

Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Cascavel, Guarapuava/PR

Éderson Dias de Oliveira

*Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá
Agente Educacional II – Secretaria de Estado da Educação do Paraná*

Márcia Cristina da Cunha

*Mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Colaboradora do Dep. de Geografia. Universidade Estadual do Centro-Oeste*

Leandro RedinVestena

*Doutor em Eng. Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina
Prof Adjunto do Dep. de Geografia. Universidade Estadual do Centro-Oeste*

Edivaldo Lopes Thomaz

*Doutor em Geografia Física pela Universidade de São Paulo
Prof Adjunto do Dep. de Geografia. Universidade Estadual do Centro-Oeste*

Resumo: O presente trabalho apresenta a caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Cascavel - Guarapuava/PR. O Rio Cascavel percorre um trecho de 24,4 km, possui uma área de drenagem de 81,03 km², uma hierarquização fluvial de 4ª ordem, densidade de drenagem de 1,54 km/km², amplitude topográfica de 256 metros e conta com mais de 40% da sua bacia ocupada pela área urbana de Guarapuava/PR. Estudos envolvendo os aspectos físicos da Bacia Hidrográfica do Rio Cascavel são escassos. Neste artigo são apresentadas algumas análises morfométricas da bacia que podem subsidiar ações de manejo e planejamento, visando minimizar os problemas ambientais. O estudo foi efetivado por meio do levantamento de dados bibliográfico-cartográficos e trabalhos de campo na área de estudo. Para a manipulação dos dados foram empregados os *softwares Spring* e a planilha eletrônica *Calc.* sendo analisada uma série de parâmetros morfométricos da bacia. Entre estes cabe destacar a aplicação das quatro Leis de Horton que se mostraram válidas para a bacia. Esta apresenta declividades acentuadas na porção jusante e montante, e baixo gradiente clinográfico na sua área central. De forma geral, constataram-se áreas com restrições morfológicas para o uso da terra como: declividades acentuadas no curso inferior principal; zonas adjacentes ao canal principal potenciais a inundações e alagamentos, além de áreas na porção montante da bacia que possuem grande número de nascentes. Por fim, conclui-

se que o conhecimento das características morfométricas da BHRC contribuiu significativamente para o planejamento e o manejo do uso e ocupação do solo. Contudo, o presente trabalho não tem o intuito de dar por encerradas as discussões referentes aos processos socioambientais existentes na BHRC. A pesquisa proporcionou um diagnóstico preliminar, fornecendo subsídios para futuros trabalhos na área, a fim de melhor analisar os impactos antrópicos com destaque para a expansão urbana.

Palavras-chave: Rede de Drenagem. Hidrogeomorfologia. Morfometria e Bacia Hidrográfica.

Abstract: The present work introduces the morphometric characterization of the watershed of Cascavel River - Guarapuava / PR. The Cascavel River runs through a stretch of 24.4 km, it has a drainage area of 81.03 km², a fourth order fluvial hierarchy, drainage density of 1.54 km / km², topographic amplitude of 256 meters and has more 40% of its watershed area occupied by the urban area in Guarapuava / PR. Studies involving the physical aspects of the watershed of Cascavel River are scarce. In this work, it is presented some morphometric analysis of that watershed, which can support planning and management actions in order to minimize environmental problems. The study was based on bibliographical and map data and fieldwork in the study area. For the data manipulation were used the Spring software and Calc spreadsheet, being analyzed a series of morphometric parameters of the watershed. Among these, we can emphasize the application of Horton's laws that were valid for the watershed. This has steep slopes on the downstream portion and upstream portions and low gradient clinografia in its central area. Generally, were contacted areas with morphological constraints to land use such as: steep slopes in the lower main, adjacent areas to the main channel with potential of flooding and inundation, and areas in the upstream portion of the watershed that have a large number of springs. Finally, it is concluded that knowledge of the morphometric characteristics of the BHRC has contributed significantly to the planning and management of land use and soil. However, this work it does not have to finish the sensed of a closed discussion, specially regarding the existing socio-environmental processes in the BHRC. For the research, it provided a preliminary diagnosis and offer suggestions for further works in this area in order to improve the analyses of human impacts with emphasis on urban sprawl.

Key words: drainage network. Hydrogeomorphology. watershed

Introdução

As bacias hidrográficas (BHs) têm sido amplamente utilizadas como recorte espacial nos estudos geográficos, sendo que vários autores apontam esse recorte como uma unidade ambiental que possibilita tratar dos componentes e da dinâmica das inter-relações necessárias ao planejamento e à gestão ambiental.

No Brasil, a Lei Federal Nº 9.433, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, institui a bacia hidrográfica (BH) como unidade territorial de planejamento e gestão dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

A BH é formada pelo conjunto de vertentes drenada por um rio ou por um sistema de drenagem. Ela é um sistema aberto com entrada de energia (ciclo hidrológico) e com exportação de matéria (água, solutos, sedimentos etc.). A ocupação urbana e rural das BHs acarreta profundas transformações na dinâmica dos processos hidrogeomorfológicos, entre as principais alterações ambientais estão: poluição das águas, sedimentação, erosão fluvial, mudança de regime hidrológico, mudança no ecossistema fluvial, etc. (THOMAZ, 2007).

Contudo, além de conceituar a BH e definir suas aplicabilidades é necessária uma caracterização dos seus principais aspectos fisiográficos, a fim de facilitar os estudos que tenham a BH como recorte espacial. Portanto, a caracterização morfométrica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas no entendimento da dinâmica ambiental local e regional (TEODORO *et al.* 2007). Pois os aspectos físicos e bióticos da bacia desempenham importante papel nos processos do ciclo hidrológico influenciando, dentre outros, a evapotranspiração, a infiltração e quantidade de água produzida como deflúvio e os escoamentos superficial/subsuperficial. (TONELLO, 2005).

Cabe destacar também as ações antrópicas que têm se acelerado nas últimas décadas e potencializado alterações nas características morfométricas das BHs, por meio da canalização e retificação de cursos fluviais, terraplanagem, impermeabilização do solo, etc.

O presente trabalho tem como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Cascavel (BHRC). A análise dos aspectos naturais dessa área é de grande significância, pois a malha urbana de Guarapuava está quase que

integralmente inserida na BHRC (Figura 1). A cidade de Guarapuava, a partir de 1980 tem tido uma expansão físico-territorial urbana expressiva ao longo da BH no entanto, sem um ordenamento adequado. Dessa maneira, têm sido potencializados impactos socioambientais negativos como: esgoto a céu aberto, ravinamentos, deficiência de infraestrutura (pavimentação, galerias pluviais, áreas de lazer, arborização entre outros), inundações, canalização e poluição dos cursos fluviais (PERES *et. al.*, 2008; AMARAL e THOMAZ, 2008; GOMES, 2009; VESTENA e SCHMIDT, 2009).

