

O PAPEL DE GRANDES DETRITOS LENHOSOS NA MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA NO CÓRREGO GUAVIRÁ, MARECHAL CÂNDIDO RONDON (PR)

Oscar Vicente Quinonez FERNANDEZ¹

Resumo

Os detritos lenhosos provenientes da vegetação ripária (folhas, galhos e troncos) influenciam significativamente nos processos de erosão e sedimentação de pequenos cursos d'água. Os detritos lenhosos depositados no leito barram parcial ou totalmente a passagem de sedimentos de fundo. Os troncos com diâmetro superior a 10 cm são denominados de GDL (grandes detritos lenhosos). O presente trabalho descreve o papel dos GDL na morfologia do leito e na deposição de sedimentos grossos no trecho superior do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon (PR). O estudo foi executado em três trechos afetados pela presença de GDL, onde foram realizados perfis longitudinais do leito e da lâmina de água, adotando o método de nivelamento geométrico. Os perfis incluem um trecho de dezenas de metros à jusante e a montante da barragem formado por GDL. Cada barragem de GDL gera uma unidade soleira-depressão. Nas soleiras a topografia do leito é plana e ocorre expressiva deposição de sedimentos rudáceos. O volume médio de sedimentos acumulado foi de 17 m³. Imediatamente à jusante das barragens encontram-se depressões estáveis e bem desenvolvidas. As barragens geradas pelos GDL podem permanecer inalteradas por décadas, mostrando o papel regulador das barragens na remoção de sedimentos grossos das bacias de baixa ordem.

Palavras-chave: Morfologia de canal fluvial; Canais de primeira ordem; Grandes detritos lenhosos.

Abstract

The role of large organic debris in morphology and sedimentology in a Guavira stream, Marechal Candido Rondon, Parana state, Brasil

In the bed of the channels of low order, the organic debris from the riparian vegetation (leaves, branches and log) influence significantly in the erosion and sedimentation processes. The organic debris deposited at the bed obstruct partially or totally the passage of bottom sediments. Are defined as larger organic debris (LOD) the woody material at least ten centimeters in diameter. The present work describes the role of LOD in the morphology and sedimentology in the upper reach of the Guavirá stream, municipal district of Marechal Cândido Rondon, western region of Parana State, Brazil. The study was executed in three LOD dams, where thalweg and waterline longitudinal profiles was surveys adopting the method of geometric leveling. The profiles include dozens of meters towards downstream and upstream of the LOD dams. Each LOD dam generates a riffle-pool unit. In the riffle, the surface of the bed is plane and it happens expressive deposition of coarse sediments. The mean volume of sediments storage was of 17 m³. Immediately downstream of the dams are found stable and well developed pools. These features generated by LOD can stay unaffected per decades, showing the paper regulator of the dams in the coarse sediments storage capacity of the stream.

Key words: Channel morphology; Low order channel; Large organic debris.

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - Campus de Marechal C. Rondon - Colegiado do curso de Geografia - Rua Pernambuco, 1777 - Marechal Cândido Rondon (PR) - 85960-000 - E-mail: fernandez@unioeste.br

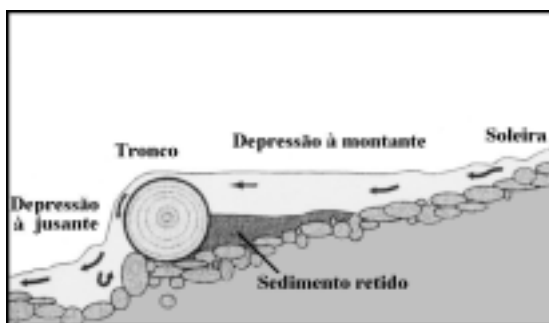
INTRODUÇÃO

Nas cabeceiras de drenagens os detritos lenhosos (*organic debris*) depositados no canal influenciam significativamente na morfologia fluvial, no processo de transporte, armazenamento e seleção de sedimento de fundo e, no gradiente do canal (THOMPSON, 1995, p. 238). Os termos *organic debris* e *woody debris* foram traduzidos ao português como detritos lenhosos por Christofoletti (1999, p. 129) e representam galhos e troncos depositados no canal fluvial, oriundos da vegetação ciliar.

