

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS
DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: ARROIO
OLARIAS - PONTA GROSSA/PR

*Physical properties analyses of the
hydrographical basins: the case of Arroio
Olarias - Ponta Grossa/PR*

Luiz Augusto DIEDRICHS*

RESUMO

O objetivo da realização desse trabalho é a caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica do arroio Olarias, município de Ponta Grossa/PR. Os cálculos e análise morfométrica para caracterização ambiental foram realizados por CHRISTOPOLLETTI (1974). Foram obtidos vários parâmetros e, entre esses, foram evidenciadas três regiões de comportamento hidrológico distinto. A região das nascentes apresenta rede de drenagem densa, bem distribuída e acentuada declividade, o que proporciona rápido escoamento e alto potencial erosivo. No instante da beira a declividade é baixa, impulsionando trechos vivos a encheres e acúmulo de detritos. Estes resultados permitem identificar as áreas com potencialidade de risco e auxiliar no planejamento da urbanização desta bacia hidrográfica.

*Palavras-chave: bacia hidrográfica, morfometria, análise ambiental.

ABSTRACT

The objective of this work is the morphometric and hydrological characterization of the arroio Olarias hydrographic basin, in the municipality of Ponta Grossa, State of Paraná. The calculation and morphometric analysis for environmental characterization were staved by CHRISTOPOLLETTI (1974). Several patterns were obtained and three regions of distinct hydrological behavior was evidenced from those. The spring waters region presents a dense drain web, well distributed

* Departamento de Meio Ambiente – Prefeitura Municipal de Ponta Grossa.
Mestre em Geografia - Universidade Federal do Paraná e diretor de Informações do Centro Tecnológico IZOMAR.

and with high declivity, which provides fast dripping and high erosion potential. In the rest of the basin the declivity is low, forming areas exposed to flooding and residue accumulation. These results allow for identification of the areas with potential risks and help in the urban planning of the hydrographic basin.

Key-words: basin hydrographic; morphometric; ambient analysis.

INTRODUÇÃO

O uso dos recursos naturais vem crescendo assustadoramente nas últimas décadas e tem ocasionado desequilíbrios nos ecossistemas, assim como o crescimento populacional e a migração da população rural para as cidades vêm proporcionando uma expansão das áreas urbanizadas.

O conhecimento do meio ambiente, processos que interagem na sua formação, relevo, clima, hidrologia, formas de exploração, impactos sociais e econômicos são alguns dos componentes necessários a um processo de planejamento.

O objetivo da realização deste trabalho é a caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica do arroio Olarias, no município de Ponta Grossa/PR, de forma a propiciar informações e mecanismos que permitam subsidiar o processo de decisão quanto ao planejamento de exploração e/ou recuperação de uma determinada área.

Os cálculos e análise morfométrica para caracterização ambiental foram pautados por CHRISTOFOLETTI (1974).

REFERENCIAL TEÓRICO

O planejamento e pesquisa sobre as questões ambientais passam pela análise hidrológica em subsistemas ou canais que compõem a rede de drenagem de um determinado espaço geográfico. Para a delimitação deste espaço, têm-se utilizado como referência de estudo a bacia hidrográfica, que pode ser definida como uma zona delimitada topograficamente, onde as águas incidentes são drenadas por um sistema fluvial e desaguam em um ponto de cota mais baixo do curso principal de água ou ria. Uma bacia hidrográfica é descrita como uma unidade fisiognômica e também, em muitas ocasiões, uma unidade socioeconômica-política para o planejamento e ordenamento dos recursos naturais (FAO, apud RIZZI et al., 1999).

