

## IV-050 - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MARCOS - RS

**Jardel Cocconi<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental graduado pela Universidade de Caxias do Sul - UCS.

**Vania Elisabete Schneider**

Graduada em Licenciatura Plena e Bacharelado em Biologia pela Universidade de Caxias do Sul, Especialista em Metodologia da Pesquisa e do Ensino Superior - Área de Concentração: Educação Ambiental; Mestre em Engenharia Civil - Área de Concentração - Recursos Hídricos e Saneamento pela Universidade Estadual de Campinas, Doutora em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Gisele Cemin**

Graduada em Ciências Biológicas pela UNIVATES, mestre em Sensoriamento Remoto pelo Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutoranda em Sensoriamento Remoto pela UFRGS.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Tronca, 1729 – Bairro Exposição – Caxias do Sul - RS - CEP: 95010-100 - Brasil - Tel: +55 (54) 3039-3830 - e-mail: [jardel@ambiatica.com.br](mailto:jardel@ambiatica.com.br).

### RESUMO

A antropização das bacias hidrográficas brasileiras é cada vez mais evidente na medida em que a urbanização se amplia para as zonas rurais. Nesse contexto, figura o aporte de nutrientes e sedimentos nos corpos hídricos da porção nordeste do Rio Grande do Sul como consequência das ações antrópicas locais. Essa realidade requer medidas de proteção, preservação e recuperação de modo a compensar a construção de obras com grandes impactos ambientais. Visando suprir essa lacuna, o presente trabalho previu a recuperação de 11 áreas ripárias da bacia hidrográfica do rio São Marcos. Nessas zonas núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica foi prevista a inserção de espécies de *Psidium cattleianum*, *Mimosa scabrella* e *Schinus terebinthifolius* por hidrossemeadura natural, além da proposição de uma parede de Krainer de 56 metros de comprimento e 2,20 metros de altura, vegetada por *Phyllanthus sellowianus*.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recomposição de áreas de preservação permanente, hidrossemeadura natural, parede de Krainer.

### INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio São Marcos, localizada na porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul, tem sua grande área inserida nos municípios de Flores da Cunha, Caxias do Sul e São Marcos, abrangendo uma área total de cerca de 404 km<sup>2</sup>. O exutório da referida Bacia é caracterizado pela grande concentração de atividades agrossilvipastoris e presença de uma PCH (Pequena Central Hidrelétrica), já a porção montante possui maior concentração de áreas ripárias preservadas.

A ocupação das zonas ripárias do rio São Marcos compreende diferentes usos, dentre os quais destacam-se as atividades de agricultura e pecuária como majoritárias. São observadas em sua maioria, culturas de hortaliças, uva, milho, batata e alho. Segundo Christofolletti (1974) apud Mastella (2012), todos os acontecimentos que ocorrem na bacia de drenagem repercutem nos rios, de forma direta ou indireta. Nesse contexto figuram os sedimentos gerados na bacia e os nutrientes provenientes do carreamento desses sedimentos como fontes poluidoras. De acordo com Tucci (2006), o desenvolvimento urbano acarreta no significativo aumento de sedimentos produzido pela bacia hidrográfica. Citam-se obras civis como construções, novos loteamentos, arruamentos, e outros que, direta ou indiretamente agravam problemas ambientais.

Aos fenômenos de erosão e perda de sedimentos nas áreas ripárias atribuem-se diversos fatores como causadores. Sutilli, Durlo e Bressan (2004) apud Mastella (2012) mencionam como influentes: a quantidade, intensidade e duração das precipitações, tipo de solo local, profundidade e teor de umidade, além da cobertura vegetal e características biotécnicas da cobertura vegetal das margens. A erosão laminar ocorre quanto há

saturação dos macroporos, ausência de infiltração de água e um conseqüente escoamento difuso pela superfície do solo (Fernandes, 2009; Reichmann Neto, 1981).

Um efeito decorrente do excesso de deposição e transporte de sedimentos é visualizado nos reservatórios para captação e geração energética na medida em que há diminuição do volume útil dos mesmos. Isso se deve ao acúmulo dos sedimentos na zona bentônica dos reservatórios, provocando diminuição do volume útil para armazenamento e alterações visíveis na qualidade da água. Tais situações foram observadas nos trabalhos de Cabral *et al.* (2009), Ibanez *et al.* (1998), Bandeira *et al.* (2011) e Bandeira *et al.* (2012).