Pesquisadores norte-americanos documentaram a importância das barragens criadas por troncos e galhos no controle do transporte de sedimentos de fundo e na redução do gradiente do canal (MARSTON, 1982; KELLER ; SWANSON, 1979; KELLER ; TALLY, 1979; SWANSON *et al.*, 1984; HOGAN, 1987; LIKENS ; BILBY, 1982 e THOMPSON, 1995). Os detritos lenhosos depositados no canal fluvial chamaram a atenção de geomorfólogos e ecólogos nos últimos anos que um volume da revista *Geomorphology* (Elsevier Science Ed.) foi dedicado para divulgar os últimos trabalhos desenvolvidos sobre o assunto (BROOKS *et al.*, 2003, MONTGOMERY ; PIÉGAY, 2003, JEFFRIES *et al.*, 2003, ABBE ; MONTGOMERY, 2003, WEBB ; ERSKINE, 2003, KRAFT ; WARREN, 2003, CURRAN ; WOHL, 2003, DANIELS ; RHOADS, 2003, HYGELUND ; MANGA, 2003, FAUSTINI ; JONES, 2003, KAIL, 2003 e GOMI *et al.*, 2003).

A Figura 1 mostra as feições topográficas formadas a partir da instalação de uma barragem constituída por um tronco. Este obstáculo cria um nível de base local, formando uma depressão à montante. Se a barragem for estável, a depressão é assoreada com o passar do tempo e transformada em uma soleira. O fluxo que passa pela barragem possui um grande poder erosivo que escava o leito formando uma depressão.

Figura 1 - Perfil esquemático de fluxo e sedimento à montante e jusante de uma barragem de GDL (grandes detritos lenhosos) (Adaptada de Thompson, 1995)



Swanson; Lienkaemper (1978) definiram como grandes detritos lenhosos (GDL), os troncos com diâmetro superior a 10 cm. Este limite foi adotado no presente trabalho. Os GDL podem atuar eficientemente como barragens por períodos que podem variar de 20 a 100 anos (SWANSON; LIENKAEMPER, 1978, SWANSON *et al.*, 1984, HOGAN, 1987).

Nos cursos fluviais que atravessam áreas urbanas, além dos detritos lenhosos, é encontrada uma ampla variedade de fragmentos de materiais manufaturados pelo

homem (tijolos, pneus, plásticos, resto de sofá, etc). Estes artefatos, por serem de menor tamanho do que os troncos desempenham um papel secundário na barragem de sedimentos de fundo. Em canais de primeira ordem e cursos intermitentes, troncos com diâmetro inferior a 10 cm, galhos e folhas podem constituir barragens eficientes (FARIA, 2000).

O presente trabalho discute o papel dos GDL na retenção temporária de sedimentos de carga de fundo e na formação de unidades soleira-depressão no córrego Guavirá, município de Marechal Cândido Rondon (35.000 habitantes), região oeste do Paraná (Figura 2). Desde a nascente até o trecho em estudo, o córrego possui 5 km de extensão e drena 11,12 km². Aproximadamente a metade desta área é ocupada pela sede urbana do município. A outra metade é utilizada na agricultura. O clima da região é do tipo Cfa (classificação climática de Köppen), subtropical, úmido, mesotérmico, com precipitação média anual de 1.600 a 1.700 mm (IAPAR, 1994). O córrego Guavirá corta regolitos originados da alteração de rochas basálticas da Formação Serra Geral, de idade eojurássica-neocretácea (ROCHA-CAMPOS *et al.*, 1988). No tramo em estudo, o córrego Guavirá possui um padrão meândrico encaixado, com profundidade máxima do canal, em nível de margens plenas, é igual 3 m e o índice de sinuosidade igual a 1,70.

DEFINIÇÃO DE SOLEIRAS E DEPRESSÕES

Soleiras e depressões são formas topográficas do leito que se alternam em cursos fluviais caracterizados por gradiente do talvegue inferior a 0,05 e sedimentos de fundo compostos por materiais grossos ($D_{50} > 3$ mm). A soleira constitui trecho do talvegue topograficamente elevado, com fluxo convergente, material de fundo formado por sedimentos grossos e gradiente da lâmina de água superior ao gradiente médio correspondente ao trecho. Por sua vez, a depressão compreende um trecho rebaixado do leito, com fluxo divergente, material do leito formado por sedimentos mais finos e gradiente da lâmina de água inferior à média do trecho.

A origem destas feições está intimamente ligada aos processos erosivos e deposicionais associados ao meandramento (erosão e acreção nas margens e do leito, evolução de barras centrais e laterais). Via de regra, as depressões estão localizadas nas proximidades das curvas e as soleiras nos pontos de inflexão dos meandros (Figura 3).