As características físicas de uma bacia hidrográfica são elementos de grande utilidade prática, existindo uma estreita correspondência entre o regime hidrológico e estes elementos. Assim, o estudo da rede hidrográfica permite a compreensão e elucidação de numerosas questões geomorfológicas relacionadas com a produção da paisagem terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Segundo FEDRICH [199?], praticamente todos os elementos do regime fluvial são relacionados direta ou indiretamente com as características físicas das áreas de drenagem. Dessa forma, através de métodos de medição e de representação numérica das diferentes características físicas das bacias hidrográficas, pode-se inferir o comportamento da rede de drenagem.

O desenvolvimento de sistemas hidrográficos e bacias de drenagem foi explicado por HORTON (CARVALHO; PIEDADE; FRANÇA, 1978) através de processos de erosão hídrica que, para um dado ambiente, dependem principalmente das proporções de infiltração e defluvio. Este mesmo autor adverte que o desenvolvimento de rios e respectivos vales, em determinada área, podem ser modificados posteriormente por estruturas ou distúrbios geológicos. Já FEDRICH [199?] considera que o estudo das características e extensão dos reservatórios dos depósitos geológicos é fundamental para o conhecimento adequado dos aquíferos e das relações destes com as demais formas de ocorrência de água. De acordo com CARVALHO (CARVALHO; PIEDADE; FRANÇA, 1978), uma rede de drenagem bem desenvolvida implica na existência de materiais pouco permeáveis, enquanto uma escassa rede de drenagem superficial é indicativa de alta infiltração e boa permeabilidade.

O conhecimento dos fatores edáficos e geológicos é de fundamental importância para o entendimento da dinâmica do ciclo hidrológico. O escoamento através de um curso d'água de uma bacia qualquer depende das diferentes formas de contribuição que recebe pela precipitação, defluvio superficial, defluvio subsuperficial e defluvio subterrâneo. Assim, os tipos de solos (textura, profundidade e estrutura) numa bacia hidrográfica e as formas geológicas existentes influenciam diretamente em todas estas formas de contribuição hídrica, no armazenamento e movimento de água no solo.

A cobertura vegetal das bacias hidrográficas varia em extensão e natureza dos fatores do ambiente e ação antrópica sobre ela. Os efeitos da cobertura vegetal sobre os processos hidrológicos são variáveis e influenciam a disponibilidade de água no solo pela interceptação, retardamento e desvio do escorrimento superficial. Alteram o processo

erosivo, a velocidade de infiltração de água no solo e a dinâmica da evapotranspiração.

Ainda segundo FEDRICH (1997), os divisores de água de uma bacia hidrográfica podem ser identificados como um divisor topográfico ou superficial, um divisor freático ou subterrâneo e um divisor subsuperficial. Cada um destes divisores fixa perimetralmente uma área, da qual é derivada uma das formas de drenagem da bacia. Nem sempre os limites destes divisores são coincidentes. De forma geral, pela facilidade de identificação, admite-se que a área da bacia de drenagem é aquela determinada pelo divisor topográfico. O tamanho de uma bacia de drenagem é, portanto, determinado pela área de projeção, num plano horizontal, da superfície de terrenos que conduzem drenagem superficial para os leitos da bacia. Pode-se generalizar que quanto maior for a bacia de drenagem, tanto menor será a amplitude de variação dos desflúvios e maior a uniformidade do escoamento fluvial.

A ideia da área de contribuição pressupõe que toda a água da chuva que atinge o horizonte mineral do solo da bacia irá escoar, na superfície ou subsuperficialmente, desde os divisores de água até os fundos dos vales, onde serão então coletados pelo sistema de canais.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Ponta Grossa/PR teve seu processo de ocupação urbana grandemente influenciado pelo relevo e topografia local. A rede hidrográfica representou importante papel na formação da paisagem urbana, produzindo feições típicas (LAROCCA et al., 1997). O relevo é ondulado, marcado pela formação de vales profundos, com grande inclinação das encostas. Segundo estudos de MORO (1997), junto aos fundos de vales estabeleceram-se matas de galerias, tornando a paisagem original, de campos nativos, diferenciada. Estas formações típicas contam com a marcante presença de araucária e formações brejosas, podendo ainda hoje ser observados remanescentes desta tipologia florestal em toda a área da bacia hidrográfica.

