



# Estudo de caso: bioengenharia de solos em segmento de margem do Arroio Viúva Tereza no município de São Lourenço do Sul - Rio Grande do Sul

## **AUTORES:**

**Aline Ceolin, Camila Zanetti, Débora Bortoli Sartori, José Fernando Leite Bueno e  
Sílvia Olinda Soares Aurélio**

## RESUMO

Na execução de obras deve-se buscar técnicas para evitar, atenuar ou combater os efeitos prejudiciais da remoção da mata ciliar sobre o solo das margens de cursos hídricos e à qualidade destes. A recuperação desses ambientes pode ser feita através de técnicas de bioengenharia de solos, que consistem no uso de elementos biologicamente ativos associados a elementos inertes em obras de estabilização de solos e taludes. Este trabalho tem por objetivo descrever o projeto realizado na margem do arroio Viúva Tereza, no município de São Lourenço do Sul/RS, onde em função das obras de duplicação da BR-116/RS foi necessária a realização de um desvio do curso hídrico. A aplicação de técnicas de bioengenharia de solos teve como objetivo a estabilização da margem do arroio após a intervenção e restauração da sua condição mais próxima a original.

## PALAVRAS-CHAVE

BR-116/RS; Bioengenharia de solos; Arroio Viúva Tereza

## INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Uma das principais funções ecológicas das matas ciliares é proteger o solo das margens dos rios, impedindo o aporte de sedimentos ao leito, conservando assim, a quantidade e a qualidade da água. As margens dos cursos d'água estão sujeitas à ação do processo natural de erosão, quando o solo erodido é transportado e depositado em pontos mais baixos do leito do rio, assoreando-o. Obras de drenagem, aumento da vazão dos rios ou alterações no curso d'água determinam a velocidade com que este processo ocorre, que tem como o principal agente a água. Ela atua de maneira incisiva sobre a estabilidade de encostas e taludes tornando as medidas para disciplinar, conter ou retirar o aporte d'água essenciais para manter o equilíbrio em locais de instabilidade (DURLO e SUTILI, 2005).

Os problemas decorrentes do comportamento processual natural dos cursos de água podem ser resultantes ou agravados pelas ações antrópicas e, representam tanto perdas econômicas como situações de riscos, tais como assoreamento e desabamento de margens (SUTILI, 2007). As técnicas de bioengenharia podem ajudar ou até mesmo resolver os problemas em encostas, taludes e cursos d'água. Tais técnicas consistem em combinar o conhecimento das exigências e características biológicas da vegetação com a construção de obras simples e de custo reduzido, promovendo a estabilização, proteção e recomposição de segmentos e/ou a totalidade de locais comprometidos por processos erosivos (COUTO *et al.*, 2010; DURLO e SUTILI, 2005).

Este trabalho descreve a técnica de bioengenharia de solos realizada em um trecho da margem esquerda do arroio Viúva Tereza, localizado no km 471 da BR-116/RS no município de São

Lourenço do Sul/RS, onde em função das obras de duplicação da rodovia foi necessária a realização de um desvio do curso hídrico (corta-rio), permitindo a construção de uma nova ponte. A aplicação de técnicas de bioengenharia de solos teve como objetivo a estabilização da margem do arroio após a realização das obras e restauração da sua condição mais próxima a original.

## Contextualização

A BR-116 tem origem no município de Fortaleza/CE e percorre o Brasil de norte a sul até a fronteira com o Uruguai, com uma extensão total de 4.534 km. A duplicação que está sendo executada no estado do Rio Grande do Sul restringe-se ao subtrecho entre os municípios de Guaíba e Pelotas, com uma extensão total de 211,22 km, abrangendo diversos municípios, tais como Guaíba, Barra do Ribeiro, Tapes, Arambaré, Camaquã, São Lourenço do Sul e Pelotas (STE, 2009).