Para explicar a formação das soleiras e depressões, Keller (1971) formulou a hipótese da reversão da velocidade do fluxo (*"hypothesis of velocity reversal"*). Este fenômeno consiste na variação da velocidade do fluxo nas soleiras e depressões conforme aumenta o nível de água. A velocidade do fluxo próximo ao leito é maior nas soleiras do que nas depressões nas baixas descargas. Por essa razão, os sedimentos finos são removidos das soleiras e depositados nas depressões (remoção seletiva), dando como resultado, o seguinte quadro sedimentológico: as soleiras são capeadas por sedimentos grossos e as depressões por sedimentos finos. Conforme aumenta o nível de água, também aumenta a velocidade do fluxo, caracterizando uma correlação direta entre ambas as variáveis (LEOPOLD; MADDOCK, 1953). Keller (1971) verificou que com o incremento da vazão, a taxa de aumento da velocidade é maior nas depressões do que nas soleiras. Próximo do nível de vazão plena, a velocidade do fluxo nas depressões ultrapassa a velocidade nas soleiras, causando erosão nas depressões e deposição nas soleiras. A este fenômeno, Keller (1971) denominou 'reversão da velocidade'.

Figura 2 - Localização dos trechos em estudo no trecho superior do córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon, oeste do Paraná

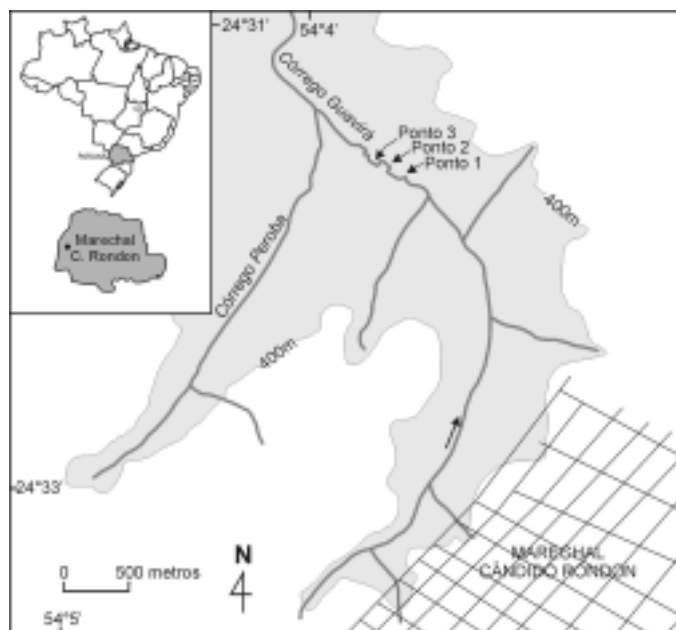
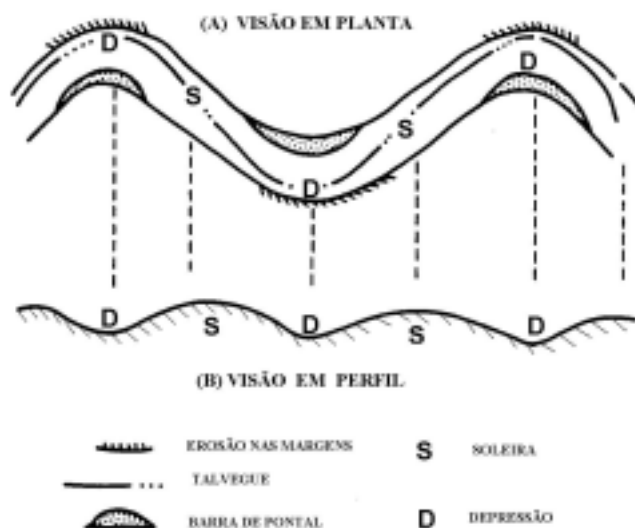


Figura 3 - Diagrama idealizado mostrando o posicionamento de soleiras e depressões nos canais fluviais numa perspectiva planimétrica (A) e ao longo do perfil longitudinal (B) (Adaptada de Keller & Melhorn, 1978)



Soleiras e depressões também podem ser geradas pela presença de obstáculos nos canais, como troncos derivados da vegetação ripária. Lisle (1987) observou que GDL estáveis determinam a posição da soleira. Também constatou que as depressões mais profundas situam-se logo a jusante de afloramentos rochosos ou de barragens de GDL. A mudança no regime de fluxo (fluxo laminar para turbulento) a jusante dos obstáculos favorece a erosão do leito, formando profundas depressões.

ESTUDO DAS SOLEIRAS E DEPRESSÕES NO CÓRREGO GUAVIRÁ.