Segundo o IBGE, a área em estudo localiza-se entre os paralelos 25°05'17" e 25°10'10" de latitude Sul e entre 50°06'41" e 50°10' de longitude Oeste-Greenwich. Ver figura 1.

A bacia hidrográfica do arroio Olarias drena aproximadamente 2.631,22 hectares (ANDRADE FILHO, 1997). Segundo LAROCCA (1997), correndo em direção Sul, o canal principal apresenta suas nascentes no

contato entre a Formação Campo do Tenente e a Formação Ponta Grossa. No curso superior, o relevo apresenta a tipicidade da região central, com relevo ondulado e fundo de vales com encostas íngremes e, frequentemente, os arroios formam pequenas cascatas.

Estudos efetuados por GODOY e MELO (1997) identificaram que nas áreas planificadas da bacia hidrográfica são encontradas rochas sedimentares paleozóicas da Formação Ponta Grossa, recobertas por uma capa aluvial com espessura média de cerca de 7 metros, ocorrendo, nas várzeas, depósitos aluviais de constituição dominantemente argilosa, saturados de água, sem resistência ao cislamento e muito expansivos.

A análise de vegetação efetuada por MORO (1997) permite inferir que a área da bacia hidrográfica do arroio Olarias é representativa de uma associação florística original de campos úmidos com mata de galeria, ocorrendo casos em que a vegetação desenvolve-se em locais permanentemente alagados e áreas constantemente úmidas, porém não encharcadas. Em áreas aluvionares mais elevadas, as vegetações originais típicas apresentam-se muito alteradas devido à ação antrópica, no entanto, são encontradas formações pioneiras de capão.

O arroio Olarias, afluente da bacia do rio Cará-Cará e do rio Tibagi, é o curso de água de maior importância de toda a bacia hidrográfica, apresentando suas nascentes na região central da cidade. Desloca-se em direção Sul, recebendo a contribuição de inúmeros afluentes, em sua grande maioria, sem denominação. Foram identificadas dezoito sub-bacias hidrográficas de importância (ANDRADE FILHO, 1997).

A precipitação média (para o ano de 1995) foi igual a 1.507,5 mm; evaporação total de 920,2 mm e quantidade de horas de insolação igual a 2.119,1 h. Segundo Koeppen, verifica-se que a região em estudo está sob a influência do tipo climático Cfb, que é um clima mesotérmico, úmido e superúmido, sem estação seca, com verões frescos e com média do mês mais quente inferior a 22°C, as geadas são mais severas e mais freqüentes, com altitudes superiores a 850-900 m.

O relevo da bacia hidrográfica do arroio Olarias é relativamente acidentado nas cabeceiras dos arroios (nascentes), com encostas íngremes e drenagem entalhada em vales profundos. Na figura 2 podem ser observados os dados planimétricos com as curvas de nível, a cada 5 metros, variando de cotas 785,0 a 970,0 metros acima do nível do mar. No restante da área, o relevo é mais suave, com colinas amplas, de pequena amplitude e topo convexos a planos, com raras vertentes mais íngremes. A assimetria da bacia hidrográfica é significativa, com relevo mais suave na margem direita e relevo mais íngreme e acidentado na margem esquerda.

O substrato geológico é representado por folhelhos argilosos a siltosos da Formação Ponta Grossa, com raras e delgadas intercalações de arenitos finos, e intrusivas básicas de rochas do Magmatismo Geral (Jurássico-Cretáceo). Depósitos mais recentes são representados por aluvões nas planícies de inundação e depósitos sugestivos de importante fase pré-aluvial de denudação de encostas e entalhamento dos talvegues: leque aluvial, rampas coluvio-aluviais, terracos aluviais (GOOOY; MELO, 1997), indicando a existência de intensos processos erosivos nas cabeceiras dos cursos d'água.

