

Relações da geometria hidráulica em nível de margens plenas nos córregos de Marechal Cândido Rondon, região oeste do Paraná

Oscar V.Q. Fernandez*

Resumo

O trabalho apresenta as relações da geometria hidráulica em nível de margens plenas correspondentes a córregos que drenam as áreas urbana e rural do município de Marechal Cândido Rondon, oeste do Paraná. As variáveis da geometria hidráulica medidas em nível de margens plenas (vazão, largura, profundidade e área da seção transversal) foram quantificadas em oito seções transversais escolhidas em seis córregos de segunda ordem (classificação de Strahler). A vazão de margens plenas em cada seção foi estimada utilizando a equação de *Manning*, tendo como nível de referencia a superfície do fundo de vale. Foram obtidas as relações da área da bacia hidrográfica (variável independente) com as variáveis geométricas do canal e a vazão (variáveis dependentes). Os coeficientes de determinação (R^2) das equações variaram de 0,11 até 0,70. As baixas correlações são atribuídas à escolha inadequada da superfície do fundo de vale como nível de margens plenas, a alteração das vazões máximas causada pela urbanização e ao incremento da tensão de cisalhamento do fluxo em alguns córregos em consequência da forte declividade média do leito.

Palavras-chave: Descarga de margens plenas; Geometria hidráulica; Curva regional.

* Membro do GEA (Grupo Multidisciplinar de Estudos Ambientais) cadastrado no CNPq.

Abstract

This paper describes results of bankfull hydraulic geometry relationships development for Marechal Cândido Rondon country streams, west region of Paraná state, Brazil. Cross-sectional and longitudinal surveys were measured at eight sites study to determined channels dimensions and slope information. Power function relationships were developed using regression analyses for bankfull discharge, channel cross-sectional area, mean depth and width as functions catchment area. The coefficients of determination (R^2) interval ranged from 0,11 to 0,70. The report concludes that low correlations were due the inadequate choice of the height of the valley flat as the bankfull level, the alteration of the maximum flows caused by urbanization and the increase of bed shear stress in some stream due high channel gradient.

Key words: Bankfull; Hydraulic geometry; Regional curve.

Introdução

O conceito de geometria hidráulica de canais fluviais, proposta por Leopold & Maddock (1953), constitui umas das primeiras aplicações de análise quantitativa em geomorfologia fluvial (Rhoads, 1992) e refere-se ao estudo das relações das características geométricas dos canais fluviais contidas no perfil transversal. A geometria hidráulica descreve a relação entre variáveis dependentes como a largura superficial, profundidade média e velocidade do fluxo com a vazão (variável independente). Leopold & Maddock (1953) demonstraram que as variáveis dependentes aumentam com o incremento da vazão. As relações são expressas mediante funções potenciais, listadas a seguir:

$$W=aQ^b \dots\dots\dots(1)$$

$$D=cQ^f \dots\dots\dots(2)$$

$$V=kQ^m \dots\dots\dots(3)$$

Onde **W** é a largura superficial, **D** a profundidade média, **V** a velocidade do fluxo e **Q** a vazão. As letras **a**, **c** e **k** são coeficientes **b**, **f** e **m** expoentes. Devido a que $Q=W.D.V$, a soma dos expoentes

(b, f, m) e o produto dos coeficientes (a, c, k) é igual a 1,0. Posteriormente, a declividade da lâmina d'água, carga em suspensão e os coeficientes de *Manning* e Darcy-Weisbach foram incluídas na lista das variáveis dependentes (Knighton, 1975).

As seções transversais são representadas por variáveis geométricas definidas por dois níveis de referências: o nível d'água e o nível de margens plenas (Figura 1, Quadro 1). Na geometria hidráulica são relacionadas as variáveis geométricas, obtidas tendo como referência no nível d'água, com a vazão.

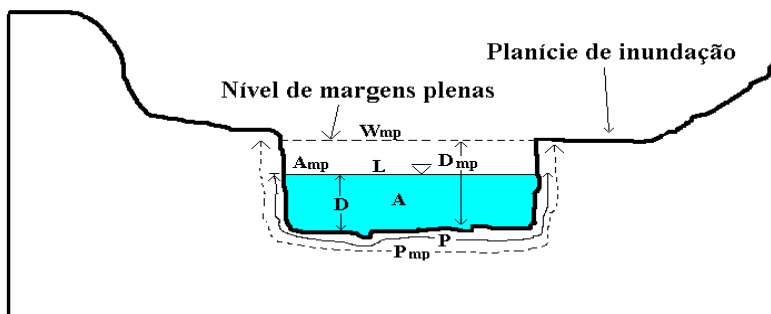


Figura 1: Variáveis morfológicas que descrevem a seção transversal. Sem escala e com exagero vertical.