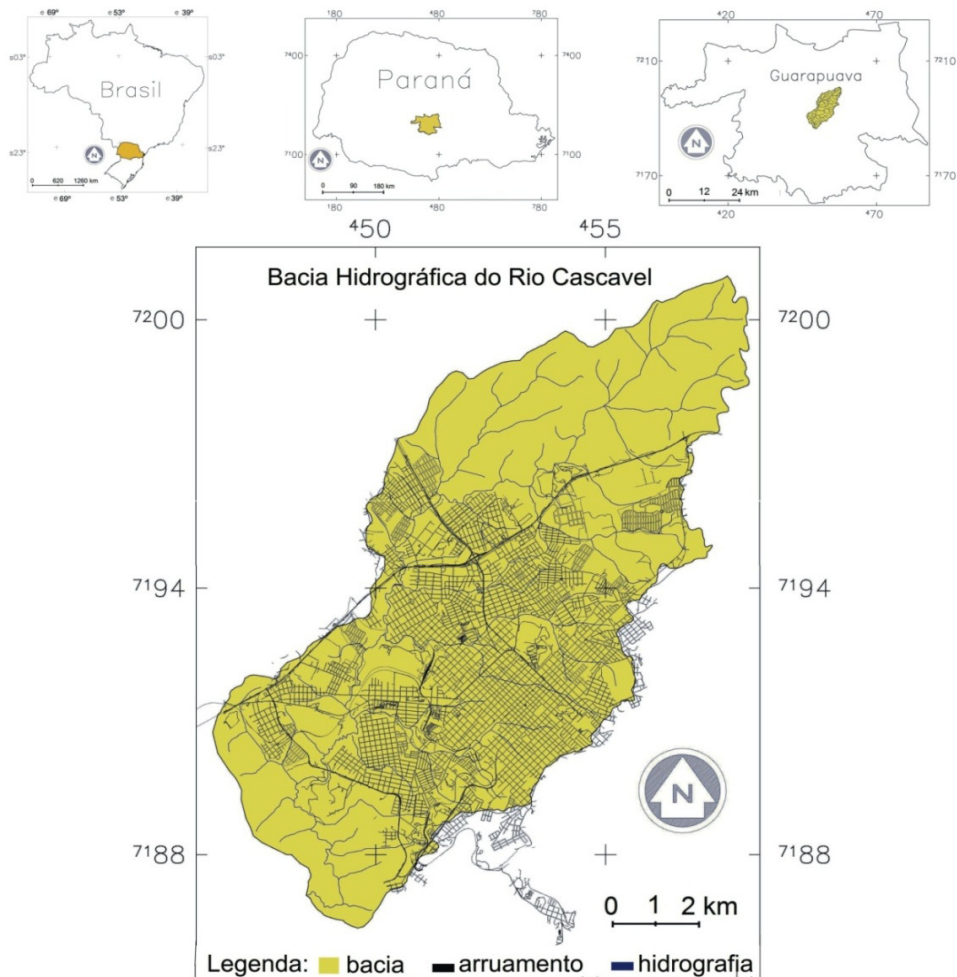
Trata-se de problemas ambientais advindos de um planejamento insuficiente e do aumento do nível de pressão antrópica na área. Portanto, o presente trabalho objetiva caracterizar e analisar os aspectos morfométricos da BHRC. Dessa maneira, serão aplicados as quatro Leis de Horton (Números dos Canais (Rb); Comprimentos dos Canais (Rl); Declividade dos Canais (Rs) e Áreas das Bacias (Ra)). Também serão estimados outros índices como a área da BH, a densidade de drenagem, além da elaboração do perfil longitudinal do canal principal, a curva hipsométrica e clinográfica, e o mapeamento das declividades e das altitudes. Por meio da análise desses dados, será possível entender um pouco mais da dinâmica hidrogeomorfológica da BHRC, e contribuir no seu manejo e planejamento.

Materiais e métodos

Área de estudo

A BHRC localiza-se na região centro-sul do Estado do Paraná, no município de Guarapuava e integra a bacia do Rio Jordão que deságua no Rio Iguazu afluente do Rio Paraná. Está limitada pelos paralelos 25° 18' 03" e 25° 26' 19" de latitude sul e os meridianos 51° 24' 49" e 51° 32' 07" de longitude oeste (Gw) (Figura 1).

Figura 1- Localização da área de estudo



Fonte: Atlas IBGE (2001); Cartas (Folha SG.22-V-D-III-3) e (Folha SG.22-V-D-II-4) (1980); CEPLUG (2010).

Fonte: Atlas IBGE (2001)¹; Cartas (Folha SG.22-V-D-III-3) e (Folha SG.22-V-D-II-4) (1980)²; CEPLUG (2010)³

Quanto ao uso do solo na BHRC, há áreas com cultivos, capoeirões, alagados, campos e mineração, porém o uso predominante é urbano (mais de

¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE. Atlas Nacional do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2001

² DSG (Diretoria de Serviços Geográficos do Exército), Cartas Topográficas: Guarapuava, Folha SG.22-V-D-III-3 MI-2838/3 e Guarapuava - 0 Folha SG.22-V-D-II-4 MI-2837/4, escala: 1:50.000, 1980

³ PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARAPUAVA (Guarapuava, PR). Fotografia aérea da área urbana da cidade de Guarapuava. Guarapuava, 1995. 1 fotografia aérea. Escala 1:8.000. Fx 03, n. 38. Dados atualizados pela prefeitura em 2010.

40% da área total da bacia). A ocupação da área remonta ao Brasil Colônia, quando chegaram os primeiros colonizadores aos campos de Guarapuava no final do século XVIII, integrando os objetivos geopolíticos aos interesses de exploração dos recursos naturais de Portugal e Espanha. Essa ocupação se deu de forma muito esparsa e vagarosa, sendo mais significativa somente a partir dos primeiros anos do século XIX. Contudo, em decorrência das relações econômicas favoráveis, somente a partir de 1980 é que ocorre um incremento considerável da população urbana, representando atualmente mais de 90% do total da população do município de Guarapuava (SILVA, 1995).

O clima predominante na BHRC é o subtropical mesotérmico úmido, sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado, a temperatura média anual é de 17°C, com geadas severas entre maio e setembro. A pluviosidade média anual é de 1.960 mm, com precipitações médias mensais superiores a 100 mm, sendo os meses mais chuvosos outubro e janeiro, e os menos chuvosos, agosto e julho (MAACK, 2002; THOMAZ e VESTENA, 2003). Quanto à base geológica na bacia, afloram rochas pertencentes à Formação Serra Geral destacando-se os basaltos e os riódacitos pórfiros, além de sedimentos aluvionares associados às planícies de inundação nos fundos de vales. (MINEROPAR, 1992).

Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados foram levantamento bibliográfico e trabalho de campo/gabinete:

I) Revisão bibliográfica: etapa da pesquisa na qual se buscou uma fundamentação teórica para as pretensões do trabalho, por meio de consulta a variadas fontes bibliográficas e cartográficas.

II) Trabalho de campo/gabinete: trabalhos de campo foram realizados para reconhecimento e identificação de características fisiográficas da BHRC; foram feitos caminhamentos no sentido transversal e longitudinal de alguns cursos fluviais para verificar a ocupação das margens e averiguar a congruência dos dados gerados *in loco*. Os dados cartográficos foram trabalhados no Laboratório de Hidrogeomorfologia (LabHidro) da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO utilizando-se de técnicas de Geoprocessamento. Os mapas de localização da área de estudo, hidrografia, hipsometria e declividade foram elaborados, assim como o perfil longitudinal do rio principal, perfis transversais da bacia hidrográfica, a curva hipsométrica e clinográfica.

Os materiais cartográficos utilizados foram às cartas topográficas, Folha SG.22-V-D-III-3 MI2838/3 e SG.22-VD-II-4 MI-2837/4, escala: 1: 50.000, do DSG, do ano de 1980 e a base cartográfica da Prefeitura de Guarapuava de 2010.

Os *softwares* utilizados foram o *SPRING* 5.1.6 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a planilha eletrônica *Calc* do *BrOffice*.

A análise dos parâmetros morfométricos da BHRC, teve como base os índices propostos nos trabalhos de Horton (1945), Strahler (1957), Chistofoletti (1980), Vestena *et al.* (2006) e Dias-Oliveira *et al.* (2011). A hierarquização fluvial de Strahler (1957) foi utilizada, por retirar a subjetividade existente nas outras formas de hierarquização. Na tabela 1, são expostas resumidamente as quatro leis morfométricas introduzidas por Horton (1945).

Tabela 1 - Resumo das Leis de Horton

Leis de Horton	Parâmetro	Legenda	Observação (resumo)
Número dos canais	Taxa de bifurcação = R_b	N_w é o número de segmento da ordem analisada. N_{w+1} é o número de segmento da ordem seguinte.	O nº de segmentos de ordens sucessivamente inferiores de uma BH dada tende a formar uma progressão geométrica, que começa com o único segmento de ordem mais elevado e cresce segundo uma taxa constante de bifurcação.
Comprimento dos canais	Taxa de comprimento = R_L	L_w é o comprimento médio da ordem analisada. L_{w+1} é o comprimento médio dos canais da ordem seguinte.	O comprimento médio dos segmentos de ordens sucessivos tende a formar uma progressão geométrica cujo primeiro termo é o comprimento médio dos segmentos de primeira ordem e tem por razão uma relação de comprimento constante.
Declividade dos canais	Taxa declividade média = R_s	S_w é a declividade média da ordem analisada. S_{w+1} é a declividade média da ordem seguinte.	Em uma determinada BH há uma relação definida entre a declividade média dos canais de certa ordem e a dos canais de ordem imediatamente superior, que pode ser expressa por uma série geométrica inversa, na qual o primeiro termo é a declividade média dos canais de primeira ordem e a razão é a relação entre os gradientes dos canais.

(continua...)

(conclusão.)

Área das bacias	Taxa de área = Ra	A_w é a área média das bacias de cada canal da ordem analisada.	As áreas médias das BH de segmentos de canais de ordem sucessivos tendem a formar uma progressão geométrica cujo primeiro termo é a área média das bacias de primeira ordem e a razão de incremento constante é a taxa de área.
-----------------	---------------------	---	---

Fonte: Horton (1945)

Os índices morfométricos estimados foram:

- 1) Área da BH (A) – dada em km^2 numa projeção plana.
- 2) Perímetro da BH (P) - comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas que delimita área da bacia hidrográfica (km).
- 3) Comprimento total dos cursos fluviais (Lt) - refere-se à soma de todos os comprimentos dos rios da BH (km).
- 4) Densidade de drenagem (Dd) - relação existente entre o comprimento total de todos os cursos fluviais da BH (Lt) e a área contribuinte (A), sendo obtida pela equação: $Dd = Lt / A$, em (km/km^2) .
- 5) Número total de segmentos (Nr) – número de segmentos fluviais em cada ordem, de acordo com a hierarquização de Strahler (1957).
- 6) Comprimento do canal fluvial principal (Rp) - comprimento do curso fluvial que possui a maior distância, iniciando pela foz e que se encontra dentro da BH (km).
- 7) Curva hipsométrica - gráfico que representa a distribuição do relevo de acordo com sua altitude, indicando a percentagem de área de drenagem que existe acima ou abaixo das várias altitudes.
- 8) Amplitude topográfica (Hm) – diferença entre o ponto mais elevado da BH e a exutória do canal fluvial principal.
- 9) Perfil longitudinal do curso fluvial principal - modelo que relaciona a altitude em metros do canal fluvial com as suas distâncias representando o perfil longitudinal do rio principal da sua nascente até a exutória.
- 10) Declividade do canal principal (SRp) – relação (m/m) entre a Amplitude altimétrica do canal principal (ΔH) e o seu comprimento total (Rp), sendo obtida pela equação: $SRp = \Delta H / Rp$.
- 11) Mapa clinográfico e hipsométrico: esses mapas fornecem elementos morfométricos, morfográficos

e até dinâmico, e permitem a inferência de processos dominantes (escoamento, erosão, movimentos de massa entre outros) de acordo com a energia do relevo (TONELLO, 2005). Na elaboração do mapa de declividade, a classificação de classes proposta por Ross (1994) foi utilizada, sendo mapeadas as classes com declividades menores de 6, de 6 a 12, de 12 a 20, de 20 a 30 e maiores de 30%. Para o mapa hipsométrico, foram estabelecidas 13 classes temáticas com equidistância de 20 metros, distribuídas no intervalo de 920 a 1180 metros de altitude.

Resultados e discussões

Um dos principais aspectos da BH é a rede de drenagem, que depende não só da pluviosidade e topografia, como também da cobertura vegetal, do tipo de solo, da litologia e da estrutura das rochas (SUGUIO e BIGARELLA, 1990). Ao aplicar a proposta de hierarquização fluvial de Strahler (1957) na BHRC, ela foi classificada como de 4ª ordem (Figura 02).

