em casos de estresse antropogênico crônico, sendo, desta forma, inviável o retorno do rio às suas condições originais. Nesse caso, a recuperação ocorre por meio da formação de um novo ambiente modificado e remediado, sem conseguir realizar as funções ecossistêmicas originais (Houlahan; Findlay, 2004).

Fonte: Rezende e Tognetti (2020)

Dessa forma, o presente Compêndio de Revitalização apresentará inicialmente elementos que podem ser utilizados para compor as técnicas, segundo a engenharia natural, e ao final desse material, serão apresentados exemplos de técnicas criadas a partir da combinação desses elementos, os quais são divididos em bióticos e abióticos

Os principais **elementos bióticos** são as plantas. O conhecimento de botânica é essencial para a elaboração de projetos abordados neste compêndio, uma vez que cada espécie tem características que podem fornecer funções diferentes, por exemplo, gramíneas terão comportamentos e resultados diferentes de arbustos e árvores. Destaca-se, portanto, que as técnicas podem diferir apenas pela escolha da espécie vegetal, de forma que o plantio de espécies arbustivas gera estabilidade em camadas mais profundas do solo quando comparado com herbáceas, por exemplo. Também é importante ter conhecimento sobre o formato e crescimento das raízes; analisar a sobrevivência da espécie na presença de umidade e no bioma onde se propõe o plantio; e usar **espécies nativas** do local do projeto.

Como **elementos abióticos**, é priorizado o uso de materiais biodegradáveis e naturais, como troncos, galhos menores e fibra de coco, por exemplo. É interessante priorizar elementos que podem ser encontrados no próprio local onde se pretende instalar a técnica e que sejam de fácil obtenção, uma vez que essas estruturas demandam manutenção. Além desses, também podem ser utilizados materiais não biodegradáveis, como rochas e solos, e elementos manufaturados, como geotêxteis, muito utilizadas na engenharia civil. Os geotêxteis podem ser utilizados para estabilizar taludes, reter sedimentos e evitar colmatação de estruturas, entre outros usos.

A escolha do elemento também deve considerar o que o contexto exigirá da estrutura, pois há diferença de resistência e de estabilidade entre uma rocha e um tronco de madeira, por exemplo. Um ponto de atenção é o tempo de degradação do material a ser utilizado, uma vez que o material deve manter suas propriedades tempo suficiente para atingir o objetivo da técnica, mas é interessante que o ambiente se auto regenere após a implantação da técnica.

As técnicas de bioengenharia de solo possibilitam maior estabilidade dos solos a partir da criação de matrizes que protegem sua estrutura, seja com raízes de plantas, com incremento de matéria orgânica ou com outros filamentos de galhos e madeiras, por exemplo. Além disso, as técnicas também auxiliam na redução da velocidade do escoamento superficial de águas e pode gerar áreas com maior capacidade de infiltração, beneficiando o sistema de drenagem. Podem ainda, ser criadas áreas alagáveis ou de retenção de sedimentos, para reduzir a carga que chega nos cursos d'água, o que contribui para a melhoria da qualidade das águas a jusante .

Revitalização de Rios Urbanos no PDSRR

A revitalização e a renaturalização de rios foram abordadas nos objetivos do PDSRR, a serem aplicados às microbacias dos municípios da UGRHI 13, em conjunto com outras funções que as técnicas podem fornecer, como: Redução do Escoamento Superficial e Controle de Erosão e Assoreamento, melhor detalhado no capítulo Dinâmica das Soluções. Para o arcabouço de técnicas de revitalização de rios urbanos, foram propostas quatro subdivisões, diferenciadas pelo local de aplicação da técnica, sendo: Revitalização de curso d'água, Estabilização de margem, Restauração de APP e Estabilização de processo erosivo.

REVITALIZAÇÃO DE CURSO D'ÁGUA



A revitalização de cursos d'água é voltada para os casos no qual foram aplicadas infraestruturas cinzas no curso d'água, resultando em sua descaracterização. São passíveis de revitalização cursos d'água que foram retificados, canalizados ou se encontram degradados. A revitalização de rios deve ser realizada com técnicas de Engenharia Natural, que são adequadas tecnicamente às solicitações em âmbito fluvial e, simultaneamente, promovem a conectividade ecológica dos ecossistemas.

ESTABILIZAÇÃO DE MARGEM



Essa subdivisão surge em resposta à identificação durante a elaboração do PDSRR de muitos trechos de córregos e rios com margens e taludes instáveis, com processos erosivos e sem cobertura vegetal na UGRHI 13. Para esses casos, se propõe o objetivo de estabilizar e recuperar as margens dos cursos d'água, o que deve ser realizado com técnicas de Engenharia Natural, que são adequadas às solicitações existentes em âmbito fluvial e, simultaneamente, promovem a conectividade ecológica dos ecossistemas.