A geometria hidráulica de canais fluviais é analisada em duas perspectivas: 1) mudanças ao longo do tempo das variáveis dependentes com relação à variação da vazão numa determinada seção transversal (*at-a-station relationships*) e, 2) mudanças em direção a jusante das variáveis dependentes com respeito ao incremento gradual da vazão numa bacia de drenagem (*downstream relationships*).

Variável	Símbolo	Definição	Comentários
Referência: nível d'água.			
Largura superficial	L		Comprimento da linha horizontal da área molhada, expresso em metros.
Profundidade média do fluxo	D	$(\Sigma Di)/n$	D_i são valores da profundidade do fluxo obtidos ao longo da seção transversal e n o número de medições, expressa em metros.
Área molhada	A		Área da seção transversal ocupada pela água expressa em metros quadrados.
Perímetro molhado	P		Comprimento da linha de contato entre a superfície molhada e o leito, expresso em metros
Raio hidráulico	Rh	A/P	Quociente da área molhada pelo perímetro molhado, expresso em metros.
Referência: cota do nível de margens plenas			
Largura do canal	W_{mp}		W_{mp} é medida em nível de margens plenas, expressa em metros.
Profundidade média do canal	D_{mp}	$(\Sigma Di)/n$	D_i são valores de profundidade do canal medidos com referência ao nível de margens plenas e n o número de medições, expressa em metros.
Área da seção transversal	A_{mp}	$W_{mp} \cdot D_{mp}$	A_{mp} indica a área da seção transversal em nível de margens plenas, expressa em metros quadrados.
Perímetro do canal	P_{mp}		Comprimento do leito ao longo da seção transversal, medido abaixo do nível de margens plenas, expresso em metros
Raio hidráulico	Rh_{mp}	A_{mp}/P_{mp}	Quociente da área da seção transversal (A_{mp}) e o perímetro do canal, expresso em metros.

Quadro 1: Definição das principais variáveis geométricas que descrevem a morfologia do canal numa seção transversal (Richards, 1982; Western et al., 1997).

As relações da geometria hidráulica são obtidas empiricamente e são desenvolvidas para cursos fluviais de uma região fisiográfica que possuam relações similares de precipitação e escoamento superficial (USDA-FISRWG, 1998). Informações detalhadas sobre aspectos teóricos e metodológicos da geometria hidráulica são encontradas nos trabalhos de Park (1977), Thornes (1977), Rhodes (1977, 1987), Ferguson (1986), entre outros. No Brasil, se destacam os trabalhos de Christofolletti (1976, 1981).

A relação das variáveis geométricas obtidas em nível de margens plenas (Quadro 1) com a área da bacia hidrográfica foi denominada por Dunne & Leopold (1978) de curvas regionais ou geometria hidráulica em nível de margens plenas. As relações das curvas regionais permitem conhecer o comportamento das variáveis dependentes naquele nível de referencia em resposta ao incremento da área da bacia hidrográfica. Com base nestas relações, os hidrologistas, biólogos, geomorfólogos e engenheiros podem estimar as características físicas do canal em nível de margens plenas, tanto em bacias que possuem estações fluviométricas como aquelas desprovidas de estações. As informações obtidas podem orientar os técnicos em projetos de restauração de canais e trabalhos de avaliação das condições de degradação ambiental em ambientes fluviais.

O objetivo deste trabalho é obter as relações da geometria hidráulica em nível de margens plenas em seis córregos de segunda ordem (classificação de Strahler), que drenam as áreas urbana e rural no município de Marechal Cândido Rondon, região oeste do Paraná (Figura 2).