As características morfológicas e sedimentológicas de soleiras e depressões desenvolvidas no trecho superior do córrego Guavirá foram pesquisadas por Fernandez; Soares (2002), Fernandez *et al.* (2002) e Fernandez (2003 a, b). Estas feições topográficas do leito estão associadas com afloramento de rocha basáltica ou com a presença de barragens estáveis de GDL, formadas por troncos com algumas dezenas de centímetros de diâmetro. A região foi colonizada por colonos gaúchos e catarinenses a partir da década de 1950. Desde então, a vegetação ripária foi removida quase em sua totalidade. As barragens estáveis de GDL encontradas na atualidade são originárias dos desmatamentos ocorridos durante as primeiras décadas da colonização.

Dentre as 13 depressões identificadas no córrego Guavirá por Fernandez ; Soares (2002) num trecho de 250 m, duas foram originadas pela presença de GDL: as depressões D6 e D12 (Figura 4). No presente trabalho, estas depressões são denominadas de pontos 3 e 2 respectivamente (Figura 2). As demais depressões foram originadas pela variação da tensão de cisalhamento durante os períodos de cheias e estiagens.

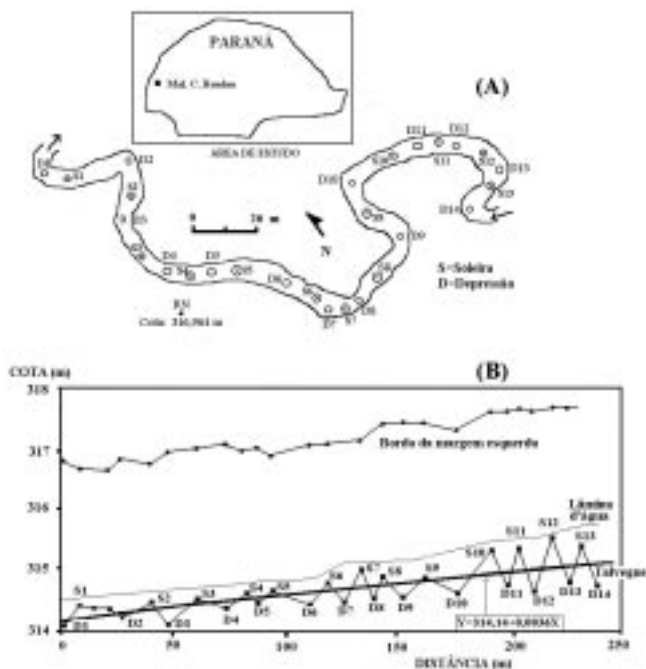
MÉTODOS

No curso superior do córrego Guavirá, foram observadas inúmeras barragens criadas por troncos de vários tamanhos. Geralmente os troncos estão dispostos em posições oblíquas com respeito à direção do fluxo, fazendo com que sua eficácia como barragem seja apenas parcial. Foram selecionadas três barragens constituídas por troncos com diâmetros superiores a 10 cm e posicionados transversalmente à linha de fluxo: pontos 1, 2 e 3 (Figura 2).

Em cada ponto, foram levantados perfis longitudinais do talvegue e da linha da água, tanto a montante como a jusante da barragem de material orgânica, mediante técnica de nivelamento geométrico, tendo como referencia uma cota arbitrária. (100 m). Também foram coletadas amostras de sedimentos de fundo na soleira gerada a montante da barragem e na depressão localizada a jusante do tronco. A circunferência do tronco foi obtida com trena. Para estimar o volume de material retido, foram medidos em campo a largura do canal e o comprimento do depósito de soleira. A espessura média do depósito foi estimada subtraindo o valor da cota do depósito de soleira e a cota da linha imaginária que une o leito nas duas depressões situadas a montante e a jusante da soleira.

A análise sedimentológica do material de fundo coletado nas soleiras e depressões foi realizada por dois métodos: peneiramento convencional para as amostras arenosas e análise manual *in situ* para amostras rudáceas. O último método segue a

Figura 4 - A) Traçado da linha das margens e localização das soleiras e depressões no córrego Guavirá. As soleiras e depressões são numeradas seqüencialmente de jusante para montante. B) Perfis longitudinais da borda da margem, lâmina d'água e talvegue (Fernandez & Soares, 2002)