Segundo estudos de MORO (1997), são encontrados nesta bacia, diversas áreas representativas de 7 regiões fitoecológicas. Verifica-se nos fundos de vale, mais especificamente nas planícies de inundação, a presença da formação pioneira com influência fluvial associada, em determinados trechos, a formação estepe gramíneo-lenhosa com floresta-de-galeria. Na porção mediana e terço final (jusante) da bacia, são encontrados remanescentes de floresta ombrófila mista com a presença de remanescentes de Araucária ou Pinheiro-do-Paraná e espécies associadas de grande porte. Nas cabeceiras dos cursos d'água, principalmente no terço superior da bacia hidrográfica, são encontradas áreas de floresta ombrófila mista em diferentes graus de regeneração. Nestes locais podem ser observados trechos cobertos com capoeiras em diversos estágios sucessionais. Nas áreas onde a urbanização ainda não se faz presente são encontrados remanescentes de campos nativos, áreas com pastagem, reflorestamento e agricultura cíclica.

METODOLOGIA

A obtenção das cartas topográficas foi efetuada junto à Prefeitura Municipal, que forneceu a base cartográfica digital elaborada a partir do voo de 1995 e restituição aerofotogramétrica na escala de 1:8000. Os mapas de geologia, geomorfologia, vegetação, solos, declividade e planialtimétrico foram obtidos junto ao Núcleo de Estudos em Meio Ambiente, da Universidade Estadual de Ponta Grossa (Nucleam).

A partir da base cartográfica digital, delimitou-se a bacia hidrográfica de estudo, traçando-se as linhas divisoras de água seguindo as linhas de maior altitude de relevo. Efetuaram-se os levantamentos de coordenadas geográficas, rede hidrográfica e complementação dos canais pluviais seguindo as crênelas das curvas de nível.

A seguir, foi efetuada a hierarquização da rede de drenagem pelo método de STRAHLER, levantando-se o número de segmentos de canais por ordem hierárquica. Mediram-se, depois, com a utilização de um curvímetro, os comprimentos dos segmentos de canais por ordem, calculando-se – com o uso de calculadora científica –, os comprimentos médios de cada ordem.

Foram medidos, utilizando-se régua, o comprimento da bacia, mediante uma reta ao longo do rio principal e o comprimento do canal principal, por setores. A amplitude altimétrica da bacia foi determinada a partir da base cartográfica digital. A medição do perímetro e da área da bacia hidrográfica foi efetuada através do aplicativo Autocad R14.

As medições foram efetuadas na bacia hidrográfica como um grande setor de estudo e, tendo em vista que a observação das curvas de níveis e rede de drenagem natural apontava para regiões de comportamento distintas, procedeu-se à divisão da bacia hidrográfica em três setores para estudo:

Setor A, no quartel superior da bacia, localizado das nascentes ao norte até a confluência do arroio Olarias e arroio Coronel Cláudio;

Setor B, margem direita do arroio Olarias, da confluência do arroio Olarias e arroio Coronel Cláudio até sua foz no arroio Cará-Cará;

Setor C, margem esquerda do arroio Olarias, da confluência do arroio Olarias e arroio Coronel Cláudio até sua foz no arroio Cará-Cará.

Obtidos os dados através das medições, procedeu-se à realização de cálculos matemáticos para determinação dos seguintes parâmetros: relação de bifurcação (R_b); relação ponderada de bifurcação (R_{pb}); número teórico de canais por ordem; relação entre os comprimentos médios (R_{lm}); relação entre o índice do comprimento médio e o de bifurcação (R_{lb}); relação ponderada dos comprimentos médios (R_{plm}); número teórico dos comprimentos médios; densidade hidrográfica (D_h); densidade de drenagem (D_d); extensão do percurso superficial (E_p); relação de relevo da bacia (R_r); gradiente por setores e o gradiente total; forma da bacia (índice de compacidade) e índice de circularidade.