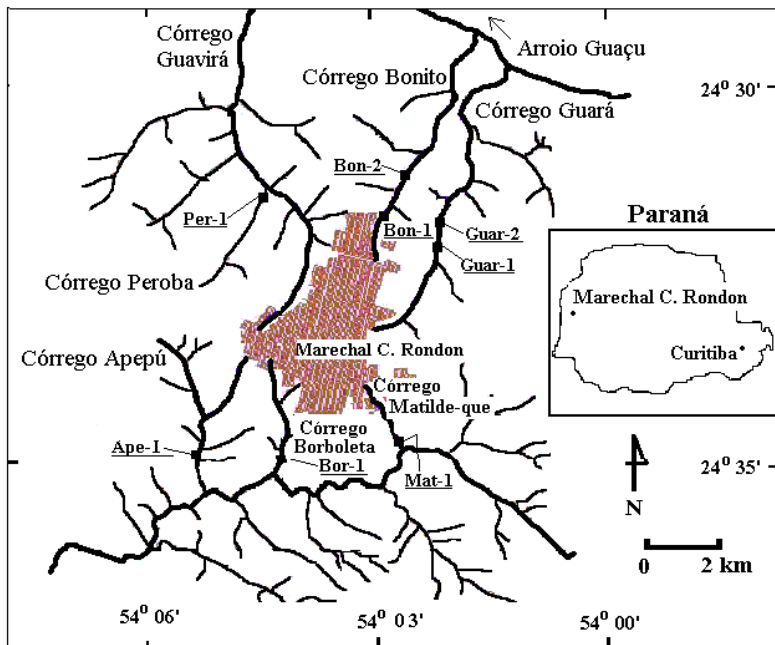


Figura 2: Localização das seções transversais permanentes implantadas nos córregos que drenam as áreas urbanas e rurais no município de Marechal Cândido Rondon (PR).

Definição e identificação do nível de margens plenas

Para obter a relação da geometria hidráulica dos canais em nível de margens plenas é necessário identificar corretamente o referido nível. O nível de margens plenas corresponde a um plano horizontal no qual a descarga líquida preenche na medida justa o canal fluvial antes de extravasar em direção à planície de inundação ativa (Wolman & Leopold, 1957) (Figura 1). Esta planície é definida como uma superfície plana adjacente ao canal fluvial, modelada pela ação erosiva ou deposicional do fluxo das cheias e inundada pelo menos uma vez a cada dois anos. O nível de margens plenas demarca o limite entre os processos fluviais que

moldam o canal e os que constroem a planície de inundação. O terraço constitui uma superfície inundada raramente e pode representar a antiga planície de inundação.

As planícies de inundação são mais desenvolvidas ao longo de rios meândricos, que possuem baixo gradiente. Em rios com forte gradiente (rios de montanha), a planície de inundação encontra-se ausente ou difícil de identificar devido ao pouco desenvolvimento. A identificação do nível da planície aluvial ativa, portanto, irá definir o nível de margens plenas. Em bacias hidrográficas com pouca ou nenhuma atividade humana, as feições erosivas ou deposicionais encontram-se preservadas e facilitam a identificação da planície aluvial.

Diversos métodos são utilizados para identificar o nível de margens plenas. Este nível pode ser identificado com base no reconhecimento de superfícies deposicionais, características botânicas e sedimentológicas e, características morfológicas da seção transversal do canal. A superfície do fundo de vale foi adotada como referência por Nixon (1959), Woodyer (1968), Kellerhals *et al.* (1972) e Dury (1973). O nível médio das partes mais altas das barras de canal é outra referência utilizada (Wolman & Leopold, 1957; Hickin, 1968; Lewis & McDonald, 1973). O nível superior de deposição de sedimentos tamanho areia num canal foi adotado por Nunnally (1967) e Leopold & Skibitzke (1967). O nível inferior de desenvolvimento da vegetação perene é um critério empregado por Schumm (1960), Sigafos (1964), Speigth (1965), Nunnally (1967), Leopold (1994) e Radecki-Pawlik (2002). O nível de margens plenas também pode ser identificado a partir da análise da forma da seção transversal. Wolman (1955), Harvey (1969) e Pickup & Warner (1976) adotaram a relação mínima da razão largura/profundidade num perfil transversal.

A definição do nível de margens plenas e da descarga líquida correspondente é de grande importância prática e científica. Para fins práticos (construção de pontes, proteção de benfeitorias, etc.) a identificação da vazão de margens plenas é fundamental,

pois esta indica o início da inundação (Henderson, 1961). Em termos científicos, a descarga de margens plenas representa a vazão que controla as dimensões físicas do canal através dos processos erosivos e deposicionais. Fernandez (2003) descreve e exemplifica os principais critérios adotados para identificar o nível de margens plenas.