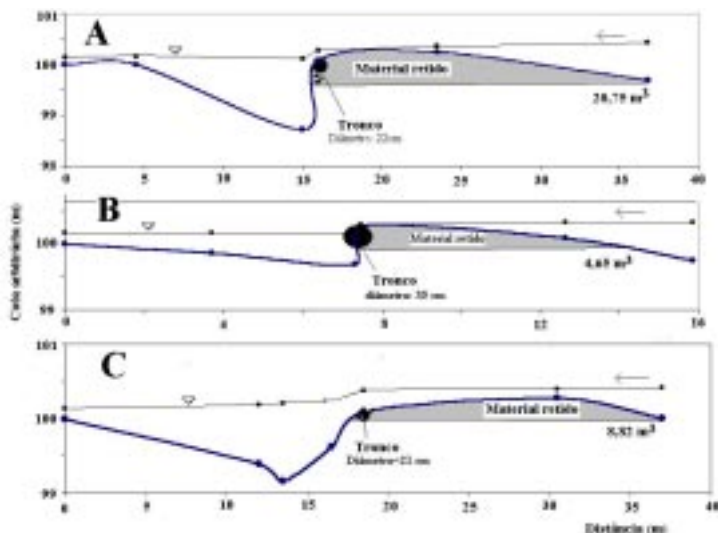
seguinte seqüência: é realizada uma amostragem aleatória de pelo menos 100 partículas na superfície do depósito (Wolman, 1954) e medição do diâmetro intermediário de cada partícula usando um gabarito metálico denominado cascalhometro (HEY; THORNE, 1983, YUZYK, 1986). O cascalhometro empregado neste trabalho por possui 12 aberturas: 2; 4; 8; 11,3; 16; 22,6; 32; 45,3; 64; 90; 128 e 180 mm e foi usado anteriormente por Rohenkohl; Fernandez (2003). Com base no número de partículas retido em cada abertura é realizada a distribuição granulométrica da amostra.

RESULTADOS

Perfil Longitudinal do Leito

Os perfis longitudinais do talvegue e da lâmina da água levantados nos pontos 1, 2 e 3 (Figura 2) são mostrados na Figura 5. Em comparação com as soleiras e depressões formadas pela variação temporal da tensão de cisalhamento do fluxo (FERNANDEZ, 2003b), as originadas pelos GDL apresentam valores de profundidades extremas: as soleiras são mais rasas e as depressões mais profundas. A profundidade residual nas depressões oscila em torno de 1 m e na soleira entre 10 a 20 cm. A profundidade residual é a profundidade da água nos períodos de estiagem.

Figura 5 - Perfil longitudinal à montante e jusante da barragem de GDL nos pontos 1, 2 e 3. O diâmetro dos troncos e a estimativa do volume de material retido são indicados em cada figuras



A eficiência das barragens na retenção de sedimentos de fundo, não depende apenas do diâmetro do tronco, mas também da sua estabilidade e da quantidade de outros detritos que pode reter. No ponto 1 foram observados vários troncos menores que se aglutinaram em torno do tronco principal (22 cm de diâmetro) (Figura 5A). Este conjunto aumentou significativamente a eficácia da barragem, retendo um volume significativo de sedimentos, em comparação com os outros dois pontos estudados.

Sedimentologia dos Depósitos Associados aos GDL.

Após a fixação dos troncos no canal, o regime de fluxo a jusante e a montante da barragem é alterado: a turbulência a jusante é notoriamente maior do que a montante. Os troncos atuam como níveis de base local e favorece o acúmulo de sedimento a montante. Dessa forma, a depressão formada no início da instalação da barragem (Figura 1), dá lugar a uma soleira. O fluxo turbulento formado a jusante das barragens, escavam profundas depressões. Assim é formada uma seqüência soleira-depressão em torno da barragem de GDL.

Na tabela 1 são mostradas as características granulométricas dos sedimentos nas soleiras e depressões nos três pontos estudados. Foram consideradas as principais características granulométricas (D_{16} , D_{50} e D_{84}) e, os coeficientes de gradação e de *Manning*.

Tabela 1 - Características granulométricas dos sedimentos depositados à jusante e montante das barragens de grandes detritos lenhosos (GDL) nos pontos em estudo no córrego Guavirá

Ponto/Feição		Classificação textural (escala Wentworth)	Características granulométricas (mm)			Coeficiente de Gradação σ_{grad}	Coeficiente de Manning (n)
			D ₁₆	D ₅₀	D ₈₄		
1	Montante (soleira)	Seixo	3,09	8,81	19,47	2,53	0,022
	Jusante (depressão)	Areia grossa	0,49	1,00	3,25	2,64	0,015
2	Montante (soleira)	Seixo	19,42	25,97	32,17	3,91	0,026
	Jusante (depressão)	Seixo	1,23	4,59	13,69	3,35	0,019
3	Montante (soleira)	Seixo	0,59	5,50	13,93	5,93	0,019
	Jusante (depressão)	Areia grossa	0,35	0,60	1,45	2,07	0,014