O empreendimento possui Licença de Instalação (LI) emitida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), sendo que para a atividade descrita neste artigo foi necessária a aprovação do órgão. A outorga para o empreendimento foi emitida pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente (STE, 2013).

A área de estudo, no arroio Viúva Tereza, está localizada no km 471 da BR-116/RS, no município de São Lourenço do Sul. A Figura 1 a seguir mostra a localização da área de estudo.

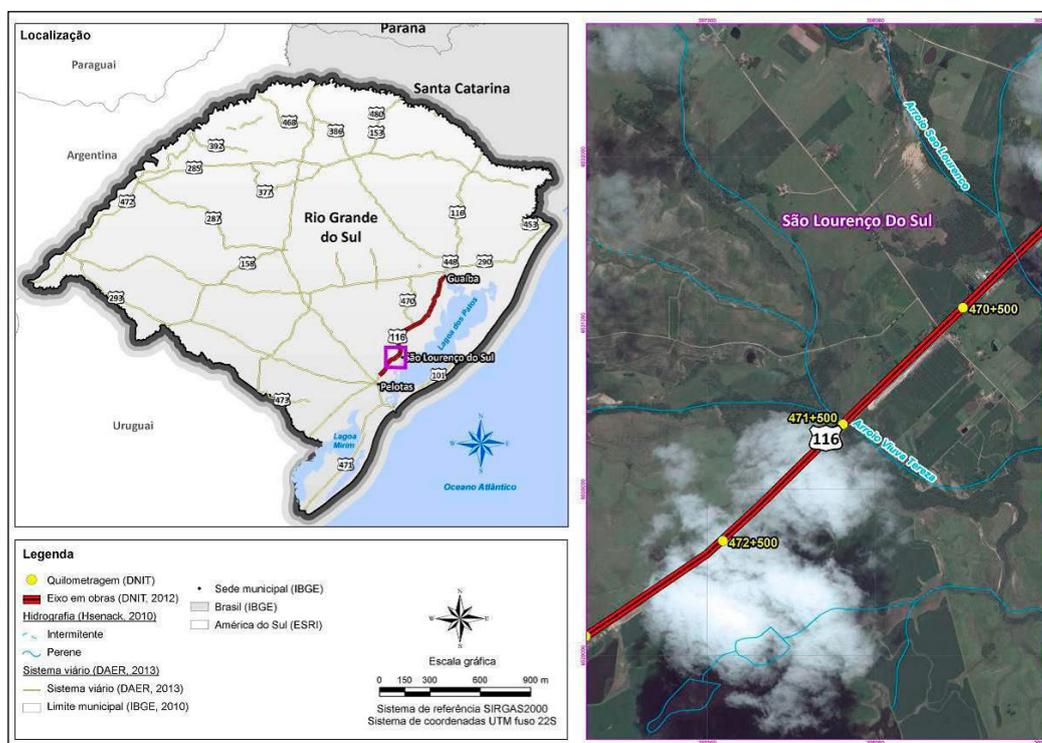


Figura 1: Localização da área de estudo

Depois de concluídas as obras de construção da ponte e realizada a retificação do curso d'água, os segmentos de margem do arroio ficaram expostos e com isso ocorreu a necessidade de adotar medidas eficazes para estabilizar e revegetar as margens do mesmo, a fim de evitar processos erosivos e o carreamento do material para o leito. A implantação do projeto no local visou principalmente a proteção da margem esquerda do arroio, a mais afetada pela intervenção, através de técnicas de bioengenharia de solos e o aproveitamento de material vegetal disponibilizado na própria obra, ou seja, sem custos, além de utilizar a mão-de-obra e maquinário da Construtora responsável pela duplicação no trecho onde localiza-se o objeto de estudo.