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS E HIDROLÓGICAS DA BACIA

Após levantamentos e medições efetuados na área de estudo, chegou-se aos dados apresentados a seguir:

NÚMERO DE CANAIS, COMPRIMENTO DE CANAIS (L_U) E COMPRIMENTO MÉDIO DE CANAIS (L_M)

A hierarquia fluvial consiste na classificação de determinado curso de água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra.

Rede fluvial ou rede de canais é o padrão inter-relacionado de drenagem, formado por um conjunto de rios em determinada área, a partir de qualquer número de fontes até a desembocadura da referida rede. Confluência é o lugar onde dois canais se encontram; fonte ou nascente é o lugar onde o rio inicia; segmento fluvial é o trecho do rio ou do canal, ao longo do qual, a ordem que lhe é associada permanece constante; na base de determinada rede é o rio que recebe somente tributários de ordens mais baixas que a sua.

Quanto maior a ordem de hierarquia, menor o número de canais e maior o comprimento de cada canal.

O número de canais encontrados pode ser observado na figura 2 e tabela 1.

TABELA 1 - NÚMERO DE ORDEM (N_o), COMPRIMENTO (L_U) E COMPRIMENTO MÉDIO (L_M) DE CANAIS DA BACIA DO ARROIO OLARIAS

SETOR	Número de ordem	Número de canais (N _o)	Comprimento de canais (L _U)	Comprimento médio de canais (L _M)
TOTAL	1. ^o	196	39947,36	0,206
	2. ^o	27	14035,00	0,519
	3. ^o	6	7555,87	1,259
	4. ^o	1	7491,22	7,491
	Total		69034,54	
SETOR A	1. ^o	42	11649,12	0,277
	2. ^o	10	4590,50	0,459
	3. ^o	4	4245,61	1,061
	4. ^o	1	789,47	0,789
	Total		21280,70	
SETOR B	1. ^o	23	11290,70	0,490
	2. ^o	6	5296,24	0,662
	3. ^o	1	1508,77	1,508
	4. ^o	1	6701,75	6,701
	Total		24788,46	
SETOR C	1. ^o	41	17017,54	0,415
	2. ^o	9	41410,39	0,460
	3. ^o	1	1798,49	1,798
	4. ^o	1	6701,75	6,701
	Total		29656,19	

COMPRIMENTO E AMPLITUDE ALTIMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

Medindo-se o comprimento da bacia hidrográfica ao longo do seu eixo principal, encontrou-se o valor de 9.494 km, enquanto que os valores encontrados para as altitudes máxima e mínima s.n.m são de 970,5 m e 783,5 m, respectivamente.

Considerando-se os valores acima, deduz-se que a amplitude altimétrica da bacia hidrográfica de estudo é de 187 m.

COMPRIMENTO DO CANAL POR SETORES

Analizando-se as curvas de nível no cartograma (figura 2), observa-se que a área de estudo apresenta três regiões distintas, o que permite a subdivisão em três outras áreas, a saber: a primeira, de maior declividade, pode ser considerada como o quintil superior, ou seja, das nascentes principais até a confluência do arroio Olarias e o arroio Coronel Cláudio, perfazendo aproximadamente 2.846 m; a segunda área, com declividades menores, é composta pela margem direita do canal principal; a terceira é composta pela margem esquerda do canal principal do ponto de confluência dos arroios Olarias e Coronel Cláudio até sua foz no arroio Córrego Cará, perfazendo um comprimento de aproximadamente 6.489 metros.

PERÍMETRO E ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA

O perímetro da área de estudo, depois de demarcado e feita a medição através do aplicativo Autocad, resultou nos valores relacionados na tabela 2, abaixo.