Portanto, visualiza-se como fundamental o conhecimento dos processos naturais e antropogênicos de carregamento de sedimentos nas bacias hidrográficas. A quantificação destes e provisão de minimização da geração podem ser afirmadas como ferramentas para a instituição de medidas de controle e recuperação de áreas ripárias degradadas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho objetiva a identificação e determinação de técnicas de controle, mitigação e remediação de danos às Áreas de Preservação Permanente. O enfoque principal se dá ao aporte de nutrientes e sedimentos nos cursos hídricos naturais superficiais.

São objetivos específicos do trabalho:

- Caracterizar zonas críticas ripárias quanto ao uso do solo;
- Definir áreas de intervenção baseado nas APP's reduzidas segundo legislação vigente;
- Proposição de medidas estruturantes de controle, mitigação e recuperação das áreas de intervenção ripárias.

Segundo o Código Florestal (Lei Nº 12.651), as faixas marginais para cursos d'água naturais perenes e intermitentes devem apresentar as seguintes dimensões:

- “a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura.” (BRASIL, 2012)

Para tal, as dimensões citadas são revistas em situações específicas. É o caso de áreas de atividades agrossilvipastoris, ecoturismo e turismo rural em APP's consolidadas até 22 de julho de 2008. Para tais, passa a valer o Cadastro Ambiental Rural - CAR, que traz as seguintes situações:

- “ § 1o Para os imóveis rurais com área de até 1 (um) módulo fiscal que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais em 5 (cinco) metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água.
- § 2o Para os imóveis rurais com áreas superior a 1 (um) módulo fiscal e de até 2 (dois) módulos fiscais que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais em 8 (oito) metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água.
- ...” (BRASIL, 2012)

No caso específico da Bacia Hidrográfica do rio São Marcos, foram produzidos mapas de uso do solo utilizando fotografias datadas de março de 2014. As bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7 do satélite Landsat 5 foram sobrepostas com a utilização do software de Sistemas de Informação Geográfica *Idrisi Selva 3.2*. A visualização dos mapas produziu a identificação de áreas mais críticas quanto à ocupação e

antropização, facilitando o passo seguinte de observação direta por fotografias aéreas. O mapa de uso e ocupação do solo pode ser observados na Figura 1.



**Figura 1: Uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do rio São Marcos.**

Partindo de um ponto de vista conservacionista e de preservação das APP's segundo dita a Lei Nº 12.651, foi proposta a metodologia de trabalho. Imagens de fotografias aéreas foram analisadas, partindo-se para definição de áreas ripárias com delimitação inferior ao que prevê a referida Lei por observação direta. As seguintes áreas foram selecionadas mediante análise da Bacia Hidrográfica. A Tabela 1 apresenta as coordenadas geográficas e dimensões das áreas selecionadas.

**Tabela 1: Áreas de intervenção selecionadas**

BACIA DO RIO SÃO MARCOS					
ÁREAS	COORDENADAS		LARGURA APROX. DO CANAL (M)	COMPRIMENTO DA APP (M)	ÁREA (M <sup>2</sup> )
NÚMERO	LATITUDE	LONGITUDE			
1	-29°02'10"	-51°05'25"	14,0	30,0	1.630,0
2	-29°01'46"	-51°02'01"	12,0	50,0	533,0
3	-29°01'32"	-51°02'01"	14,0	50,0	1.566,0
4	-29°00'44"	-50°58'16"	9,0	30,0	2.536,0
5	-29°00'49"	50°57'34"	5,0	30,0	211,0
6	-29°00'56"	-50°57'05"	10,0	30,0	3.063,0
7	-29°01'2"	-50°56'53"	5,0	30,0	3.580,0
11*	-29°01'24"	-50°59'12"	9,0	30,00	5,0 (h), 53,0 (L)
MICRO-BACIA DO ARROIO FAXINAL					
8	-29°02'40"	-51°05'27"	10,0	30,0	990,0
9	-29°02'45"	-51°05'27"	9,0	30,0	813,0
10	-29°03'45"	-51°04'48"	8,0	30,0	154,0

\*as medidas 5,0 (h) e 53,0 (L) referem-se à altura e comprimento da parede de Krainer, respectivamente.