## METODOLOGIA

Inicialmente foram analisados os materiais disponíveis na área para a definição do tipo de projeto a ser executado e espécie a ser utilizada. O projeto de bioengenharia escolhido consistiu na construção de uma esteira viva protegida com grade de bambu, a construção de uma Parede Krainer simples e enrocamento final para aumentar a resistência contra a ação da correnteza. Segundo Durlo e Sutili (2005), esteira viva é descrita como: “ramos no seu máximo comprimento dispostos acompanhando a inclinação do talude, com as suas bases dentro da água, firmemente presas por pedras e/ou troncos”. Quando possível de ser implantado, este método produz os efeitos protetivos mais rápidos, sendo eficiente em taludes nos quais a força da água é de impacto frontal. Já a Parede Krainer é um muro de suporte gravítico, formado por uma estrutura de madeira, a qual pode apresentar diferentes configurações, dependendo do objetivo de aplicação.

A espécie escolhida para a fixação da margem foi o *Phyllanthus sellowianus*, conhecido popularmente como sarandi ou sarandi-branco. O sarandi pertence ao grupo das reófitas, plantas que ocorrem exclusivamente ou preferencialmente na zona ripária de cursos d'água. É um arbusto de 2 a 3 m de altura, de caule e ramos rijos, flexíveis, resistente durante as enchentes, indicada para fixar os terrenos contra as fortes correntezas das águas (DURLO e SUTILI, 2005). Para Denardi (2007), a espécie *Phyllanthus sellowianus* pode ser utilizada em praticamente todas as situações em que seja necessário estabilizar e/ou proteger taludes fluviais. Pela notável flexibilidade de seus caules nos primeiros anos, que proporcionam excelente proteção física, e também por serem plantas reófitas, são comprovadamente indicados para o uso junto à linha d'água. O pequeno porte dessas espécies permite que as mesmas se desenvolvam normalmente sobre os taludes fluviais.

Após as definições de método e espécies a serem utilizados, foram identificados, selecionados e separados os materiais de origem vegetal disponíveis ao longo da obra necessários para a execução do projeto, como troncos de eucaliptos e de jerivás provenientes de áreas de supressão de vegetação para compor a Parede Krainer, bambus para formação das tramas de fixação da esteira viva e ramos de *Phyllanthus sellowianus* para compor a esteira viva. A fase inicial de execução do projeto consistiu na coleta dos ramos de *Phyllanthus sellowianus* (Figura 2) com 1,5 a 2 m de altura, encontrados abundantemente nas margens do arroio

Evaristo, no km 429 da BR-116/RS, no município de Cristal/RS. Os ramos foram deixados em contato com a água para não ocorrer perda de vitalidade até o momento do plantio. Posteriormente deu-se início a conformação das margens do arroio Viúva Tereza, em um ângulo de repouso (45° ou maior) para impedir a movimentação de solo (Figura 3).



**Figura 2:** Coleta de ramos de *Phyllanthus sellowianus* no arroio Evaristo para a confecção dos feixes vivos. Coord. UTM: 399596/6567653 – 22S. Março 2014



**Figura 3:** Conformação das margens do arroio Viúva Tereza, em ângulo de 45°. Coord. UTM: 399596/6567653 – 22S. Março 2014

Após iniciou-se a construção da Parede Krainer, composta por uma fileira de estacas de eucalipto de 2 m cravadas verticalmente no solo, com espaçamento de 1,5 m entre si, para posteriormente receber as toras sobrepostas longitudinalmente ao talude e, a esteira viva. O plantio de estacas, ou o uso de feixes vivos em associação com revestimento inerte serve para acelerar e garantir a estabilidade das margens no futuro e para melhorar o aspecto estético (DURLO e SUTILI, 2005). Para construção da esteira viva, os ramos de *Phyllanthus sellowianus* foram dispostos verticalmente no talude, com a base em contato com a água e fixados na margem do arroio com o uso de tramas de bambus presas nas estacas cravadas no solo. Na sequência são apresentadas as fotos da construção da Parede Krainer no local.