RESTAURAÇÃO DE APP



O Código Florestal (Lei nº LEI Nº 12.651/ 2012) estabelece a obrigatoriedade de preservação de faixa marginal de corpos hídricos (referenciada como Área de Preservação Permanente - APP), de forma a assegurar as funções de “preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”. Esse objetivo busca regularizar áreas que estão em desacordo com a legislação federal e devolver os benefícios atrelados às matas ciliares. Essa subdivisão abarca, portanto, técnicas para recuperação da cobertura vegetal e qualidade do solo nas faixas marginais dos cursos d’água, podendo ou não estar associadas à estabilização de margem.

ESTABILIZAÇÃO DE PROCESSO EROSIVO (FORA DO CURSO D’ÁGUA)

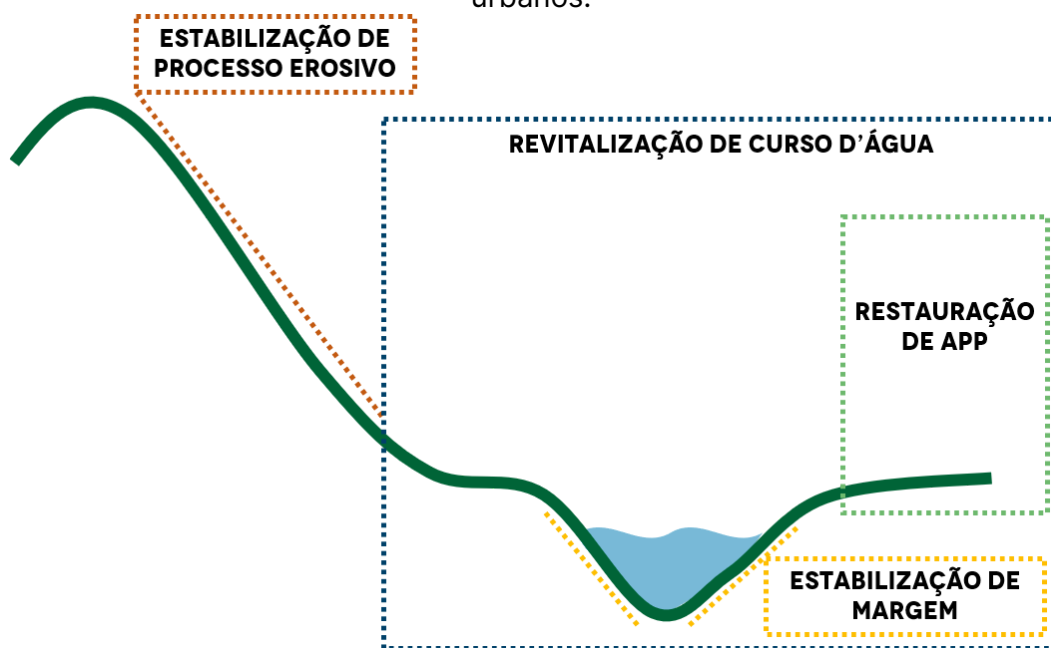


Apesar de estarmos falando de revitalização de cursos d’água, as técnicas de bioengenharia de solo podem ser grandes aliadas no controle e estabilização de processos erosivos localizados fora de cursos d’água. Assim, para microbacias nas quais há processos erosivos atrelados a problemas de drenagem, que não estejam na margem ou talude do corpo hídrico, também são apresentadas propostas de soluções.

As subdivisões foram feitas de forma a simplificar e distinguir a proposição de soluções de revitalização de rios nas microbacias de estudos, uma vez que há diversas técnicas voltadas a esse objetivo macro. Para cada subgrupo de técnicas foram identificados os locais de aplicação propostos, conforme exposto na Figura 1, e os benefícios intrínsecos às técnicas de cada subgrupo.

Destaca-se que o presente material não teve como expectativa exaurir as possibilidades de técnicas de engenharia natural que dialogassem com a revitalização de rios, mas sim, apresentar as mais conhecidas e utilizadas para inspirarem projetos na Bacia Hidrográfica do Tietê Jacaré.

Figura 1 - Locais de aplicação de cada subgrupo de técnicas de revitalização de rios urbanos.



Fonte: Equipe PDSRR (2025)

Em relação aos benefícios atrelados às técnicas, a proposta apresentada no Quadro 2 indica os benefícios inerentes que serão obtidos a partir de cada subgrupo de técnicas deste compêndio. Contudo, entende-se que todos os benefícios podem ou não ser obtidos a depender de como é pensado e feito o projeto.