Área de estudo

Na região oeste do Paraná, afloram rochas basálticas (Formação Serra Geral) de idade e o jurássica-neocretácea (Rocha-Campos et al., 1988). 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). A área urbana de Marechal Cândido Rondon encontra-se localizada no divisor de águas entre as bacias hidrográficas do Arroio Guaçu (ao norte) e Arroio Fundo (ao sul). O primeiro é afluente direto do rio Paraná e o segundo é tributário do rio São Francisco, que por sua vez é afluente do rio Paraná. As informações foram coletadas em oito seções transversais distribuídas nos córregos Bonito e Guará (tributários diretos do Arroio Guaçu) e Peroba (afluente do Córrego Guavirá que por sua vez é afluente do Arroio Guaçu) e nos córregos Matilde-que, Borboleta e Apepú (afluentes do Arroio Fundo) (Figura 2).

No quadro 2 mostram-se as áreas das bacias hidrográficas dos córregos em apreço e a declividade média dos mesmos, medida entre a nascente e a foz. Os dados foram coletados em cartas topográficas (Escala 1:50.000). A cabeceira de todos os córregos drena a área urbana do município, com exceção do córrego Peroba, cuja bacia hidrográfica se localiza integralmente na área rural do município. Em todos os casos, os pontos de monitoramento estão localizados em áreas rurais, a jusante das áreas urbanizadas.

Os córregos da região de Marechal Cândido Rondon possuem leitos entalhados caracterizados por seções retangulares, com fundo largo e margens verticais estáveis com até 3 m de altura (Fernandez & Soares, 2002). O processo de entalhamento dos

canais é anterior à chegada dos primeiros colonizadores gaúchos e catarinenses que ocuparam a região na década de 1940.

Bacia Hidrográfica	Córrego	Área total da bacia dos córregos (km²)	Declividade média (m/m)
Arroio Fundo	Apepu	7,70	0,030
	Borboleta	6,95	0,038
	Matilde-que	4,64	0,026
Arroio Guaçu	Bonito	9,02	0,012
	Guará	13,03	0,013
	Peroba	7,62	0,016

Quadro 2: Área das bacias hidrográficas dos córregos em estudo e suas respectivas declividades médias.

Os córregos da região de Marechal Cândido Rondon possuem leitos entalhados caracterizados por seções retangulares, com fundo largo e margens verticais estáveis com até 3 m de altura (Fernandez & Soares, 2002). O processo de entalhamento dos canais é anterior à chegada dos primeiros colonizadores gaúchos e catarinenses que ocuparam a região na década de 1940.

Os córregos apresentam os padrões fluviais retilíneo e meandrante. O primeiro predomina nas cabeceiras de drenagem onde aflora o substrato basáltico. O segundo padrão é encontrado nas áreas com menores declividades ocupadas pelas zonas vesiculares dos derrames basálticos, que representam faixas de decomposição mais intensa.

Métodos de coleta de dados

Para realizar estudos das relações da geometria hidráulica em nível de margens plenas é necessário o levantamento de perfis transversais detalhados nos pontos de monitoramento. Nos pontos escolhidos foram implantadas seções transversais permanentes. Cada seção permanente foi instrumentada com estacas de madeira referenciais (comprimento=1,0 m) inseridas na superfície de ambas

as margens do córrego, demarcando os extremos da seção. Os extremos superiores das estacas são colocados na mesma altura utilizando um nível de bolha e logo cimentadas. As estacas servem para fixar e esticar um cabo de aço (diâmetro=3 mm) com um dispositivo denominado catraca ou borboleta. O cabo de aço fortemente esticado serve como plano referencial na medição da profundidade do canal ao longo da seção, a qual é feita com trena em intervalos de 10 cm, sempre a partir da estaca instalada na margem direita (Fernandez *et al.*, 2001). As seções transversais permanentes possibilitam o levantamento periódico de perfis transversais detalhados numa escala temporal desejadas pelo pesquisador e tendo sempre como referencia o mesmo nível (cabo de aço), o que permite comparações gráficas e numéricas entre os levantamentos.

Nos perfis transversais confeccionados a partir dos dados obtidos nas seções permanentes, foi demarcado o nível de margens plenas, adotando o fundo de vale como superfície referencial. Esta superfície, ilustrada esquematicamente na figura 1, foi adotada por ser bem desenvolvida e de fácil identificação em todas as seções transversais permanentes. A seguir, foram medidas nos perfis a largura do canal (W_{mp} em metros), a profundidade média (D_{mp} em metros), a área da seção transversal (A_{mp} em metros) e o comprimento do perímetro do canal (P_{mp} em metros).