Na tabela 2, são apresentados os resultados obtidos na aplicação das Leis de Horton. Com relação à primeira Lei de Horton (Nw) nota-se que a média do coeficiente de bifurcação (Rb) é de 4,5 estando dentro do valor sugerido na literatura, que deve ser entre 3 e 5. No que se refere à segunda Lei Horton (Rl), a média da taxa de comprimento é de 2,7 km, sendo a maior diferença observada nos segmentos de ordem 2 e 3, (com 1,2 e 5,2 respectivamente), no entanto, considerando a média, o valor se aproxima do esperado, que deve ser constante e próximo a 2.

Tabela 2 - Resultados da aplicação das Leis de Horton para a BHRC

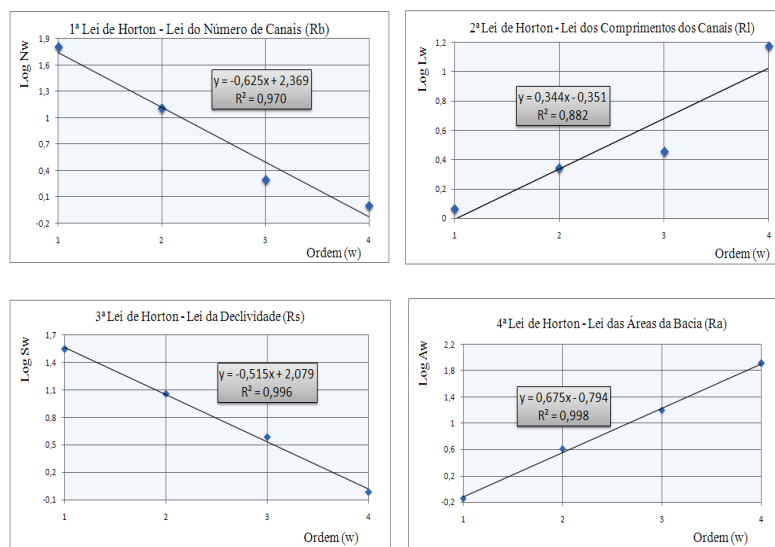
Ordem (W)	Nw	Log ₁₀ Nw	Rb	Lw		Rl	Sw		Rs	Aw		Ra	Área total (km ²)
				média (m)	Log ₁₀ Lw		média (m/m)	Log ₁₀ Sw		média (km ²)	Log ₁₀ Aw		
1ª	65	1,81	5	1,16	0,06	1,9	0,034	0,06	3,04	0,71	-0,14	5,6	46,8
2ª	13	1,11	6,5	2,20	0,34	1,2	0,011	0,78	2,98	4,06	0,60	3,9	52,37
3ª	2	0,30	2	2,85	0,45	5,2	0,0038	1,41	3,98	15,9	1,20	5,0	31,81
4ª	1	0		15	1,17		0,0009	2,09		81	1,90		81
Média			4,5			2,7			3,3			4,8	

LEGENDA: Nota: Nw - número de canais; Rb - taxa de bifurcação; Lw - comprimento médio; Rl - taxa de comprimento; Sw - declividade média; Rs - taxa de declividade; Aw - área média; e Ra - taxa de área.

Já sobre a terceira Lei de Horton (R_s), pode-se verificar que o valor médio da taxa de declividade foi de 3,3 m/m, com valores próximos entre as ordens. Por último, têm-se a quarta Lei de Horton (A_w), que apresenta um valor médio de taxa de área de 4,8. Para Borsato e Martoni (2004) resultados empíricos indicaram uma variação desse valor entre 3,0 e 6,0 para as BHs naturais, dessa maneira a BHRC está dentro do limite estabelecido para este parâmetro. Contudo, estudos futuros devem considerar e avaliar o impacto das alterações antrópicas, potencializadas pela urbanização, na alteração das características morfométricas da BHRC.

Na Figura 2, estão os gráficos de correlação que apresentam as Leis de Horton. O gráfico da primeira Lei de Horton (L_w) apresenta uma correlação negativa (r^2 0,970). Já no gráfico referente à segunda Lei de Horton (R_l) verifica-se uma menor correlação dentre todas as quatro leis (r^2 0,882) apresentando um distanciamento significativo da linha de tendência as ordens 3 e 4. Enquanto nos gráficos da terceira Lei de Horton (R_s) e quarta Lei de Horton (R_a) constata-se um expressivo índice de correlação, com um r^2 de 0,996 e r^2 de 0,998, respectivamente. Assim, pode-se afirmar que as quatro leis de Horton são válidas na BHRC.

Figura 2 - Gráficos de correlação da Bacia Hidrográfica do Rio Cascavel



Organizado pelos autores (2010).

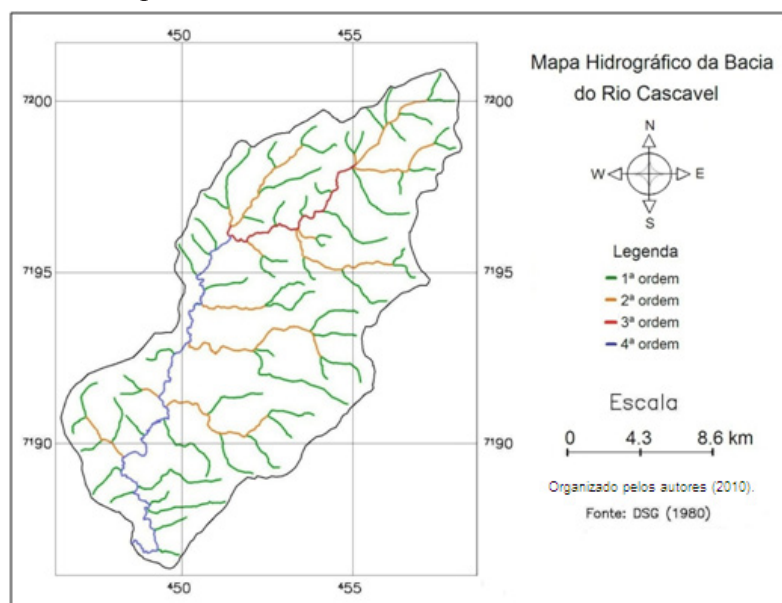
A BHRC apresenta característica do padrão de drenagem dendrítica ou arborescente, de acordo com a classificação geométrica dos padrões

de drenagem proposto por Suguio e Bigarella (1990) (Figura 3). Essa composição de padrões de drenagem na BHRC se deve, primeiramente, ao desenvolvimento dos canais sobre rochas (basalto) com resistência uniforme, que condiciona o padrão arborescente.