Quadro 2 - Benefícios intrínsecos a cada subgrupo de técnicas de revitalização de rios urbanos

Subgrupo de técnicas	Qualidade de água	Efeito paisagístico	Controle de escoamento de águas	Promoção de habitat	Benefícios ao microclima
Revitalização de curso d'água					
Estabilização de margem					
Restauração de APP					
Estabilização de processo erosivo					

Fonte: Equipe PDSRR (2025)

Ao final, para o Programa de Drenagem Sustentável e Revitalização de Rios Urbanos da UGRHI 13, foram elaboradas “cartas” síntese para os subgrupos de técnicas, apresentadas a seguir:

RENATURALIZAÇÃO PDSRR

REVITALIZAÇÃO DE CURSO D'ÁGUA



A revitalização de cursos d'água é voltada para os casos no qual foram aplicadas infraestruturas cinzas no curso d'água, resultando em sua descaracterização. São passíveis de renaturalização cursos d'água que foram retificados, canalizados ou se encontram degradados. A renaturalização de rios deve ser realizada com técnicas de Engenharia Natural, que são adequadas tecnicamente às solicitações existentes em âmbito fluvial e, simultaneamente, promovem a conectividade ecológica dos ecossistemas.

RENATURALIZAÇÃO PDSRR

REVITALIZAÇÃO DE CURSO D'ÁGUA

LOCAL DE APLICAÇÃO

- Leito do Rio
- Margem
- APP
- Processos Erosivos (fora do leito)

EXEMPLOS DE TÉCNICAS

- Barragem de correção torrencial e soleiras;
- Enrocamento vivo;
- Siltação viva;
- Deflectores (esporões) vivos;
- Parede Krainer;
- Biorretentores;
- Feixes vivos;
- Plantio de mudas e estacas.

BENEFÍCIOS INTRÍNSECOS

- Qualidade de Água
- Efeito Paisagístico
- Controle de escoamento de Águas
- Promoção de Habitat
- Benefícios ao Microclima



RENATURALIZAÇÃO PDSRR

ESTABILIZAÇÃO DE MARGEM



Essa carta surge em resposta a identificação de muitas margens e taludes de córregos e rios instáveis, com processos erosivos e sem cobertura vegetal na UGRHI 13. Para esses casos, se propõe o objetivo de estabilizar e recuperar as margens dos cursos d'água. A estabilização de margem de cursos d'água deve ser realizada com técnicas de Engenharia Natural, que são adequadas tecnicamente às solicitações existentes em âmbito fluvial e, simultaneamente, promovem a conectividade ecológica dos ecossistemas.

RENATURALIZAÇÃO PDSRR

ESTABILIZAÇÃO DE MARGEM

LOCAL DE APLICAÇÃO

- Leito do Rio
- Margem
- APP
- Processos Erosivos (fora do leito)

EXEMPLOS DE TÉCNICAS

- Feixe vivo;
- Biorolos;
- Muros de suporte vivo/Parede Krainer;
- Gabiões vivos;
- Grade viva;
- Entroncamento vivo;
- Esteira viva;
- Defletores vivos.

BENEFÍCIOS INTRÍNSECOS

- Qualidade de Água
- Efeito Paisagístico
- Controle de escoamento de Águas
- Promoção de Habitat
- Benefícios ao Microclima



Fonte: Equipe PDSRR (2025)

RENATURALIZAÇÃO PDSRR

RESTAURAÇÃO DE APP



O Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) apresenta a obrigatoriedade de preservação de faixa marginal de corpos hídricos, de forma a assegurar as funções de "preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas" nesses locais. Esse objetivo busca regularizar áreas que estão em desacordo com a legislação federal e devolver os benefícios atrelados às matas ciliares.

RENATURALIZAÇÃO PDSRR

RESTAURAÇÃO DE APP

LOCAL DE APLICAÇÃO

- Leito do Rio
- Margem
- APP
- Processos Erosivos (fora do leito)

EXEMPLOS DE TÉCNICAS

- Semeadura;
- Hidrossemeadura;
- Plantio de mudas e estacas;
- Plant Roll (Túnel de plantas).


BENEFÍCIOS INTRÍNSECOS

- Qualidade de Água
- Efeito Paisagístico
- Controle de Escocimento de Águas
- Promoção de Habitat
- Benefícios ao Microclima



RENATURALIZAÇÃO PDSRR

ESTABILIZAÇÃO DE PROCESSO EROSIVO



Apesar de estarmos falando de revitalização de cursos d'água, as técnicas de engenharia natural/bioengenharia de solos podem ser grandes aliadas no controle e estabilização de processos erosivos. Assim, para microbacias nas quais há processos erosivos atrelados a problemas de drenagem, que não estejam no corpo hídrico, também são apresentadas propostas de soluções.

RENATURALIZAÇÃO PDSRR

ESTABILIZAÇÃO DE PROCESSO EROSIVO

LOCAL DE APLICAÇÃO

- Leito do Rio
- Margem
- APP
- Processos Erosivos (fora do leito)

EXEMPLOS DE TÉCNICAS

- Terra reforçada/Recorte do talude em nível;
- Tapetes vegetados
- Grade viva;
- Parede Krainer;
- Gabião vivo;
- Enrocamento vivo;
- Biorretentores de coco;
- Plantio de mudas/Estacaria viva.