A descarga de margens plenas (Q_{mp}) para cada seção transversal, foi obtida indiretamente aplicando a fórmula de Manning:

$$Q_{mp} = \frac{1}{n} \cdot A_{mp} \cdot (Rh_{mp})^{3/4} \cdot (S)^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

onde n =coeficiente de Manning; S = declividade da linha d'água (m/m), A_{mp} e Rh_{mp} correspondem à área da seção transversal (m^2) e raio hidráulico (m) respectivamente. Rh_{mp} foi calculado efetuando A_{mp}/P_{mp} . O valor do coeficiente n foi obtido utilizando o método de Cowan (Baptista *et al.*, 2001). A

declividade da linha d'água foi medida em cada seção com nível de bolha em período de vazão baixa, ao longo de uma distância de 10 a 12 metros. É sabido que a declividade da lâmina d'água em nível de vazão plena é maior do que durante as baixas vazões. Pela impossibilidade da medição desta variável em nível de margens plenas, foi empregada na fórmula de *Manning* a declividade medida em nível de baixa vazão.

Resultados e discussões

As relações da área da bacia hidrográfica (variável independente) com a vazão, a área da seção transversal, a largura e a profundidade do canal (variáveis dependentes) são apresentadas na figura 3. Os gráficos desta figura exibem correlações positivas fracas a moderadas entre a área da bacia hidrográfica com a descarga de margens plenas ($R^2= 0,13$), a área da seção transversal ($R^2=0,35$), a largura ($R^2=0,11$) e a profundidade ($R^2 =0,70$). Os dados utilizados para estimar as variáveis dependentes são mostrados nos quadros 2 e 3.

Em estudos similares realizados no Estado de Carolina do Norte (EUA), Harman *et al.* (1999) obtiveram relações com coeficientes de determinação (R^2) que variam de 0,81 (largura versus área da bacia) a 0,97 (descarga de margens plenas versus área da bacia). As fortes correlações obtidas correspondem a cursos fluviais que drenam áreas rurais, onde a floresta ocupa entre 50 e 60% das áreas das bacias.

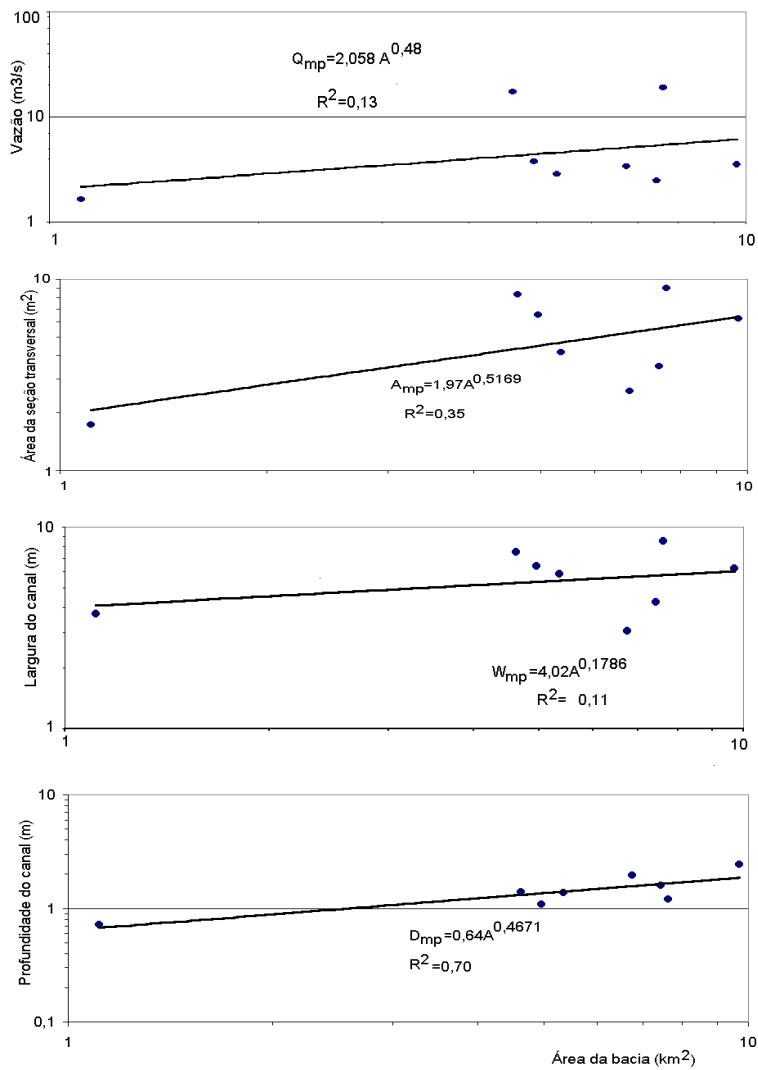


Figura 3: Relação entre área da bacia hidrográfica (A) com vazão de margens plenas (Q_{mp}), área da seção transversal (A_{mp}), largura (W_{mp}) e profundidade (D_{mp}).