TABELA 2 - PERÍMETRO E ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO OLARIAS

SETOR	PERÍMETRO (km)	ÁREA (km ²)
Total	29,185	25,31
A	10,968	6,980
B	18,082	10,756
C	15,564	8,558

RELAÇÃO DE BIFURCAÇÃO (R_b) E RELAÇÃO PONDERADA DE BIFURCAÇÃO (R_{pb}) DA BACIA DO ARROIO OLARIAS

Calculada pela fórmula $R_b = N_u / N_u + 1$, onde:

R_b é a relação de bifurcação;

N_u é o número de segmentos de determinada ordem;

$Nu + 1$ é o segmento de ordem imediatamente superior.

Quanto mais a Rb estiver próxima do valor 4 (quatro), a bacia apresenta-se sem problemas, ou seja, há equilíbrio na rede de drenagem. A razão de ramificação indica quantas vezes diminui o número de segmentos de rios ao se passar de uma ordem de ramificação para outra mais elevada.

TABELA 3 - RELAÇÃO DE BIFURCAÇÃO (Rb) E RELAÇÃO PONDERADA DE BIFURCAÇÃO (Rpb) DA BACIA DO ARROIO OLARIAS.

Número de ordem	Número de canais (Nu)	Rb	Número de canais envolvidos	Média ponderada	Rpb
1 ^a	198				
2 ^a	27	3,925	133	522,026	
3 ^a	6	4,500	33	148,500	
4 ^a	1	6,000	7	42,000	
Total			173	715,525	4,118

NÚMERO TEÓRICO DE CANAIS (Eq) POR ORDEM

TABELA 4 - NÚMERO TEÓRICO DE CANAIS (Eq) POR ORDEM.

Número de ordem	Número de canais (Nu)	Rpb	Número teórico de canais (Eq)
1 ^a	198	4,118	198
2 ^a	27	4,118	25,74
3 ^a	6	4,118	6,29
4 ^a	1	4,118	1,51

O gráfico 1 apresenta o gráfico logarítmico onde se pode observar que o número teórico de canais aproxima-se muito do número de canais existentes, indicando relativo equilíbrio entre estes valores.

RELAÇÃO ENTRE OS COMPRIMENTOS MÉDIOS (Rlm)

Calculada pela fórmula $Rlm = Lmu / Lmu - 1$, onde:

Rlm é a relação entre os comprimentos médios;

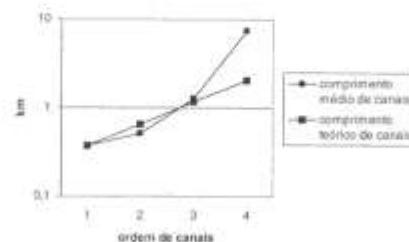
Lmu é o comprimento médio dos canais de determinada ordem;

$Lmu - 1$ é o comprimento médio dos canais de ordem imediatamente inferior.

A razão de comprimento total indica quantas vezes diminui o comprimento total dos segmentos de rios ao se passar de uma ordem

para outra mais elevada e a razão do comprimento médio indica quanto aumenta o comprimento médio ao se passar de uma ordem para outra mais elevada.

GRÁFICO 1 - NÚMERO DE CANAIS DA BACIA DO ARROIO OLARIAS
comprimento de canais



RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DO COMPRIMENTO MÉDIO E O DE BIFURCAÇÃO (Rb)

Calculada pela fórmula $Rib = Rlm / Rb$, onde:

Rib é a relação entre o índice do comprimento médio e o de bifurcação;

Rlm é o índice do comprimento médio entre duas ordens subsequentes;

Rb é a relação de bifurcação entre as mesmas ordens subsequentes;

TABELA 5 - RELAÇÃO ENTRE OS COMPRIMENTOS MÉDIOS (Rlm) E RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DO COMPRIMENTO MÉDIO E O DE BIFURCAÇÃO (Rib).

Número de ordem	Rb	Rlm	Rib
1 ^a			
2 ^a	3,925	1,360	0,351
3 ^a	4,500	2,423	0,538
4 ^a	6,000	5,954	0,992

Quanto maior for a razão de ramificação, mais ramificada será a rede de drenagem e, portanto, mais disseccado o terreno, resultando menor relação infiltração/defluvio.