BENEFÍCIOS INTRÍNSECOS

- Qualidade de Água
- Efeito Paisagístico
- Controle de Escocimento de Águas
- Promoção de Habitat
- Benefícios ao Microclima



Fonte: Equipe PDSRR (2025)

Na sequência, são apresentadas as fichas elaboradas para as técnicas de revitalização de rios urbanos mapeadas para a elaboração do PDSRR. Nelas é apresentado: breve descrição da técnica, os casos onde é indicado o uso, eventuais restrições, croqui e imagem exemplo da técnica aplicada, com referências de onde encontrar mais informações. Também é apresentado no canto esquerdo de cada ficha, em colorido, o(s) subgrupo(s) em que a técnica pode ser aplicada.

CAPÍTULO 2

Técnicas

SEMEADURA E HIDROSSEMEADURA



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP



Estabilização de processo erosivo

Apresentação da técnica: Consiste no plantio de mistura de sementes de espécies herbáceas em solos degradados. Pode ter aditivos de fibra de madeira, fertilizantes e corretivos de solo, neste caso recebendo o nome de Hidrossemeadura.

Quando replicar: A semeadura pode ser aplicada em superfícies planas e sulcos, de fácil execução, para rápida proteção do terreno contra processos erosivos superficial. Quando com aditivos (hidrossemeadura), a técnica garante maior taxa de germinação e aplicação em áreas de difícil acesso.

Limitações: Garante estabilidade apenas das camadas mais superiores do solo, não sendo indicado para processos erosivos não laminares.



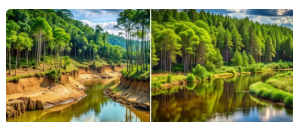
Fonte: Fernandes; Freitas (2011)

Fonte: PlantVerde (2025)

PLANTIO DE MUDAS E ESTACAS/ ESTACARIAS VIVAS



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP

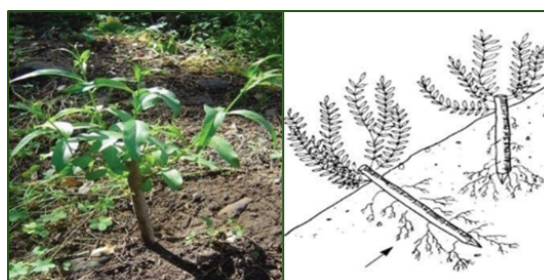


Estabilização de processo erosivo

Apresentação da técnica: Consiste no plantio de espécies por estacas. Pode ser feita com estacas com ou sem raízes, o que interfere no tempo de preparação para aplicação e na longevidade da técnica.

Quando replicar: Em taludes e margens fluviais de baixa declividade. A técnica é recomendada no reparo de pequenos deslizamentos e assentamento de terra em locais com problemas de estabilidade devido ao excesso de umidade no solo ou para controle de processos erosivos fluviais em taludes nas margens de cursos hídricos.

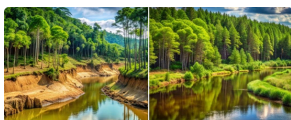
Limitações: O uso de estacas não enraizadas facilita encontrar o material a ser usado. Porém a estabilização do talude depende do crescimento do sistema radicular.



Fonte: Fernandes; Freitas (2011)



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP



Estabilização de processo erosivo

FEIXE VIVO E BIORRETENTORES/ BIORROLOS

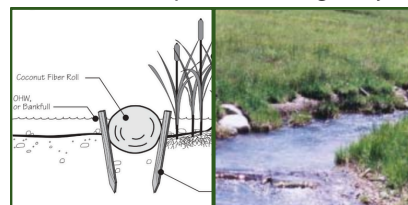
Apresentação da técnica: Consiste em tranças de ramos vivos e inertes, instalados de forma a permitir que os ramos vivos criem raízes no solo. O conjunto é amarrado com arame ou corda de sisal e a fixação no solo é feita com estacas de madeira, ou composta por fibra de coco, neste caso denominada Biorretentores ou Biorrolos.

Quando replicar: Tem uma utilização muito diversificada. Quando instaladas em margens de cursos d'água auxilia no êxito de plantios de lenhosas em taludes de declividade de até 35°. Também podem ser utilizadas para prevenir a formação de ravinas, com a interrupção das linhas de escoamento superficial, em um primeiro momento; e, após o estabelecimento da vegetação, com a redução da energia do escoamento e estabilização do solo pelas raízes, conjuntamente com a retenção de sedimentos.