Para as áreas 1 a 10 foi proposta uma metodologia de hidrossemeadura natural que seguiu o modelo de insumos, água e sementes proposto por Basso (2008). Dessa forma, foi considerada a aplicação de 240 gramas de sementes por 60 m<sup>2</sup> de área, ou seja 4 gramas/m<sup>2</sup>. A seleção das sementes/espécies baseou-se (BRASIL, 2011):

- na durabilidade das espécies e resistência ao clima;
- forma de dissipação;
- tamanho das sementes - entre 0,5 cm e 0,8 cm, de modo a evitar a trituração das sementes na aplicação hidromecânica por bombas (Basso, 2008);
- disponibilidade no mercado;
- diversidade de tamanho entre as espécies (heterogeneidade).

As intervenções prevêm a conservação das áreas por introdução das espécies nativas ripárias: Araçá ou araçazeiro (*Psidium cattleianum*); Bracatinga ou bracatinho (*Mimosa scabrella*); Aroeira-vermelha ou aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius*). A razão de aplicação para cada espécie foi de 1:3, sendo que a quantidade foi definida segundo Instituto Brasileiro de Florestas (2013), quanto à quantidade de sementes por determinada massa.

A Figura 2 apresenta um aparato de fotografias aéreas das áreas 1 a 10.

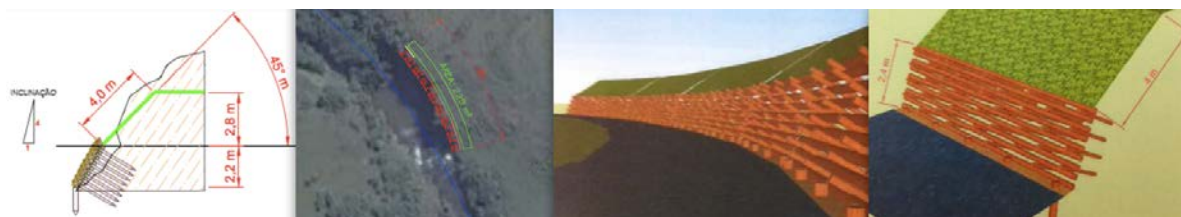


**Figura 2: Áreas de recuperação por hidrossemeadura natural.**

A reconstrução do talude da área 11 foi proposta em 3 etapas:

- remodelagem do talude inferior, onde é realizada a construção da estrutura física da parede. Inclui o piloteamento de estacas estruturantes com alocação de estacas-vivas (longarinas de *Eucalyptus spp.* amarradas às mudas de sarandi-branco) e preenchimento dos espaços internos com pedras e solo realocado das margens;
- remodelagem do talude superior, onde é realizado o chanframento da porção superior e formulação de um perfil plano e resistente à processos erosivos;
- cobertura vegetal da parte superior, onde é feita a aplicação de hidrossemeadura de gramíneas *Cynodon plectostachyus* e implante de mudas de sarandi-branco na parte superior na medida em que as gramíneas são estabelecidas.

A Figura 3 apresenta a área 11 em detalhe e após a reconstrução proposta.



**Figura 3: Área 11 vista por fotografia aérea e após a construção da parede de Krainer.**

## RESULTADOS ESPERADOS

A estimativa da produção de sedimentos foi realizada pela Equação Universal de Perda de Solo (USLE - Universal Soil Loss Equation), e demais variáveis obtidas em Haan *et al.* (1994). Para tal:



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

equação (1)

Onde:

A, estimativa de perda de solo (ton/ha/ano);

R, fator de erosividade em  $Mj.mm/(ha/H/ano)$ , ou a capacidade da chuva em provocar erosão;

K, erodibilidade em  $t.h/(Mj.mm)$ , e está relacionado às propriedades inerentes do solo, como textura, matéria orgânica, estrutura e permeabilidade. Esse fator reflete a suscetibilidade do solo à erosão;