No entanto a rede de drenagem também tem sua configuração influenciada pelo controle estrutural, na BHRC principalmente, pela Falha do Rio Cascavel. Esta tem seu desenvolvimento associado à estrutura tectônica de uma falha geológica, com direção geral N25°E. A BHRC apresenta uma configuração da rede de drenagem assimétrica, com alinhamento do canal principal na margem direita da bacia e um maior desenvolvimento dos tributários da margem esquerda (Figura 3). Além da falha principal, Falha do Rio Cascavel, são comuns também outras lineações estruturais, representadas por fraturamentos verticais e horizontais que condicionam certo paralelismo em alguns tributários do Rio Cascavel (MINEROPAR, 1992).

Com relação ao padrão assimétrico da rede de drenagem da BHRC, cabe destacar também as alterações nos processos hidrogeomorfológicos potencializados pela urbanização. Os canais tributários da margem esquerda por drenarem uma área maior, tendem a apresentar maior fluxo. No entanto com a urbanização e ocupação das áreas ribeirinhas, os processos de precipitação-infiltração-percolação têm sido alterados favorecendo a concentração de maiores volumes de descarga líquida em eventos pluviométricos que, conseqüentemente, podem potencializar a ocorrência de inundações. (Figura 3).

Figura 3 – Hierarquia fluvial da BHRC



Organizado pelos autores (2010). Fonte: DSG (1980)

Na Tabela 3 são apresentados os resultados referentes aos parâmetros morfométricos da BHRC. O quociente da área da bacia, que é de aproximadamente 81,03 km² com o do comprimento dos cursos fluviais, que é de 124,84 km resultou numa densidade de drenagem de 1,54 km/km². Dessa forma pode-se afirmar que a BHRC é mediamente drenada, tomando como base a proposição de Villela e Mattos (1975), na qual a densidade varia de pobre (0,5 km/km²) a bem drenada (> 3,5 km/km²).

Os parâmetros morfométricos fator de forma e coeficiente de compacidade são os mais utilizados para verificar-se se as BHs são suscetíveis a inundações, por influenciar no tempo de concentração da bacia. Para Villela e Mattos (1975) o fator de forma demonstra uma relação da bacia com um retângulo e também indica a maior ou menor probabilidade de enchentes, já o coeficiente de compacidade demonstra a proximidade da forma da BH com um círculo.

O fator de forma da BHRC é de 0,3 indicando que a forma da bacia, de modo geral, não favorece a concentração do fluxo fluvial, ou seja, permite que os fluxos dos tributários cheguem à exutória da bacia em tempos diferentes, com o início da chuva. Analogamente ao fator forma, o coeficiente de compacidade da bacia foi de 1,4, indicando que a forma da BHRC distancia-se da forma circular.

No entanto, quando a BH tem uma área significativa ocupada pela urbanização, essas relações podem ser invalidadas, pois as obras de infraestrutura urbana (casas, ruas e obras de engenharia em geral) alteram a dinâmica dos processos de infiltração e percolação. Amaral e Thomaz (2008) identificaram na área urbana de Guarapuava vários pontos de alagamentos ao fazerem um estudo considerando o recorte temporal de 1998 e 2006.

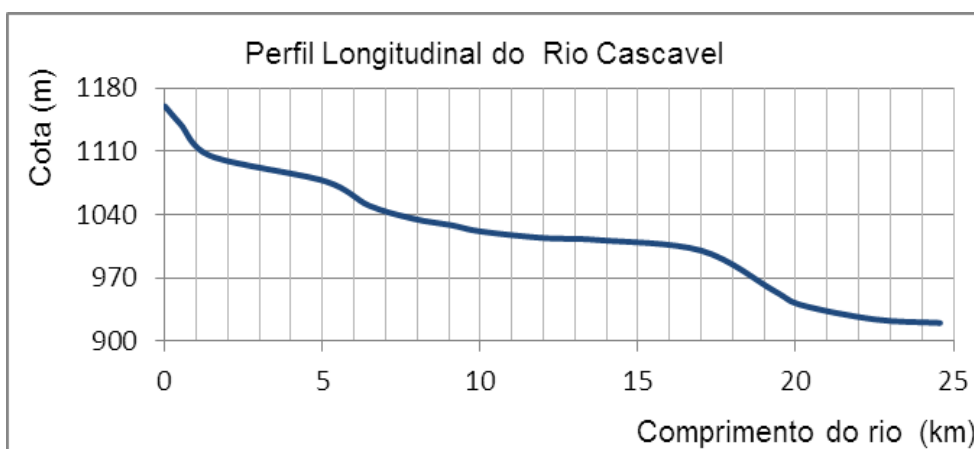
Tabela 3 - Índices morfométricos da BHRC

Índices	Valores obtidos
Área (A)	81,03 km ²
Perímetro (P)	44,72 km
Comprimento total dos cursos fluviais (Lt)	124,84 km
Densidade de drenagem (Dd)	1,54 km/km ²
Comprimento do rio principal (Rp)	24,40 km
Densidade de rios (Dr)	1,00
Amplitude topográfica (Hm)	256,00 m
Declividade do canal Principal (SRp)	10,00 m/km
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,40
Fator de Forma (F)	0,30

Organizado pelos autores (2010).

Outra variável importante na rede de drenagem é o perfil longitudinal do canal principal, sendo responsável pelo escoamento fluvial na BH. Na Figura 4, é possível observar o perfil longitudinal do Rio Cascavel, que apresenta trechos côncavos e convexos. Essas irregularidades ao longo do perfil devem-se a significativas rupturas de declives, principalmente no curso inferior, condicionando a presença de corredeira/cachoeiras em detrimento do controle estrutural de falhamento.

Figura 4 - Modelo do perfil longitudinal do Rio Cascavel

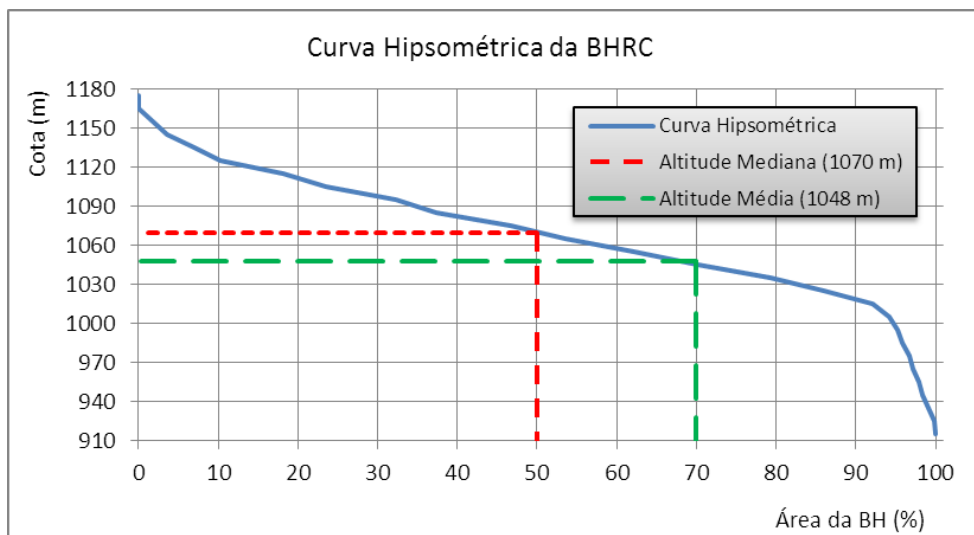


Organizado pelos autores (2010).