Limitações: A estrutura não suporta velocidades de água muito elevadas e demanda manutenção constante, com poda da vegetação



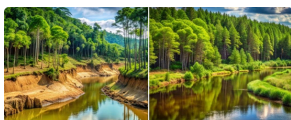
Fonte: Fernandes; Freitas (2011)



Fonte: Eubanks; Meadows (2002)



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP



Estabilização de processo erosivo

ESTEIRA VIVA

Apresentação da técnica: Consiste na cobertura do talude de margem com uma camada densa de ramos de espécies com capacidade de propagação vegetal colocados perpendicularmente ao fluxo da água. A fixação é feita por meio de arames e estacas de madeira.

Quando replicar: Esta é uma técnica particularmente adequada à cobertura e consolidação de margens de rios com escoamento torrencial e com altas velocidades. A esteira atua duplamente, reduzindo a velocidade das águas, devido a sua rugosidade; e com a proteção do talude contra processos erosivos. Além disso, sedimentos presentes na água também podem ser retidos nas estruturas.

Limitações: Por conta da elevada quantidade de material vivo, demanda manutenção constante, com a poda da vegetação.



Fonte: Fernandes; Freitas (2011)



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP



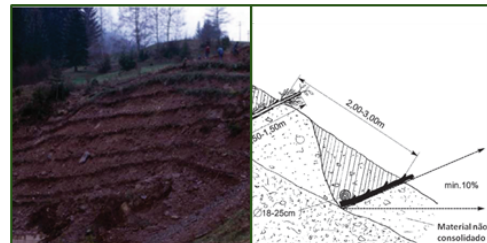
Estabilização de processo erosivo

LEITO DE VEGETAÇÃO

Apresentação da técnica: Consiste em recortes ("banquetas") no talude, em que cada banqueteta recebe ramos ou plantas já enraizadas, alocadas perpendicularmente à superfície da encosta, e posteriormente preenchida com solo. Esse procedimento é repetido até as cotas mais elevadas da encosta.

Quando replicar: Este é um sistema clássico e muito eficaz de consolidação de taludes e encostas por assegurar imediatamente uma estruturação da encosta até uma profundidade de 1,5m. Pode ser realizado em encostas com solo exposto ou ser adaptado a sistemas construtivos combinados como muros verdes armados de mantas orgânicas, onde se utilizam leitos de vegetação entre as "almofadas" de solo envolvido pela manta. O estabelecimento de muros verdes pode contribuir também com isolamento acústico.

Limitações: A maior limitação deste método é a dificuldade em garantir o estabelecimento da vegetação em climas mais secos.



Fonte: Fernandes; Freitas (2011)



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP



Estabilização de processo erosivo

MUROS DE SUPORTE VIVO/ PAREDE KRAINER

Apresentação da técnica: Trata-se de uma estrutura em madeira construída em forma de caixa com troncos de madeira dispostos perpendicularmente. O seu preenchimento deverá ser feito na base com pedra até atingir o nível médio das águas, e a área restante da estrutura poderá ser diversificada, de acordo com o contexto local, por exemplo com: solo local, vegetação com raiz já estabelecida ou até mesmo tranças vivas.

Quando replicar: Estas estruturas adaptam-se muito bem ao suporte de taludes e encostas e à proteção e reconstrução de margens fluviais muito degradadas devido a ações erosivas intensas. São também utilizadas na construção de estruturas transversais de dissipação de energia em correntes torrenciais em terrenos com alta declividades (40° e 50°).

Limitações: Altura da estrutura é limitada e demanda grandes obras e maquinários.



Fonte: Fernandes; Freitas (2011)



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP



Estabilização de processo erosivo

GABIÕES VIVOS

Apresentação da técnica: Estrutura em forma de caixa retangular, feita com rede de malha hexagonal em arame galvanizado reforçado, preenchida com material inerte (rochas). No interior das estruturas também são inseridas estacas vivas, de forma a possibilitar o crescimento de raízes.

Quando replicar: Desempenham funções de proteção contra a erosão fluvial e ao mesmo tempo servem de suporte à margem em caso de risco de movimentos gravitacionais de massa. São estruturas com elevada flexibilidade e permeabilidade, aplicáveis em taludes íngremes e em locais com pouca disponibilidade de espaço.

Limitações: Ao contrário das restantes técnicas descritas, os gabhões plantados não constituem na sua essência uma técnica de Engenharia Natural, já que a vegetação nunca substituirá plenamente as funções de suporte do gabião. O uso de rochas pode acarretar em altos custos.



Fonte: Fernandes; Freitas (2011)



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP



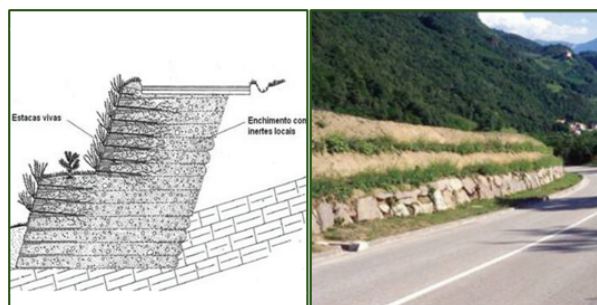
Estabilização de processo erosivo

TERRA REFORÇADA/ RECORTE DO TALUDE EM NÍVEL

Apresentação da técnica: Consiste numa estratificação do talude, na qual é feito reforço do solo pelo peso do próprio terreno e pela contenção com materiais inertes, como geotêxtil orgânico reforçadas ou não com redes de aço ou plástico. A contenção também é feita com a adição de camada de vegetação, de forma semelhante à construção de um leito de vegetação.