Ponto	A (km ²)	Q _{mp} (m ³ /s)	A _{mp} (m ²)	W _{mp} (m)	D _{mp} (m)
Bacia Arroio Fundo					
Mat-1	4,63	17,35	8,32	7,90	1,39
Bor-1	4,96	3,80	6,54	6,00	1,08
Ape-1	7,62	19,05	9,02	8,48	1,19
Bacia Arroio Guaçu					
Guar-1	7,44	2,49	3,51	4,11	1,60
Guar-2	9,70	3,54	6,20	5,83	2,45
Bon-1	1,11	1,57	1,73	3,41	0,72
Bon-2	6,74	2,38	2,60	3,06	1,96
Per-1	5,35	2,85	4,15	6,00	1,38

Quadro 3: Valores da área da bacia até os pontos de monitoramento (A), vazão (Q_{mp}), área da seção transversal (A_{mp}), largura do canal (W_{mp}) e profundidade (D_{mp}). As variáveis foram medidas em nível de margens plenas.

Ponto	P _{mp} (m)	Rh _{mp} (m)	S (m/m)	N
Bacia Arroio Fundo				
Mat-1	10,43	0,798	19,8.10 ⁻²	0,058
Bor-1	7,36	0,888	8.10 ⁻⁴	0,045
Ape-1	12,36	0,729	14,3.10 ⁻³	0,046
Bacia Arroio Guaçu				
Guar-1	5,37	0,654	18.10 ⁻⁴	0,045
Guar-2	8,50	0,729	15.10 ⁻⁴	0,055
Bom-1	4,27	0,405	8,3.10 ⁻³	0,055
Bon-2	4,93	0,527	61,7.10 ⁻⁴	0,045
Per-1	8,15	0,509	29.10 ⁻⁴	0,050

Quadro 4: Valores do perímetro do canal (P_{mp}), raio hidráulico (Rh_{mp}), declividade (S) e coeficiente de Manning (n). As variáveis foram medidas em nível de margens plenas.

As correlações encontradas nos córregos de Marechal Cândido Rondon são baixas. Os resultados pouco promissores podem decorrer de alterações ocorridas nas condições geométricas do canal devido ao aumento das vazões máximas causadas pela urbanização. Outro fator que poderia ter influenciado na baixa correlação das variáveis pode ser a escolha equivocada da superfície do vale como nível de margens plenas.

A) Aumento das vazões máximas devido à urbanização

A urbanização causa aumento no escoamento superficial, na vazão máxima e na produção de material sólido (Tucci, 1997). Estas alterações provocam o incremento das dimensões físicas do córrego, através do alargamento do canal e do rebaixamento do talvegue. Assim, com o aumento da impermeabilização da bacia, os canais se ajustam às vazões cada vez maiores, aumentando suas dimensões físicas. Este processo é constatado nos córregos em estudo.

A influência da urbanização sobre a área da seção transversal pode ser observada no ponto Mat-1, onde apesar de pequena área de contribuição (4,63 km²), a área da seção transversal atingiu um valor elevado (8,32 m²) comparando com outros pontos de monitoramento. Valores incompatíveis como os acima citados causaram as baixas correlações entre as variáveis.

Outro fator que pode ter influenciado na baixa correlação encontrada entre as variáveis é a evolução do relevo de ambas as bacias. A bacia do Arroio Fundo encontra-se mais dissecada e os córregos que pertencem a esta bacia apresentam maiores declividades (Quadro 2). Com o aumento da declividade, a erosão no leito prevalece. Dessa forma, as áreas das seções transversais em nível de margens plenas (A_{mp}) nas seções implantadas nos afluentes do Arroio Fundo (Mat-1, Bor-1 e Ape-1) são maiores do que as seções da bacia do córrego Guaçu, apesar de possuírem áreas de drenagem menores. O maior poder erosivo do fluxo nestas seções gerou formas do canal incompatíveis com o tamanho da área de drenagem (Figura 3).

B) Escolha inadequada da superfície do fundo de vale como o nível de margens plenas

Nos cursos de água que apresentam predominância de processos de dissecação no talvegue, podem ser encontradas várias superfícies deposicionais nas margens, denominadas de patamares (*benches*) (Woodyer, 1968) e são utilizados pelos pesquisadores para definir o nível de margens plenas (Figura 4). Os patamares inferiores são bem desenvolvidos em rios com grande carga de fundo, quando expostos nos períodos de estiagem suportam vegetação de gramíneas e são compostos de sedimentos rudáceos. Schumm (1960) adotou esta superfície para estimar a vazão de margens plenas.