**Figura 4:** Estacas de eucalipto sendo cravadas na margem do arroio Viúva Tereza – construção da Parede Krainer. Coord. UTM: 399596/6567653 – 22S. Março 2014



**Figura 5:** Disposição dos ramos de *Phyllanthus sellowianus* como feixes vivos entre as toras de madeira. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 399596/6567653 – 22S. Março 2014



**Figura 6:** Confeção das tramas de bambu para fixação dos feixes vivos. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 399596/6567653 – 22S. Março 2014



**Figura 7:** Ramos de *Phyllanthus sellowianus* fixados com as tramas de bambu. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/ 6530260 – 22S. Março 2014

Para Durlo e Sutili (2005), o revestimento das margens com madeira, blocos de pedras ou sua combinação tem por finalidade organizar e fixar materiais de maneira a conseguir o máximo de estabilidade e proteção física imediata. Nesse sentido, foram sobrepostas duas toras longitudinalmente à base das estacas de *Phyllanthus sellowianus* e amarradas às toras verticais, para não flutuarem com o aumento do nível do arroio (Figura 8 e Figura 9). Após dispostos e fixados, os ramos de *Phyllanthus sellowianus* foram cobertos com uma fina camada de solo para auxiliar no enraizamento (Figura 10 e Figura 11). Posteriormente a verificação da cheia do arroio e arraste de duas toras que não foram amarradas à estrutura, foram dispostas pedras na base do talude para promover maior resistência ao fluxo de água e evitar o desabamento das margens (Figura 12 e Figura 13).



**Figura 8:** Tora de eucalipto sendo disposta longitudinalmente à margem do arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/ 6530260 – 22S. Março 2014



**Figura 9:** Amarração das toras para melhor fixação. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/ 6530260 – 22S. Março 2014



**Figura 10:** Fixação das tramas de bambu. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/ 6530260 – 22S. Março 2014



**Figura 11:** Projeto de bioengenharia de solos em conclusão. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/ 6530260 – 22S. Março 2014



**Figura 12:** Pedras alocadas na margem após a conclusão do projeto de bioengenharia de solos. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/ 6530260 – 22S. Março 2014



**Figura 13:** Pedras alocadas na margem. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/6530260 – 22S. Abril 2014

## RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO DOS DADOS

Dois meses após a conclusão do projeto de bioengenharia de solos verificou-se o início da brotação dos ramos de *Phyllanthus sellowianus*, como pode ser visto na Figura 13. Conforme Durlo e Sutili (2005), essa espécie se reproduz vegetativamente muito bem, o que pode ser demonstrado pela sua capacidade de pega e por providenciar um grande número de raízes logo após o plantio, revelando um enraizamento denso. A espécie mostrou ser tanto flexível, como resistente à danos, características muito importantes no ambiente fluvial. O porte arbustivo, a capacidade de inclinar-se durante as cheias e de sobreviver longos períodos de submersão a torna especialmente adequada às áreas mais próximas ao nível da água.

Na margem do arroio onde a Parede Krainer foi instalada não houve processo erosivo e a bioengenharia de solos se manteve estabilizada ao longo do tempo. No entanto, no canal meandrante do arroio devido as curvas, nas frequentes cheias, o material orgânico acabou sendo arrastado, dificultando o estabelecimento da vegetação e consequente estabilização deste local. No entanto, com o passar do tempo verificou-se o estabelecimento da regeneração natural da vegetação nesta área, contribuindo na estabilização do terreno. O registro fotográfico apresentado na sequência mostra o desenvolvimento da vegetação e situação do projeto de bioengenharia na margem do arroio Viúva Tereza nos meses seguintes a implantação.