Quando replicar: Trata-se de uma obra de sustentação, utilizada para reconstrução de taludes muito inclinados, e pode também exercer a função de isolante acústico. Essa técnica é uma das mais favoráveis para o estabelecimento de vegetação em taludes.

Limitações: É uma técnica de elevado custo e parte dos materiais utilizados não são biodegradáveis.



Fonte: Fernandes; Freitas (2011)

GRADE VIVA



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP



Estabilização de processo erosivo

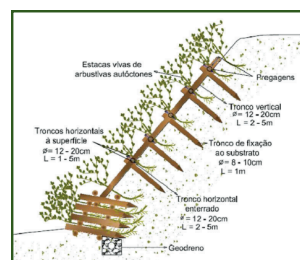
Apresentação da técnica: Estrutura em madeira, composta por troncos dispostos na horizontal e vertical, perpendicularmente entre si, e suportada por troncos de madeira cravados para estruturar a técnica. Entre os troncos são dispostas estacas e é realizado o preenchimento com solo do próprio terreno.

Quando replicar: Podem ser utilizadas em taludes e em margens fluviais com alta declividade (45-55°) e grandes desníveis de altura (até 20 m). Oferece estabilização do solo em profundidades de até 40 cm. Tem ação imediata devido ao uso dos troncos (madeira) e ação a longo prazo, após o estabelecimento e enraizamento da vegetação.

Limitações: O método de construção exerce grandes intervenções no local e não é indicado para locais com camada rochosa aflorada.



Fonte: Souza et al (2023)



Fonte: Fernandes; Freitas (2011)

TAPETES VEGETADOS



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP



Estabilização de processo erosivo

Apresentação da técnica: Neste grupo incluem-se os tapetes vegetados, 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. Essas estruturas protegem o solo de agentes erosivos e da seca, uma vez que mantém a umidade do solo, possibilitando que a vegetação se estabeleça protegida.

Quando replicar: Podem ser aplicadas em diferentes situações de erosão laminar e linear, garantindo proteção instantânea. Também podem ser adotadas em margens de cursos d'água, quando se tratar de local com baixas velocidades da água e em taludes com declives entre 25° e 45°.

Limitações: Os materiais são passíveis de biodegradação, de forma que tem ação limitada no tempo.



Fonte: Fernandes; Freitas (2011)

BARRAGEM DE CORREÇÃO TORRENCIAL E SOLEIRAS



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP

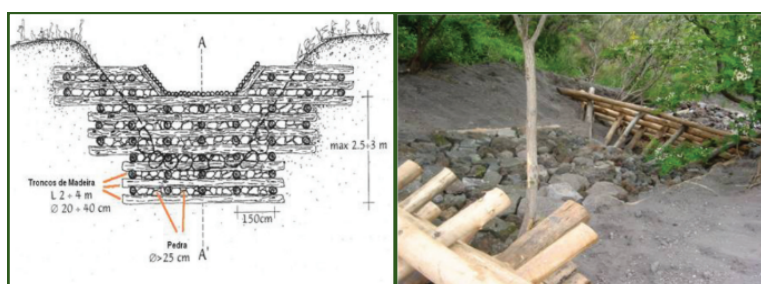


Estabilização de processo erosivo

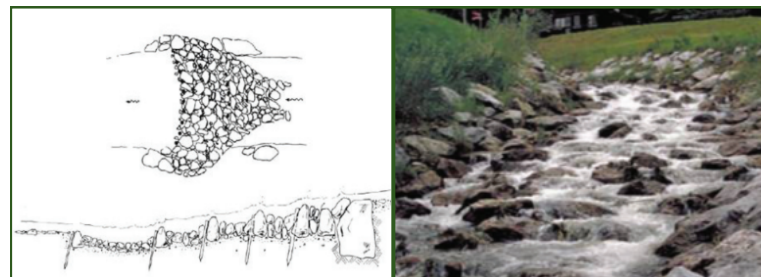
Apresentação da técnica: Essa técnica é construída transversalmente em relação ao sentido do escoamento da água, visando conter parte da vazão e reduzir a velocidade da água. Trata-se de estrutura construída segundo tipologia clássica das barragens, porém adotando materiais menos impactantes, como madeira e pedras, inclusive, com a recomendação de usar materiais locais. Geralmente são propostas conjuntamente com as Soleiras, que consistem em um caminho de pedras estruturado de forma a evitar ressaltos que seriam gerados pelo desnível do leito. Para estabilização das rochas, são fixados troncos de madeira no solo. Exige que seja feito alargamento do leito antes de sua construção e a criação de local a montante para peixes.