Os percentis D₁₆, D₅₀ e D₈₄ foram obtidos graficamente através da interpretação das curvas granulométricas. O coeficiente de gradação (σ_{grad}) fornece a dispersão da distribuição a partir de percentis fornecidos em milímetro (SIMONS; SENTÜRK, 1992, JULIEN, 1995). Este parâmetro foi calculado a partir da equação:

$$\sigma_{grad} = \frac{\left(\frac{D_{84}}{D_{50}} - \frac{D_{50}}{D_{16}} \right)}{2} \quad (1)$$

O coeficiente σ_{grad} é um parâmetro freqüentemente usado em Engenharia e representa o desvio padrão, em torno do diâmetro médio dos grãos, cuja curva granulométrica é representada por uma lei de distribuição de frequência log-normal. Se todos os grãos do leito tiverem o mesmo diâmetro, diz-se que o leito apresenta uma granulometria uniforme, não degradada. Neste caso, o coeficiente $\sigma_{grad} = 1,0$. O valor do coeficiente de gradação nos pontos estudados no córrego Guavirá variou de 2,07 até 5,93 caracterizando sedimentos com granulometria muito estendida, constituindo leitos degradados.

Chin (1989) descreveu a deposição de sedimentos finos a montante das barragens e o encouraçamento do leito a jusante. Este processo ocorre em áreas com densas florestas e em barragens recém criadas. A pouca disponibilidade de sedimentos rudáceos se deve a proteção do solo pela floresta. No caso do córrego Guavirá, a bacia encontra-se quase totalmente desmatada e as barragens de GDL operam há décadas. Esta longa evolução permitiu a formação de uma extensa soleira, formada por depósitos de sedimentos rudáceos e a escavação de uma profunda depressão à jusante das barragens, onde são depositados sedimentos mais finos.

Também se estimou o coeficiente de rugosidade de Manning (n) dos materiais de fundo através da expressão de Strickler's (1923 apud Richards, 1982, p. 67), aplicável em leitos com proporção significativa de sedimentos rudáceos.

$$n = 0,0151(D_{50})^{1/6} \quad (2)$$

Onde D₅₀ é a mediana da distribuição. Os valores de n estimados para soleiras e depressões selecionadas no córrego Guavirá são apresentados na tabela 1. O coeficiente de rugosidade de Manning varia amplamente em canais naturais (Tabela 2).

Os valores de n na tabela 2 representam a somatória da rugosidade correspondente ao leito e margens (Coeficiente de rugosidade total). Os valores de n estimados neste trabalho (Tabela 1) referem-se apenas à rugosidade do leito nas soleiras e depressões. Por essa razão, os valores do coeficiente de *Manning* no córrego Guavirá são inferiores aos apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Coeficiente de rugosidade de *Manning* (n) para canais naturais (Baptista *et al.*, 2001, p. 260)

Tipo	Características	Rugosidade		
		Mínima	Normal	Máxima
Canais de pequeno porte em planície (largura < 30 m)	Limpos	0,025	0,033	0,045
	Trechos lentos	0,050	0,070	0,080
Canais de pequeno porte me montanhas (largura < 30 m)	Leito desobstruídos	0,030	0,040	0,050
	Leito com matacões	0,040	0,050	0,070
Canais de grande porte (largura > 30 m).	Seções regulares	0,025	-	0,060
	Seções irregulares	0,035	-	0,100
Planícies de inundação	Pastagens	0,025	0,030	0,035
	Culturas	0,020	0,040	0,050
	Vegetação densa	0,045	0,070	0,160

Nos três pontos estudados neste trabalho, foi observado que o diâmetro dos materiais de fundo acumulados nas soleiras apresentam maior calibre, daqueles encontrados nas depressões. Esta situação também se repete nas seqüências de soleiras e depressões, formadas pela variação espacial da tensão de cisalhamento (FERNANDEZ; SOARES, 2002). A diferença na granulometria é maior nos períodos com baixas vazões, quando impera a remoção de sedimentos finos nas soleiras e a posterior deposição destes nas depressões subseqüentes. Este processo de transporte dos materiais de fundo gerou o encouraçamento do leito (predomínio de sedimentos rudáceos na superfície dos depósitos) nas soleiras e a predominância de sedimentos mais finos nas depressões, situadas à jusante das barragens de GDL. Esta situação é bem destacada na Tabela 1.