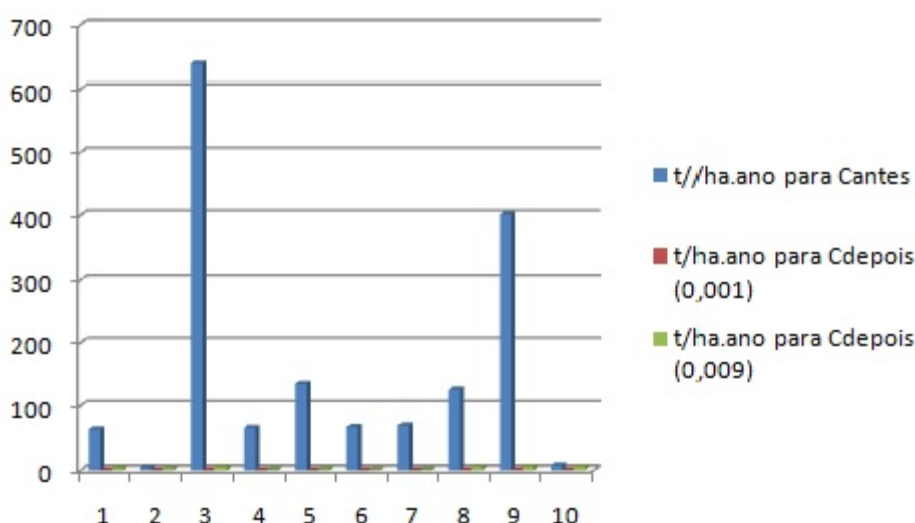
L, fator de comprimento do declive da encosta;

S, fator de declividade da encosta;

C, fator de uso e manejo do solo. Trata-se de uma medida de 0 - para um solo completamente coberto e protegido, à 1 - para um solo completamente exposto;

P, fator relativo à prática conservacionista adotada.

Ao alterar a variável uso do solo C para cada área de intervenção verificou-se que há uma diminuição da produção de sedimentos em mais de 90%. A estimativa de produção de sedimentos após as intervenções é de cerca de 2,1% do sedimento total produzido atualmente.



**Figura 3. Comparativo de produção de sedimentos**

$C_{depois}^a$  é o valor de C para florestas (APP) com 100-75% da área coberta de gramíneas e 100-90% de resíduos verdes (Wischmeier and Smith, 1978 *apud* Haan *et al.*, 1994).  $C_{depois}^b$  é o valor de C para florestas (APP) com 35-20% da área coberta gramíneas e 70-40% de resíduos verdes (Wischmeier and Smith, 1978 *apud* Haan *et al.*, 1994).

Verificam-se ainda diversos benefícios ambientais decorrentes das intervenções nas referidas áreas ripárias. Podem-se citar os seguintes:

- Melhor qualidade da água dos corpos hídricos da bacia. O menor carreamento de sedimentos e nutrientes aos corpos hídricos superficiais acarreta em melhores índices de qualidade da água;
- Menor assoreamento dos rios. As áreas de proteção permanente maiores são mais propensas a absorver sedimentos carreados pelo escoamento superficial. Portanto, o aumento dessas áreas minimiza o carreamento de sedimento e impactos com assoreamento;
- Menor eutrofização dos corpos hídricos da bacia. A menor geração de sedimentos associados a nutrientes acarreta na menor disponibilidade destes nos corpos hídricos, isso reduz efeitos consequentes de eutrofização;
- Menor erosão de taludes ripários. A preservação das APP's evita processos erosivos nas margens de rios e arroios;
- Menores impactos em eventos de cheia. As áreas de proteção permanente são fundamentais ainda, na minimização de impactos de enchentes, diminuindo a velocidade de escoamento, o arraste de materiais e funcionando como zonas de contenção das cheias;