RELAÇÃO PONDERADA DOS COMPRIMENTOS MÉDIOS (Rpdm)

TABELA 5 - RELAÇÃO PONDERADA DOS COMPRIMENTOS MÉDIOS (Rpdm)

Número de ordem	Número de canais (Nc)	Rim	Número de canais envolvidos	Média ponderada	Rpdm
1 ^a	198		1.380	193	183.540
2 ^a	27		2.423	33	79.859
3 ^a	16		5.954	7	41.678
Total				173	305.177
					1,764

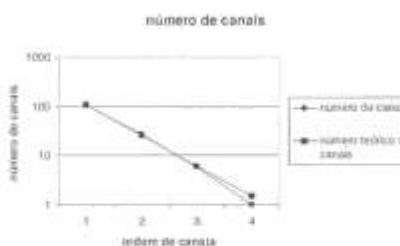
NÚMERO TEÓRICO DOS COMPRIMENTOS MÉDIOS

TABELA 7 - NÚMERO TEÓRICO DOS COMPRIMENTOS MÉDIOS

Número de ordem média	Comprimento	Rpdm	Número teórico de comprimento médio
1 ^a	0,378	1,764	0,776
2 ^a	0,519	1,764	0,663
3 ^a	1,258	1,764	1,169
4 ^a	7,491	1,764	2,063

Os valores permitem a elaboração de um gráfico logarítmico, comparando-se os valores encontrados dos comprimentos médios de canais e os valores calculados para estes mesmos canais. O resultado pode ser observado no gráfico 2. Quando houver similitude entre a linha traçada e a linha correspondente à ideal, traçada com base no valor da média geométrica, pode-se inferir a existência de desenvolvimento ajustado, equilibrado, na rede hidrográfica. Quando houver desvios significativos, pode-se supor a presença de desajustes, de desequilíbrios ocasionados pela interferência de algum fator. Quanto mais distante for a amplitude, mais acentuado será o desajuste.

GRÁFICO 2 - COMPRIMENTO DE CANAIS NA BACIA DO ARROIO OLARIAS



DENSIDADE HIDROGRÁFICA (Dh) E DENSIDADE DE DRENAGEM (Dd)

A Densidade Hidrográfica é calculada pela fórmula $Dh = N / A$, onde:

Dh é a densidade hidrográfica;

N é o número de rios;

A é o valor da área da microbacia considerada.

Sua finalidade é comparar a freqüência ou a quantidade de cursos d'água existentes em uma área de tamanho padrão como, por exemplo, o quilômetro quadrado. Representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais, a capacidade de gerar novos cursos d'água.

A Densidade de Drenagem (Dd) é calculada pela fórmula $Dd = Lt / A$, onde:

Dd é a densidade de drenagem;

Lt é o comprimento total dos canais de drenagem;

A é a área da microbacia hidrográfica.

A determinação da densidade de drenagem fornece uma avaliação do potencial da bacia e de seus setores, de permitir maior ou menor escoamento superficial da água, o que consequentemente conduzirá a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação de canais (BELTRAME, apud RIZZI et al., 1999). Quanto maior a somatória do comprimento dos canais de drenagem, maior o número de rios e declividade do terreno. Quanto maior a declividade do terreno, maior a incidência de processos erosivos, maior o desfluvio superficial e maior a impermeabilidade do solo.

A densidade de drenagem tende a zero nas zonas áridas, de topografia plana e solos arenosos e a um máximo nas regiões úmidas, montanhosas e de terrenos impermeáveis.

Para as áreas de estudo os valores encontrados são apresentados na tabela 8.