Quando replicar: As barragens podem ser aplicadas em cursos d'água onde haja erosão nas margens e no fundo do leito, com transporte de sólido não excessivo. É recomendável construir em locais onde o escoamento mínimo seja constante, para evitar que a madeira tenha períodos úmida (submersa) e outros, seca, buscando aumentar a durabilidade da estrutura. Por favorecer a deposição de sedimentos, contribui com a diminuição da inclinação do fundo do leito do rio, e conseqüentemente, diminui os processos erosivos pela ação das águas. As soleiras, por sua vez, podem ser utilizadas em leitos de cursos d'água com inclinação média a baixa e com fundo rochoso e/ou arenoso. São aplicáveis em base de barragens ou pontos de lançamento como dissipadores de energia. É uma técnica interessante para locais com fluxo de peixes.

Limitações: As barragens devem ser pensadas de forma a não atuar como barreira para fauna aquática. As soleiras demandam grandes quantidades de material inerte.



Fonte: Fernandes; Freitas (2011)



Fonte: Fernandes; Freitas (2011)



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP



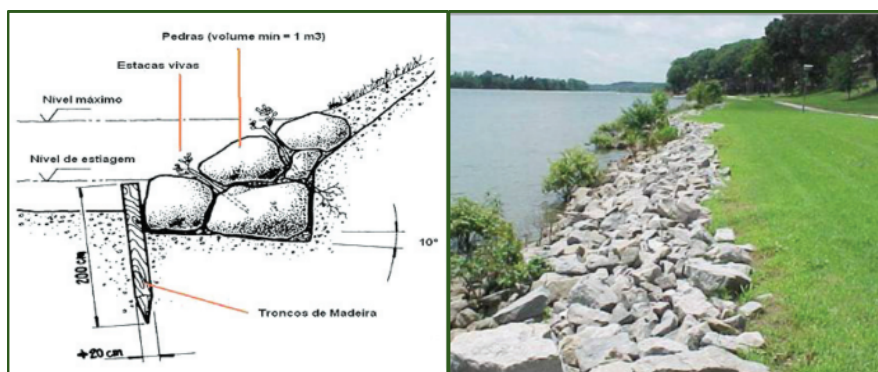
Estabilização de processo erosivo

ENRONCAMENTO VIVO

Apresentação da técnica: Essa técnica consiste na estabilização de margens de cursos d'água com a alocação de grandes rochas, com estacas fincadas entre elas.

Quando replicar: Recomendada para proteção de margens sujeitas a erosão fluvial, em cursos d'água com alta velocidade e elevado transporte de sólido. É uma técnica que exige pouca manutenção.

Limitações: É uma obra que demanda uso de maquinários, assim, é restrita a locais que possibilitem o acesso dessas máquinas. Também tem como ponto de atenção a necessidade de escavação na base em cursos d'água torrenciais.



Fonte: Fernandes; Freitas (2011)



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP



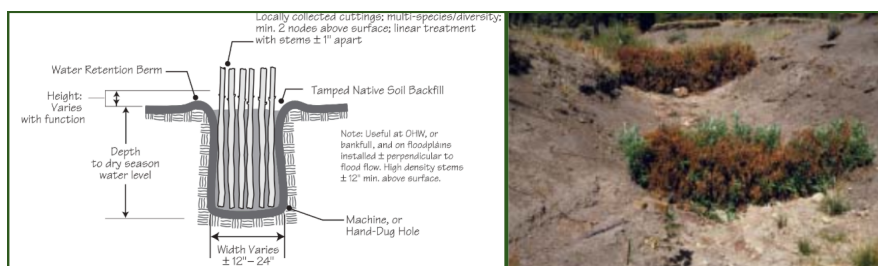
Estabilização de processo erosivo

SILTAÇÃO VIVA (TRENCH PACKING/ LIVE SILTATION)

Apresentação da técnica: É composta por trincheiras preenchidas de solo e rochas, perpendiculares ao agente erosivo, com estacas em seu interior, de forma a criar um local favorável para a retenção de sedimentos presentes no escoamento superficial. Devem ser alocadas estrategicamente para garantir a passagem da água pela estrutura.

Quando replicar: Age como barreira para o escoamento superficial, devendo ser implantada no "caminho da água". A técnica permitem a retenção dos sedimentos e a redução da velocidade do escoamento pluvial e dos ventos, reduzindo também o potencial erosivo desses agentes. Sua estrutura adiciona resistência aos solos.

Limitações: Requer solo fértil. A vegetação não crescerá se os caules estiverem completamente expostos.