**Figura 14:** Desenvolvimento dos ramos de *Phyllanthus sellowianus*. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/6530260 – 22S. Junho 2014



**Figura 15:** Desenvolvimento dos ramos de *Phyllanthus sellowianus* e situação do projeto de bioengenharia de solos em momento de cheia do arroio. Coord. UTM: 397786/6530260 – 22S. Outubro 2014



**Figura 16:** Desenvolvimento dos ramos de *Phyllanthus sellowianus*. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/6530260 – 22S. Fevereiro 2015



**Figura 17:** Desenvolvimento dos ramos de *Phyllanthus sellowianus*. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/6530260 – 22S. Outubro 2015



**Figura 18:** Área adjacente a Parede Krainer com instalação de vegetação inicial e bioengenharia de solos estável. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/6530260 – 22S. Fevereiro 2016



**Figura 19:** Desenvolvimento dos ramos de *Phyllanthus sellowianus*. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/6530260 – 22S. Fevereiro 2016



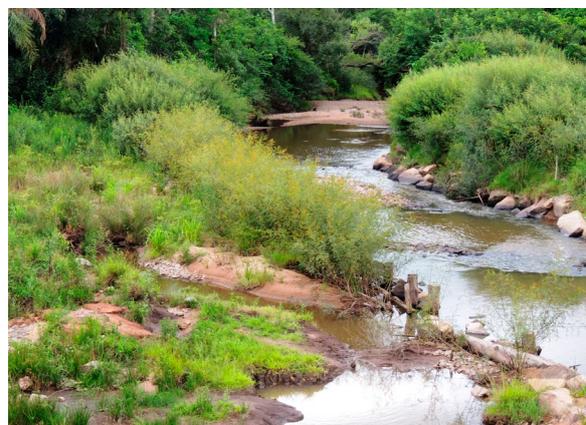
**Figura 20:** Desenvolvimento dos ramos de *Phyllanthus sellowianus* e situação do projeto de bioengenharia de solos. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/6530260 – 22S. Dezembro 2016



**Figura 21:** Área adjacente a Parede Krainer com instalação de vegetação inicial e bioengenharia de solos estável. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/6530260 – 22S. Janeiro 2017



**Figura 22:** Situação do projeto de bioengenharia de solos. Coord. Arroio Viúva Tereza. UTM: 397786/6530260 – 22S. Março 2017



**Figura 23:** Situação do projeto de bioengenharia de solos. Arroio Viúva Tereza. Coord. UTM: 397786/6530260 – 22S. Junho 2017

De acordo com um estudo conduzido por Ceolin (2015), que objetivou verificar o restabelecimento da vegetação no local após a implantação do projeto de bioengenharia de solos, a sucessão natural no segmento de margem do arroio Viúva Tereza está em fase inicial. Foram encontradas no segmento da margem esquerda do arroio Viúva Tereza a ocorrência de 39 espécies vegetais, sendo de 17 famílias. Neste estudo foram realizados dois levantamentos da vegetação presentes na margem desse arroio, um realizado em março de 2015 e outro em julho do mesmo ano, onde foi constatada a substituição de espécies do levantamento fitossociológico I para o levantamento II, assim como o aumento da cobertura de algumas espécies. Através de visitas periódicas na área de estudo verificou-se principalmente o desenvolvimento de indivíduos de porte gramíneo-herbáceo com caráter pioneiro, desenvolvimento rápido e capacidade de cobertura superficial do solo, evidenciando o início da recuperação ambiental da área.

## CONCLUSÃO

O projeto implantado mostrou-se uma técnica eficiente no controle da erosão das margens de cursos d'água e estabilização das mesmas, podendo ser utilizado facilmente em outras situações semelhantes devido a intervenções para obras rodoviárias, visto a disponibilidade de materiais e mão de obra nesses casos.

As estacas de *Phyllanthus sellowianus* resistiram às chuvas e ao comportamento torrencial do arroio Viúva Tereza contribuindo na estabilização da Parede Krainer. Além disso, as estacas se desenvolveram rapidamente e contribuíram na revegetação inicial da margem, propiciando o desenvolvimento de outras espécies de fase inicial de sucessão.