CONCLUSÃO

As três barragens de GDL estudadas neste trabalho fornecem um quadro morfológico e sedimentológico das soleiras e depressões geradas pelos troncos. O trabalho foi desenvolvido num córrego de segunda ordem, localizado na região oeste do Paraná, que drena grande parte da área urbana da cidade de Marechal Cândido Rondon. Os troncos que constituem as barragens nos pontos estudados derivam da vegetação ripária removida nas décadas de 60 e 70. Os agricultores também constroem barragens com troncos para criar reservatórios de água, usadas na irrigação.

Uns dos papéis benéficos da mata ciliar é fornecer troncos e galhos para formar barragens de GDL e gerar unidades de soleiras e depressões estáveis, que constituem *habitats* físicos essenciais na manutenção dos ecossistemas aquáticos. As barragens de GDL também garantem a permanência temporária de um volume considerado de sedimentos grossos nos trechos superiores das bacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS

- ABBE, T.; MONTGOMERY, D.R. Patterns and processes of wood debris accumulation in the Queets river basin, Washington. **Geomorphology**, v. 51, p. 81-107, 2003.
- BAPTISTA, M.; COELHO, M.M.L.P.; CIRILO, J.A. **Hidráulica Aplicada**. Porto Alegre: Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 2001. 619 p.
- CHIN, A. Step pools in streams channels. **Progress in Physical Geography**, v. 13, p. 391-407, 1989.
- BROOKS, A.P.; BRIERLEY, G.; MILLAR, R. The long-term control of vegetation and woody debris on channel and flood-plain evolution: insights from a paired catchment study in southeastern Australia. **Geomorphology**, v. 51, p. 7-29, 2003.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1999. 236 p.
- CURRAN, J.H.; WOHL, E.E. Large woody debris and flow resistance in step-pool channels, Cascade Range, Washington. **Geomorphology**, v. 51, p. 141-157, 2003.
- DANIELS, M.D.; RHOADS, B.L. Influence of a large woody debris obstruction on three-dimensional flow structure in a meander bend. **Geomorphology**, v. 51, p. 159-173, 2003.
- FARIA, A.P. Influência da vegetação nos processos fluviais de bacias de primeira ordem. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 3, p. 50-68, 2000.
- FAUSTINI, J.M.; JONES, J.A. Influence of large woody debris on channel morphology and dynamics in steep, boulder-rich mountain streams, western Cascades, Oregon. **Geomorphology**, v. 51, p. 187-205, 2003.
- FERNANDEZ, O.V.Q. Mudanças topográficas e sedimentológicas em uma unidade soleira-depressão no córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon, Paraná. **Pesquisa em Geociências**, Porto Alegre, v. 30, n. 1, p. 53-63, 2003a.
- FERNANDEZ, O.V.Q. Determinação da tensão de cisalhamento em unidades soleira-depressão num córrego de cabeceira de drenagem na região oeste do Paraná. In: JORNADA CIENTÍFICA DA UNIOESTE, 2, 2003, Toledo (PR), **Anais...**, Cascavel (PR), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2003 b, 1 CD-ROM.
- FERNANDEZ, O.V.Q.; SOARES, R. Características geométricas, hidráulicas e sedimentológicas de soleiras e depressões no córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon (PR). In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 5, 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2002, p. 159-167.
- FERNANDEZ, O.V.Q.; SANDER, C.; REBELATTO, G. Sequência de soleiras e depressões no córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon, região oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 3, n. 1, p. 49-57, 2002.
- GOMI, T.; SIDLE, R.C.; WOODSMITH, R.D.; BRYANT, M.D. Characteristics of channel steps and reach morphology in headwater streams, southeast Alaska. **Geomorphology**, v. 51, p. 225-242, 2003.
- HEY, R.D.; THORNE, C.R. Accuracy of surface samples from gravel material. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 109, n. 6, p. 842-851, 1983.
- HOGAN, D.L. The influence of large organic debris on channel recovery in the Queens Charlotte Islands, British Columbia, Canada. **Erosion and Sedimentation in the Pacific Rim**. Capital City Graphics, Salem, OR, 1987. 343 p.
- HYGELUND, B.; MANGA, M. Field measurements of drag coefficients for model large woody debris. **Geomorphology**, v. 51, p. 175-185, 2003.

IAPAR - Fundação Instituto Agrônômico do Paraná **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**, Curitiba: IAPAR, 1994.