Fonte: Eubanks; Meadows (2002)



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP



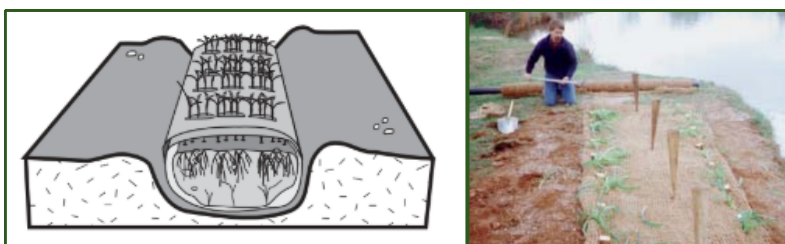
Estabilização de processo erosivo

PLANT ROLL (TÚNEL DE PLANTAS)

Apresentação da técnica: Nessa técnica, diferente do tapete, o tecido utilizado como base da estrutura fica envolto na terra onde estão as sementes. O material do tecido protege o sedimento e as raízes, retém umidade do solo e permite que as plantas germinem.

Quando replicar: Essa técnica pode ser utilizada em margem de lagos e riachos para reintroduzir vegetação ao local. É um destaque para locais com solos frágeis e instáveis e onde a semeadura não é aplicável, como em locais com nível d'água flutuante. Também podem reter sedimentos presentes no escoamento superficial pluvial, em casos de ambientes com histórico de processos erosivos.

Limitações: Demanda pré-fabricação dos rolos antes das obras e é dificultosa a sua aplicação em grandes áreas.



Fonte: Eubanks; Meadows (2002)



Revitalização de curso d'água



Estabilização de margem



Restauração de APP



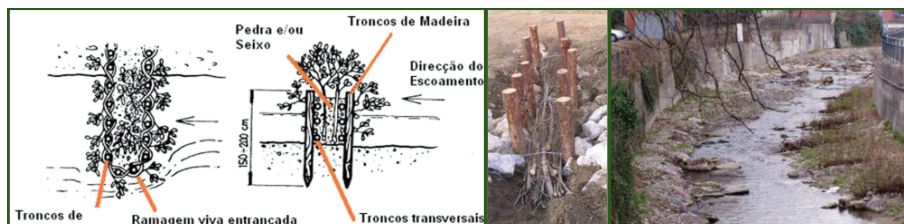
Estabilização de processo erosivo

DEFLECTORES (ESPORÕES) VIVOS

Apresentação da técnica: Construção feita no leito do curso d'água, em parte da seção, com uso de madeira, pedra e material vegetal vivo; colocada transversalmente ou longitudinalmente em relação ao escoamento das águas.

Quando replicar: É uma técnica que auxilia na redução da velocidade das águas fluviais e retenção de materiais ao criar locais prioritários para a deposição de material sólido. Um benefício adicional dessa técnica é a possibilidade de estabelecer pontos de refúgio para a fauna.

Limitações: Podem causar erosão na margem oposta, caso não sejam bem dimensionados, e demandam grandes quantias de material vivo para sua construção. Os materiais são passíveis de biodegradação, de forma que tem ação limitada no tempo.



Fonte: Fernandes; Freitas (2011)

REFERÊNCIAS

EUBANKS, Charlotte; MEADOWS, Dexter. A soil bioengineering guide for streambank and lakeshore stabilization. US Department of Agriculture Forest Service, Technology and Development Program, 2002. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=7kDhKmFRU0C&ots=ICDKSgDZJS&dq=A%20Soil%20Bioengineering%20Guide&hl=pt-BR&pg=PR7#v=onepage&q=A%20Soil%20Bioengineering%20Guide&f=false>

FERNANDES, João Paulo; FREITAS, Aldo Renato Mendes de. Introdução à engenharia natural. 2011. ISBN 978-989-97459-5-7. 2011. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/3756>

PLANTVERDE. Plantio de encostas, aterros ou taludes por hidrossemeadura. Disponível em: <https://plantverd.com.br/o-que-fazemos/51706/plantio-de-encostas-aterros-ou-taludes-por-hidrossemeadura>. Acesso em: fev. 2025.

REZENDE, Jozrael Henriques; TOGNETTI, Érica Rodrigues. (2020). Drenagem Sustentável e Revitalização de Rios Urbanos no âmbito do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/346007149_DRENAGEM_SUSTENTAVEL_E_REVITALIZACAO_DE_RIOS_URBANOS_NO_AMBITO_DO_COMITE_DA_BACIA_HIDROGRAFICA_DO_TIETE-JACARE.

SOUSA, R. S. ; KETTENHUBER, P. L. W. ; DENARDI, L. ; SUTILI, F. J. . Plantas para Engenharia Natural. CIÊNCIA & AMBIENTE, v. 51, p. 1-127, 2023.



PDSRR

PROGRAMA DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL E
REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS - UGRHI 13

COMPÊNDIO DE REVITALIZAÇÃO DE RIOS

Programa de Drenagem Sustentável e Revitalização de Rios Urbanos