O Rio Cascavel apresenta uma declividade média de aproximadamente 10m/km, no entanto, não uniforme ao longo do canal, pois as maiores declividades do canal fluvial estão distribuídas nos trechos fluviais próximos à nascente e à foz. Essa disparidade pode ser vista pela declividade média de apenas 3m/km no trecho intermediário (curso médio da BH) do perfil longitudinal (entre 8 e 16 km).

A figura 5 apresenta a Curva Hipsométrica da BHRC, na qual se observa a distribuição do relevo. A linha vermelha representa a altitude mediana de 1.070m, enquanto que a linha verde representa a altitude média de 1048m da BH.

Figura 5 - Curva hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Cascavel



Organizado pelos autores (2010).

Ressalta-se que nos estudos hidrológicos a média pode não ser representativa do universo da pesquisa, pois ela pode ser influenciada por valores extremos, dessa forma é usual também representar a mediana, sendo esta menos sensível a valores extremos se comparado com a média. Os indicadores hipsométricos possibilitam estudar as inter-relações existentes em determinada unidade horizontal de espaço no tocante a sua distribuição em relação às faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada por determinada isoípsa base (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A amplitude topográfica (Hm) é facilmente visualizada na curva hipsométrica, que possui a maior altitude em 1176 metros e a menor com 920 metros, sendo a diferença desses dois extremos a Hm da bacia, ou seja, 256m. A definição desse índice é essencial para a caracterização das BHs, pois a amplitude do relevo influencia na temperatura, na perda de água que ocorre pela evapotranspiração e também na perda de volume de material da bacia (o que foi erodido) pelo entalhamento do canal.

A BHRC apesar de apresentar a menor altitude em 920 m, verificou-se que cerca de 90% do total da área está inserida nas classes que apresentam terrenos com altitudes acima dos 1020 m (Tabela 4).

Tabela 4 - Classes altimétricas da BHRC

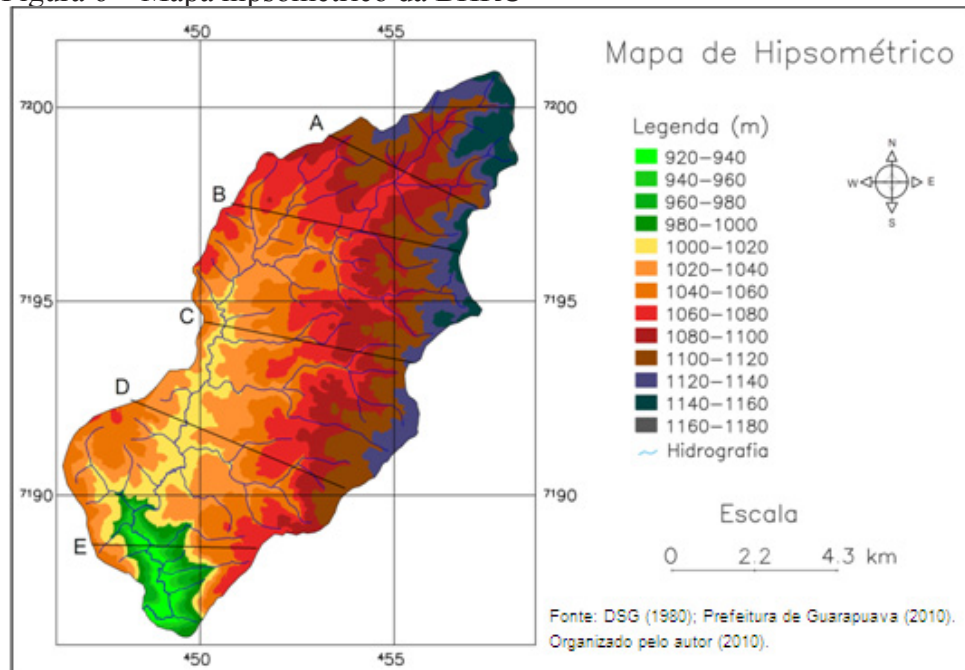
Classe altimétrica (m)	Área em cada classe (km ²)	Percentual por classe	Percentual acumulado
< - 940	1,326	1,637	1,637
940 - 960	0,927	1,144	2,781
960 - 980	1,108	1,367	4,149
980 - 1000	1,365	1,684	5,833
1000 - 1020	6,578	8,115	13,94
1020 - 1040	12,80	15,80	29,75
1040 - 1060	13,49	16,65	46,40
1060 - 1080	13,19	16,27	62,68
1080 - 1100	11,19	13,80	76,48
1100 - 1120	10,67	13,16	89,65
1120 - 1140	5,500	6,785	96,44
1140 - 1160	2,825	3,485	99,92
> - 1160	0,060	0,074	100,00
Total	81,03	100,00	100,00

Organizado pelos autores (2010).

A variação da precipitação tem relação com a Hm, assim como a dinâmica do escoamento superficial, da infiltração, do tempo de concentração e do deflúvio médio (VILELLA e MATTOS, 1975). Quanto à variação da temperatura em relação à altitude, Fritzsons *et. al.*, (2008) após analisar as séries históricas das estações meteorológicas do Paraná definiram o gradiente térmico do Estado em 126 metros. Esse se refere à média do mês de janeiro considerando todas as estações meteorológicas do Paraná (excluindo as do litoral), ou seja, há uma diminuição média de 1°C a cada 126 metros de altitude no Estado. Portanto, pode-se considerar que a BHRC possui uma significativa amplitude altimétrica (256 metros) que deve influenciar na temperatura e outros processos meteorológicos derivados.

No mapa hipsométrico, é possível notar que as maiores altitudes da bacia estão presentes nos divisores topográficos a leste do Rio Cascavel (Figura 6).