JEFFRIES, R.; DARBY, S.E.; SEAR, D.A. The influence of vegetation and organic debris on flood-plain sediment dynamics: case study of a low-order stream in the New Forest, England. **Geomorphology**, v. 51, p. 61-80, 2003.

JULIEN, P. **Erosion and Sedimentation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

KAIL, J. Influence of large woody debris on the morphology of six central European streams. **Geomorphology**, v. 51, p. 207-223, 2003.

KELLER, E.A. Areal sorting of bed load material: the hypothesis of velocity reversal. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 82, p. 753-756, 1971.

KELLER, E.A.; MELHORN, W.N. Rhythmic spacing and origin of pools and riffles. **Geological Society of America Bulletin**, v. 89, p. 723-730, 1978.

KELLER, E.A.; SWANSON, F.J. Effects of large organic material on channel form and fluvial processes. **Earth Surface Processes**, v. 4, p. 361-380, 1979.

KELLER, E.A.; TALLY, T. Effects of large organic debris on channel form and fluvial processes in the costal redwood environment. **Adjustments of the Fluvial System**, Kendall Hunt, Dubuque, IO, 1979, 169 p.

KRAFT, C.E.; WARREN, D.R. Development of spatial pattern in large woody debris and debris dams in streams. **Geomorphology**, v. 51, p. 127-139, 2003.

LEOPOLD, L.B.; MADDOCK, T. The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. **Professional Paper**, United States Geological Survey, Washington, 252, 1953, 57 p.

LIKENS, G.E.; BILBY, R.E. Development and maintenance of organic debris dams in New England streams. **Sediment Budgets and Routing in Forested Drainage Basins**. Pacific Forested and Range Experimental Stations, Portland, USA, 1982, 122 p.

LISLE, T.E. Overview: channel morphology and sediments transport in steepland streams. **Erosion and Sedimentation in the Pacific Rim**. Capital City Graphic, Salem, OR, 1987. p. 287.

MARSTON, R.A. The geomorphic significance of log steps in forest streams. **Ann. Association American Geographers**, v. 72, p. 99-108, 1982.

MONTGOMERY, D.R; PIÉGAY, H. Wood in rivers: interactions with channel morphology and processes. **Geomorphology**, v. 51, p. 1-5, 2003.

RICHARDS, K. **Rivers: form and processes in alluvial channel**. London, Ed. Methuen, 1992. 361 p.

ROCHA CAMPOS, A.C.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; SONOKI, H.M.; SONOKI, I.K. Age of the Parana Flood volcanism. In: PICCIRILO, E.M.; MELFI, A.J. (Eds.) **The Mesozoic Flood Volcanism of the Parana Basin**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico, 1988, p. 1-15.

ROHENKOHL, V.; FERNANDEZ, O.V.Q. Cascalhometro: uma ferramenta alternativa na determinação do diâmetro de sedimentos rudáceos. In: SEMANA DE GEOGRAFIA, 7, 2003, Maringá (PR), **Anais...** Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 2003, 1 CD-ROM.

SIMONS, D.B.; SENTÜRK, F. Sediment transport Technology. Water and Sediment Dynamic. **Water Resources Publications**, Littleton, Colorado, 1992, 893 p.

SWANSON, F.J.; LEINKAEMPER, G.W. **Physical consequence of large organic debris in Pacific Northwest streams**. Portland: Pacific Forest and Range Experimental Station, 1978.

SWANSON, F.J.; BRYANT, M.D.; LEINKAEMPER, G.W.; SEDELL, J.R. **Organic debris in small streams, Prince of Wales Island, southeast Alaska**. Portland: Pacific Forest and Range Experimental Station, 1984.

THOMPSON, D.M. The effects of large organic debris on sediment processes and stream morphology in Vermont. **Geomorphology**, v. 11, p. 235-244, 1995.

WEBB, A.; ERSKINE, W. Distribution, recruitment, and geomorphic significance of large woody debris in an alluvial forest stream: Tonghi Creek, southeastern Australia. **Geomorphology**, v. 51, p. 109-126, 2003.

WOLMAN, M.G. A method of sampling in gravel-bed streams. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 35, p. 951-956, 1954.

YUZYK, T.R. **Bed material sampling in gravel-bed streams**. Sediment Survey section, Water Survey of Canada, Water Resources Branch, Inland Waters Directorate, Conservation and Protection, Environment Canada, Report IWD-HQ-WRB-SS-86-8, 1986. 62 p.

Recebido em dezembro de 2003

Revisado em março de 2004

Aceito em maio de 2004