Com relação à Parede Krainer, algumas toras dispostas longitudinalmente foram levadas pelas enxurradas, estas provavelmente foram mal fixadas ou ficaram sem fixação quando executado o projeto. Portanto, em um aspecto geral a Parede Krainer apresentou boa estabilidade. Especialmente quando se utiliza como material inerte a madeira, espera-se que com o passar do tempo a vegetação possa assumir integralmente a responsabilidade de estabilizar o local (margem).

Após a conclusão do projeto e as frequentes cheias que ocorrem na região, verificou-se o escoamento de água para a área adjacente a margem esquerda do arroio ocasionando processo erosivo, tombamento dos arbustos que ocorriam naturalmente e arraste das mudas que foram plantadas no local. A remoção do material orgânico dificultou o estabelecimento de nova vegetação neste local, porém, observa-se a instalação de algumas espécies. Espera-se que com o desenvolvimento das plantas já instaladas, ao longo do tempo a área se estabilize naturalmente, adquirindo maior resistência as cheias do arroio.

## REFERÊNCIAS

BACKES, Albano; NARDINO, Mariluz. **Árvores, arbustos e algumas lianas nativas no Rio Grande do Sul**. São Leopoldo, RS: Ed. Unisinos, 1998.

CECONI, Denise E. **Diagnóstico e recuperação da mata ciliar da Sanga Lagoão do Ouro na Microbacia hidrográfica do Vacacaí-Mirim, Santa Maria-RS**. 2010. 132 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

CEOLIN, Aline. **Avaliação da regeneração natural da vegetação promovida pela bioengenharia de solos nas margens do arroio Viúva Tereza, São Lourenço do Sul - RS**. 2015. 74 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Avaliação de Impactos Ambientais, Centro Universitário La Salle, Canoas, 2015.

COUTO, Laércio et al. **Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil**. Boletim Técnico CBCN, Viçosa, MG, n. 1, p. 118, 2010. Disponível em: <[www.cbcn.org.br/arquivos/p\\_tecnicas\\_brasil\\_853272915.pdf](http://www.cbcn.org.br/arquivos/p_tecnicas_brasil_853272915.pdf)>. Acesso em: 27 abr. 2014.

DENARDI, Luciano. **Anatomia e flexibilidade do caule de quatro espécies lenhosas para o manejo biotécnico de cursos de água**. 2007. 112 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

DURLO, Miguel A.; SUTILI, Fabrício J. **Bioengenharia: manejo biotécnico de cursos de água**. Porto Alegre, RS: EST Edições, 2005.

PINTO, Gabriela. M. **Bioengenharia de solos na estabilidade de taludes: comparação com uma solução tradicional**. 2009. 76 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SOBRAL, Marcos et al. **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2. ed. São Carlos, SP: RiMa, 2013.

STE - SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S.A. **Estudo de Impacto Ambiental do Projeto de Adequação da Capacidade e Duplicação da Rodovia BR-116/RS**. Relatório técnico não publicado. 2009, 1270 p.

STE - SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S.A. **Projeto de Plantio Compensatório: Arroio Viúva Tereza, BR-116/RS**. Relatório técnico não publicado. 2013.

SUTILI, Fabrício J. **Bioengenharia de Solos no Âmbito Fluvial do Sul do Brasil**. 2007, 95 p. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Civil e Perigos Naturais, Instituto de Bioengenharia de Solos e Planejamento da Paisagem, Universidade Rural de Viena, Viena, 2007.

SUTILI, Fabrício J.; DURLO, Miguel A.; BRESSAN, Delmar A. **Potencial biotécnico do sarandi-branco (*Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg.) e vime (*Salix viminalis* L.) para revegetação de margens de cursos de água**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 13-20, 2004.

SOLEIRA, Maria Lúcia. **Bioengenharia de solos na proteção de cursos d'água**. Ed. 149, agosto de 2009. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/149/artigo-bioengenharia-de-solos-na-protecao-de-cursos-dagua-285772-1.aspx>>. Acesso em: 27 abr. 2014.