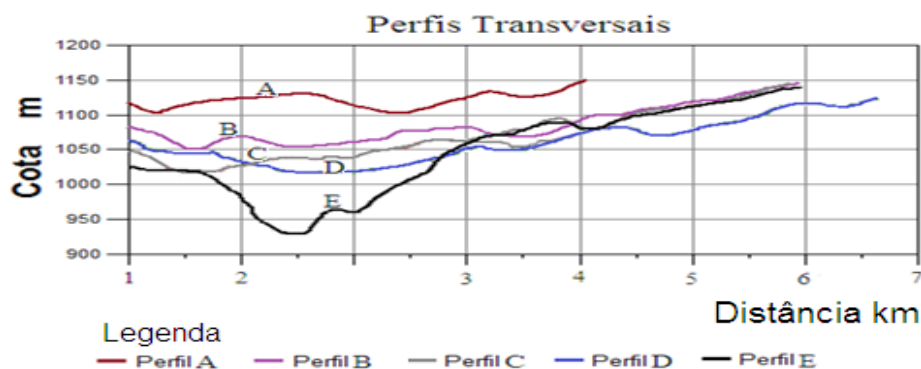
Figura 6 – Mapa hipsométrico da BHRC



Organizado pelos autores (2010). Fonte: DSG (1980); Prefeitura de Guarapuava (2010)

Na BHRC foram traçados cinco perfis transversais, nas quais se pode observar o predomínio de vertentes convexas próximo aos divisores intercalado por vertentes côncavas nas áreas próximas aos cursos fluviais (Figuras 6 e 7) Os perfis de maneira geral apresentaram declividades moderadas com certo equilíbrio nos seus contornos, no entanto cabe destacar o perfil E que em decorrência do controle estrutural, apresentou um entalhamento do perfil, que condiciona significativa energia ao fluxo e aos processos erosivos.

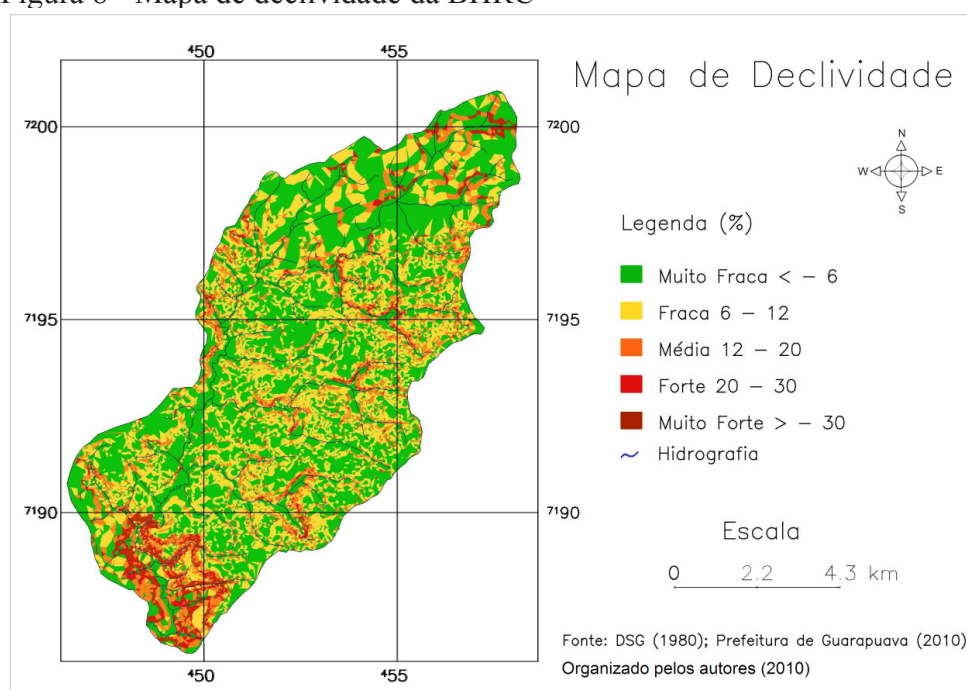
Figura 7 – Perfis Transversais da BHRC



Organizado pelos autores (2010).

O aspecto clinográfico, juntamente com a densidade da cobertura vegetal, tipo de solo, intensidade das chuvas e os aspectos antrópicos condicionam a velocidade de escoamento e na quantidade de água armazenada no solo. Portanto a declividade, dentre outros fatores, é relevante ao planejamento ambiental, tanto para o cumprimento da legislação ambiental brasileira, quanto para garantir a eficiência das intervenções do homem no meio (ROMANOVSKI, 2001). A BHRC apresenta declividades acentuada sendo a maioria influenciada pelas características geomorfológicas (falhas) que condicionam rupturas de declive, principalmente na sua porção inferior (Figura 8).

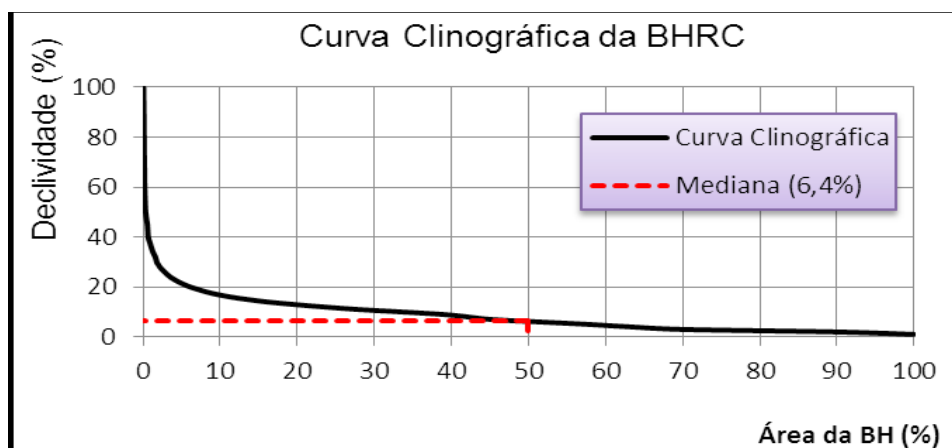
Figura 8 - Mapa de declividade da BHRC



Organizado pelos autores (2010). Fonte: DSG (1980); Prefeitura de Guarapuava (2010).

No entanto, analisando a mediana (6,4%) das declividades da bacia essa não apresenta áreas significativas com grandes declividades. Pela curva clinográfica da BHRC esta mantém uma ascendência moderada da sua declividade, sendo pequena a área com declividades acima dos 20% (Figura 9).

Figura 9 - Curva Clinográfica da BHRC



Organizado pelos autores (2010)

A Tabela 5 apresenta as informações quantitativas, nela se observa que as declividades acima dos 20% equivalem a pouco mais dos 5% da área total da bacia.