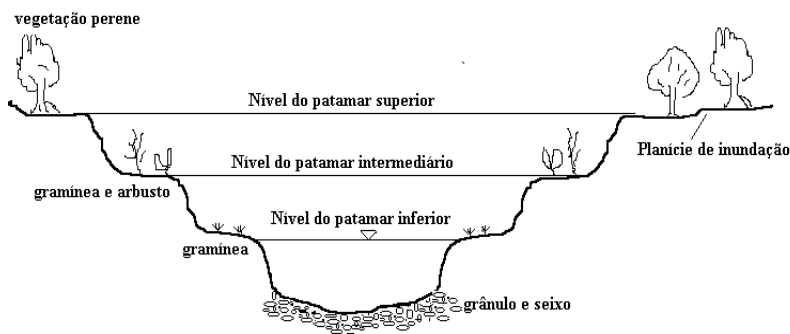


Figura 4: Perfil esquemático que ilustra a posição das superfícies erosivas e deposicionais (patamares) no canal fluvial (Modificada de Radecki-Pawlik, 2002). Sem escala e com exagerado vertical

Woodyer (1968) sugere que o patamar intermediário seja considerado o nível de referência para estimar o nível de margens plenas. Este autor verificou que o período de recorrência da vazão plena para o patamar intermediário é de 1,02 a 1,21 ano. O patamar superior é a feição que pode ser identificada com mais facilidade devido a sua extensão. Na maioria dos casos, o patamar superior

constitui a superfície de fundo de vale. Nas observações realizadas por Woodyer (1968) o período de recorrência da vazão neste nível é de 1,24 a 2,69 anos.

No presente trabalho, a superfície de fundo de vale, que equivale ao patamar superior da figura 4, foi adotada como o nível de margens plenas. Nos córregos estudados, os outros patamares encontram-se pouco desenvolvidos. Somente em algumas curvas meândricas, é possível encontrar pequenas barras de pontal que podem ser usadas como referência para o nível de margens plenas. Devido à força erosiva do fluxo durante as chuvas, os depósitos de barras de meandros são efêmeros.

Conclusões

Os resultados constituem a primeira avaliação quantitativa das relações da geometria hidráulica em bacias hidrográficas do oeste paranaense. Foram encontradas baixas correlações nas relações da geometria hidráulica em nível de margens plenas nos córregos que drenam a área urbana de Marechal Cândido Rondon (PR). As baixas correlações são atribuídas à combinação dos seguintes fatores: a) processo de urbanização que afeta quase todas as bacias selecionadas e b) escolha inadequada da superfície do fundo de vale como nível de margens plenas. Os fatores provocam alterações na forma dos canais e geram desequilíbrio nas relações entre a área da bacia hidrográfica e as variáveis dependentes da geometria hidráulica em nível de margens plenas.

Referências bibliográficas

CHRISTOFOLETTI, A. (1976) Geometria hidráulica. **Notícias Geomorfológicas**, 16 (32):3-37.

CHRISTOFOLETTI, A. (1981) **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo. Editora E. Blücher Ltda., 313 p.

BAPTISTA, M.B.; COELHO, M.M.L.P. & CIRILO, J.A. (2001) **Hidráulica Aplicada**. Porto Alegre. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 609 p.

DUNNE, T. & LEOPOD, L.B. (1978) **Water in Environmental Planning**. W.H. Freeman Co., San Francisco, CA.

DURY, G.H. (1973) Magnitude-frequency analysis and channel morphometry. In: **Fluvial Geomorphology** (M. Morisawa, Ed.), p. 91-121.

FERGUSON, R.I. (1986) Hydraulic and hydrologic geometry. **Progress in Physical Geography**, 10: 1-31.

FERNANDEZ, O.V.Q. (2003) Determinação do nível e da descarga de margem plena em cursos fluviais. **Boletim de Geografia**, Universidade Estadual de Maringá, 21 (1): 97-109.

FERNANDEZ, O.V.Q. & SOARES, R. (2002) Análise preliminar da relação entre mata ciliar e estabilidade do canal no córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon, PR. In: Simpósio Regional de Mata Ciliar, 1, Marechal C. Rondon, PR, 2002. **Anais ...** p. 15-20.