- Minimização dos custos com tratamento de água. A grande geração de sedimentos e nutrientes acarreta em maiores demandas de substâncias flocculantes no tratamento de água. A preservação das APP's reduziria, portanto, a demanda de químicos usados no tratamento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na recuperação de áreas degradadas é bastante efetiva. Isso se justifica quando a recuperação prevê áreas maiores, como bacias hidrográficas e municipalidades como um todo. Nesses casos, podem-se identificar mais áreas passíveis de intervenção através da observação direta das fotografias aéreas e, a partir daí escolher a técnica de remediação mais adequada in loco. A hidrossemeadura natural na recuperação e proteção de áreas ripárias é efetiva sobre o controle da emissão de sedimentos e nutrientes, sobretudo na reconstrução da harmonia paisagística. Para tal, o monitoramento dos resultados é etapa fundamental no planejamento e adoção das técnicas, e dita os resultados obtidos (Durlo e Sutili, 2012; Fernandes e Freitas, 2011).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BANDEIRA, Jefferson V *et al.* Hydrosedimentological studies in the paciencia dam, southeastern Brazil. Lat. Am. j. sedimentol. basin anal., La Plata, \$ v. 19, \$ n. 2, \$ dic. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S185149792012000200002&lng=es&nrm=i](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S185149792012000200002&lng=es&nrm=i)>. Acesso em: 16 de abril, 2014.
2. BANDEIRA, J.V.; SALIM, L.H. & JUNQUEIRA, M.V., 2011. Technical Report number 4 - Análises sedimentológicas e biológicas. Project GT 198 CEMIG/CDTN/CETEC: Environmental evaluation of the Paraibuna River. Belo Horizonte, Brazil.
3. BASSO, Fabiana de Arantes. Hidrossemeadura com espécies arbustivo-arbóreas nativas para preenchimento de áreas degradadas na Serra do Mar. 2008. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Ecologia de Agroecossistemas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-25072008-110225/>>. Acesso em: 2014-03-25.
4. BRASIL. IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa Nº 4, de 13 de abril de 2011.
5. BRASIL. Lei N. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, altera as Leis nos. 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83)>. Acesso: 20 de março de 2014.
6. CABRAL, J.B.P.; FERNANDES, L.A.; SCOPEL, I.; BECEGATO, V.A. & FIORI, A.P., 2009. Evaluation of Sedimentation State in Cachoeira Dourada Reservoir (GO/MG), Brazil. Sociedade & Natureza 21:97-119.
7. CRISTOFOLETTI, A. (1974) Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blucher.
8. DURLO, Miguel Antônio; SUTILI, Fabrício Jaques. Bioengenharia: Manejo Biotécnico de Cursos de Água/ Miguel Antônio Durlo; Fabrício Jaques Sutili. – Santa Maria: Edição do Autor, 2012. 189 p.: il.
9. FERNANDES, J. P. Engenharia Natural: uma engenharia para construir sustentabilidade. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO E DO CARIBE SOBRE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA. 2009. 58p. Anais... Curitiba, 2009.
10. FERNANDES, João Paulo; FREITAS, Aldo Renato Mendes de. Introdução à Engenharia Natural. EPAL - Empresa Portuguesa de Águas Livres, S.A. 2011.
11. Haan, C. T. (Charles Thomas), C.T Haan, B. J. Barfield, J. C. Hayes. 1994. Design hydrology and sedimentology for small catchments. Academic Press.
12. IBANEZ, C.; PRAT, N. & CANICIO, A., 1998. Changes in the hydrology and sediment transport produced by large dams on the lower Ebro River and its estuary. Regulated Rivers: Research & Management 12:51-62.
13. Instituto Brasileiro de Florestas - IBF. Sementes Nativas. 2013. Disponível em: <<http://ibflorestas.org.br/loja/sementes/sementes-nativas.html>>. Acesso em: 01 de maio, 2014.

14. MASTELLA, Alexandre Dal Forno. Recuperação Experimental de um trecho de curso de água com técnicas de Engenharia Natural. 2012. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Florestal) - Manejo Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012. Disponível em: <[http://coral.ufsm.br/ppgef/pdf/DM/DM\\_Alexandre\\_Dal\\_Forno\\_Mastella.pdf](http://coral.ufsm.br/ppgef/pdf/DM/DM_Alexandre_Dal_Forno_Mastella.pdf)>. Acesso em: 25 de março, 2014.
15. REICHMANN NETO, Frederico. Recomposição vegetal com espécies florestais e forrageiras em “Áreas de empréstimo” da Hidrelétrica Governador Parigot de Souza. 1981. Dissertação (Mestre em Ciências - M. Sc.) - Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1981. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/26664/D%20%20REICHMANN%20NETO,%20FREDERICO.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 25 de Março, 2014.
16. SUTILI, F. J.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Potencial biotécnico do sarandi-branco (*Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg.) e vime (*Salix viminalis* L.) para revegetação de margens de curso de água. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 14, n. 1, 2004. p. 13 – 20.
17. TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. Águas doces no Brasil, São Paulo: Escrituras, 2006. 3a ed. p. 399 – 432.
18. Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide planning. Washington, DC: USDA/ARA, 1978.