Tabela 5 - Classes de declividade, área e percentual de cada classe na BHRC

Classe de declividade (%)	Área em cada classe (km ²)	Percentual por classe	Percentual acumulado
< - 06	39,27	48,46	48,46
06 - 12	25,77	31,81	80,27
12 - 20	11,61	14,34	94,61
20 - 30	3,04	3,75	98,36
> - 30	1,33	1,64	100,00
Total	81,02	100,00	100,00

Organizado pelos autores (2010).

A quantificação e mapeamento das classes de declividade do terreno na BHRC permitem inferir que a porção inferior da bacia (curso inferior) apresenta mais vertentes sujeitas aos processos morfodinâmicos (erosão), requerendo maiores cuidados quanto ao uso e ocupação da terra.

Considerações finais

A BHRC possui uma declividade de 6,4% (mediana) constituindo um relevo pouco dissecado, drenagem média de 1,54 km/km² e precipitação média anual de 1960 mm. O padrão de drenagem é do tipo dendrítico com alto grau de ramificação, condicionado pelo substrato rochoso.

A BH tem grande parte dos seus processos naturais influenciados pela presença de uma Falha Geológica no sentido 25°N que implica um padrão de drenagem assimétrico, sendo os tributários da margem esquerda da bacia mais desenvolvidos. Esse controle estrutural também favorece significativas rupturas de declive na porção inferior da bacia com a presença de corredeiras e cachoeiras, condicionando aumento na energia do fluxo superficial.

A parte central da bacia é, na sua maior parte, ocupada pela área urbana de Guarapuava, que potencializa alterações nos processos hidrológicos e conseqüentemente a ocorrência de alagamentos e enchentes. Assim pode-se afirmar que naturalmente a morfometria da BHRC restringe áreas à ocupação humana, principalmente nas depressões e planícies de inundações na porção central da bacia.

Portanto, é necessário um zoneamento das áreas adjacentes ao longo dos cursos urbanos para determinar, com base em cotas topográficas, as áreas com mais potencialidades a serem alagadas durante as inundações, a fim de minimizar os desastres naturais relacionados à ocupação urbana. É importante que as áreas de cabeceira, na porção montante da bacia onde há área de capoeirões e nascentes, sejam preservadas a fim de poder manter certo equilíbrio na dinâmica fluvial do Rio Cascavel.

Por fim, conclui-se que o conhecimento das características morfométricas da BHRC contribuiu significativamente para o planejamento e o manejo do uso e ocupação do solo. Contudo, o presente trabalho não tem o intuito de dar por encerradas as discussões referentes aos processos socioambientais existentes na BHRC. A pesquisa proporcionou um diagnóstico preliminar, fornecendo subsídios para futuros trabalhos na área, a fim de melhor analisar os impactos antrópicos com destaque para a expansão urbana.

Referências

AMARAL, A. A. THOMAZ, E. L. Identificação de áreas de alagamento na cidade de Guarapuava, Paraná: período de 1998-2006. In: GOMES, M. F. V. *et al.* (Org.) *Cidade, cultura e ambiente: sob a perspectiva geográfica*. Guarapuava: UNICENTRO, 2008. p. 181-202.

BORSATO, F.; MARTONI, A. M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. In: *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*. Maringá, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004.

BRASIL. *Lei Federal N.º 9.433, de 8 de Janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial [República Federativa do Brasil], Brasília, 9 jan. 1997.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1980.

DIAS-OLIVEIRA, E. *Impactos da urbanização na geometria hidráulica de canais fluviais da bacia hidrográfica do rio Cascavel*, Guarapuava/PR. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Guarapuava, 2011.

DIAS-OLIVEIRA, E.; BORSATO, V. A. Propriedades morfométricas da bacia hidrográfica do córrego Marumbizinho, Jandaia do Sul/PR. *Revista geografar (UFPR)*, v.6, p.76 - 94, 2011.

DIAS-OLIVEIRA, E. *et al*, Caracterização fisiográfica da bacia de drenagem do córrego Jandaia, Jandaia do Sul/PR. *Acta Geográfica*, v.5, p.169 - 183, 2011.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; e AGUIAR, A. V. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. *Revista de Estudos Ambientais (REA)* v.10, n. 1, 2008. p. 49-64.

GOMES, M. F. V. B. *Trajectoria ambiental de Guarapuava: leituras da paisagem*, 352 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente : [s.n], 2009.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. *GeolSoc. Am. Bull.* v.56, n.3, p.275-370, 1945.

MAACK, R. *Geografia física do estado do Paraná*. 3. ed. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, Universidade Federal do Paraná, Instituto de Biologia e Pesquisa Tecnológica, 2002.

MINEROPAR, Minerais do Paraná. *Geologia de planejamento: Caracterização do meio físico da área urbana de Guarapuava*. Curitiba: MINEROPAR, 1992.

PERES, C. K. *et al*. Diagnóstico da qualidade da água do rio Cascavel, município de Guarapuava, Estado do Paraná. *Ambiência*. Guarapuava, PR v.4 n.1 p.25-35, jan./abr. 2008.

- ROMANOVSKI, Z. *Morfologia e aspectos hidrológicos para fins de manejo da microbacia da Rua Nova, Viçosa-MG, para fins de manejo*. 2001. 99f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, n.8 p.63-74, 1994.
- SILVA, J. M. *Valorização fundiária e expansão urbana recente de Guarapuava-PR*. 1995. 167f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed Geomorphology. *Am. Geophys. Union Trans.* 38 (6): 913-920, 1957.
- SUGUIO, K.; BIGARELLA, J.J. *Ambientes fluviais*. 2. ed. Florianópolis. UFSC. 1990.
- TEODORO, V. L. *et al.* Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. In: *Revista Uniara: Revista do Centro Universitário de Araraquara, Araraquara/SP*. n. 20, p. 137-156. 2007.
- THOMAZ, E. L. Introdução ao monitoramento ambiental em cabeceira de drenagem urbano-rural. In: FERREIRA, Y. N. (org) *Águas urbanas: memória, gestão, riscos e regeneração*. Londrina: Eduel, 2007.
- THOMAZ, E. L. VESTENA, L. R. *Aspectos climáticos de Guarapuava-PR*. Guarapuava: UNICENTRO, 2003.
- TONELLO, K.C. *Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhões, MG*. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- VESTENA *et al.* Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Caeté, Alfredo Wagner/SC. In: *VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology*. Goiânia, 2006.
- VESTENA, L. R.; SCHMIDT, L. P. Algumas reflexões sobre a urbanização e os problemas socioambientais no centro-sul paranaense. In: *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*. Maringá, v. 31, n. 1, p. 67-73, 2009.
- VILLELA, S. M; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975.