FERNANDEZ, O.V.Q.; REBELATTO, G. & SANDER, C. (2001) Análise quantitativa de seções transversais em canais fluviais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2: 85- 92.

HARMAN, W.A.; JENNINGS, G.; PATTERSON, J.; CLINTON, D., SLATE, L., JESSUP, A., EVERHART, J. & SMITH, R. (1999) Bankfull hydraulic geometry relationships for North Carolina streams. **Wildland Hydrology Symposium Proceedings** (D. Olsen & J. Potyondy, Eds.), Bozeman, Montana.

HARVEY, A.M. (1969) Channel capacity and the adjustment of streams to hydrologic regime. **Journal of Hydrology**, 8: 82-98.

HENDERSON, F.M. (1961) Stability of alluvial channels. **Journal of the Hydraulic Division**, American Society of Civil Engineers 87: 109-138.

HICKIN, E.J. (1968) Channel morphology bankfull stage and bankfull discharge of streams near Sydney. **Australia. Journal of Science**, 30 (7): 274-275.

IAPAR - Fundação Instituto Agrônômico do Paraná (1994) **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**, Curitiba (PR), 49 p.

KELLERHALS, R. NEILS, C.R. & BRAY, D.I. (1972) **Hydraulic and geomorphic characteristics of rivers in Alberta**. Resources Council of Alberta, Edmonton 52 p.

KNIGHTON, A.D. (1975) Variations in at-a-station hydraulic geometry. **American Journal of Science**, 275: 186-218.

LEOPOLD, L.B. (1994) **A view of the river**. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.

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

LEOPOLD, L.B. & SKIBITZKE, H.E. (1967) Observation on unmeasured rivers. **Geographical Annaler** 49: 247-255.

LEWIN, C.P. & McDONALD, B.C. (1973) Rivers of the Yukon north slope. In: **Fluvial Processes and Sedimentation**, pp. 251-271.

NIXON, M. (1959) A study of bankfull discharge of rivers in England and Wales. In: **Proceedings of the Institution of Civil Engineers**, 12: 157-175.

NUNNALLY, N.R. (1967) Definition and identification of channel and overbank deposits and their respective roles in floodplain formation. **Professional Geographer** 19: 1-4.

PARK, C.C. (1977) World-wide variations in hydraulic geometry exponents of stream channels: an analysis and some observations. **Journal of Hydrology**, 33: 133-146.

PICKUP, G. & WARNER, R.F. (1976) Effects of hydrologic regime on magnitude and frequency of dominant discharge. **Journal of Hydrology**, 29: 51-75.

RADECKI-PAWLIK, A. (2002) Bankfull discharge in mountain streams: theory and practice. **Earth Surface Processes and Landforms**, 27: 115-123.

RHOADS, B.L. (1992) Statistical models of fluvial systems. **Geomorphology**, 5: 433-455.

RHODES, D.D. (1977) The b-f-m diagram: graphical representation and interpretation of at-a-station hydraulic geometry. **American Journal of Science**, 277: 73-96.

RHODES, D.D. (1987) The b-f-m diagram of downstream hydraulic geometry. **Geographical Annaler**, 69A: 147-161.

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

SCHUMM, S.A. (1960) The shape of alluvial channels in relation to sediment type. **Professional Paper**, United States Geological Survey, Washington, 352.

SIGAFOOS, R.S. (1964) Botanical evidence of floods and flood-plain deposition. **Professional Paper**, United States Geological Survey, Washington, 485-A, 35 p.

SPEIGHT, J.G. (1965) Flow and channel characteristics of the Angabunga River, Papua. **Journal of Hydrology**, 3: 16-36.

THORNES, J.B. (1977) Hydraulic geometry and channels change. In: K.J. Gregory (Ed.), **River Channels Changes**, Wiley, Chichester: p. 91-100.

TUCCI, C.E.M. (1997) Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 2 (2): 5-12.

USDA (United States Department of Agriculture) FISRWG (Federal Interagency Stream Restoration Working Group) (1998) **Stream corridor restoration: principles, processes and practices**. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.

WOLMAN, M.G. (1955) The natural channel of Brandywine creek. Pennsylvania. **Professional Paper**, United States Geological Survey, Washington, 271, 56 p.

WOLMAN, M.G. & LEOPOLD, L.B. (1957) River flood plains: some observations on their formation. **Professional Paper**, United States Geological Survey, Washington, 282-C.

WOODYER, K.D. (1968) Bankfull frequency in rivers. **Journal of Hydrology**, 6: 114-142.