EXTENSÃO DO PERCURSO SUPERFICIAL, (E_{ps})

Calculada pela fórmula $E_{ps} = 1/2.Dd$, onde:

E_{ps} é a extensão do percurso superficial;

Dd é o valor da densidade de drenagem.

Representa a distância média que a água da chuva teria de escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento se desse em linha reta desde onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer da bacia, sendo o valor calculado para as áreas de estudo apresentado na tabela abaixo.

TABELA 8 - EXTENSÃO DO PERCURSO SUPERFICIAL

Setores	Densidade Hidrográfica (m ³ /km ²)	Densidade de Drenagem (km/km ²)	Extensão do percurso superficial (km/km ²)
Total	4.028	2.523	1.311
A	6.012	3.046	1.523
B	2.138	2.304	1.152
C	4.785	3.481	1.730

RELAÇÃO DE RELEVO DA BACIA (Rr)

Calculada pela fórmula $Rr = Hm / Lb$, onde:

Rr é a relação de relevo da bacia;

Hm é a amplitude topográfica máxima;

Lb é o comprimento da bacia (comprimento do curso principal de água).

O valor encontrado para a área de estudo (total) é de 1,790% ou 17,90 m/km.

GRADIENTE POR SETORES E GRADIENTE TOTAL

Calculado pela fórmula $RGc = Gcu / 2.Gcu + 1$, onde:

RGc é a relação entre os gradientes dos canais;

Gcu é a declividade média dos canais de determinada ordem;

$Gcu+1$ é a declividade média dos canais de ordem imediatamente superior.

Pelas observações efetuadas na figura 2 e em função das declividades encontradas, dividiu-se a área de estudo em dois segmentos, sendo o primeiro no quinto superior da bacia, denominado área 1; e o segundo composto pelas demais áreas, denominado área 2.

Os cálculos para a área 1 chegaram ao valor de Gradiente igual a 6,459% ou 64,59 m/km (3°41'44,55"). Para a área 2, os valores encontrados foram 0,543% ou 5,43 m/km (0°18'41,58").

Considerando-se a área total, temos os valores 1,408% ou 14,08 m/km (0°48'25,41").

FORMA DA BACIA E ÍNDICE DE CIRCULARIDADE

Calculada através do Índice de Compacidade que é dado pela fórmula $Kc = 0,282.P.\sqrt{A}$, onde :

Kc é o índice de compacidade;

P é o perímetro da microbacia, em quilômetros;

A é a área, em quilômetros quadrados.

Um coeficiente de compacidade mínimo, igual à unidade, corresponde a uma bacia circular. Quanto mais próximo da unidade for o valor de Kc , maior será a tendência para enchentes.

O Índice de Circularidade é calculado pela fórmula $Ic = A / Ac$, onde:

Ic é o índice de circularidade;

A é a área da microbacia;

Ac é a área do círculo com perímetro igual ao da bacia hidrográfica.

O índice de circularidade também indica a maior ou menor tendência da bacia em sofrer enchentes. Se o fator de forma for baixo, a bacia estará menos sujeita a enchentes, em relação à outra de mesmo tamanho e maior fator.

Para a área de estudo chegou-se aos valores apresentados na tabela abaixo.

TABELA 9 - ÍNDICE DE CIRCULARIDADE

Setores	Forma da bacia	Índice de circularidade
Total	1.440	0,482
A	1.170	0,729
B	1.505	0,413
C	1.409	0,444

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A bacia hidrográfica do arroio Olarias apresenta um formato retangular, orientado, em seu maior desenvolvimento, no sentido geral norte-sul. Os canais de 1.^a ordem, nas cabeceiras da bacia, atingem cotas de até 935 metros e a desembocadura no rio Cará-Cará alcança cota de 783,5 metros. O percurso do rio principal atinge distância de, aproximadamente, 9.335 metros, com perímetro da bacia hidrográfica de 26,185 km e área de 26,31 km².

Esta bacia hidrográfica apresenta, na região das cabeceiras, uma rede de drenagem relativamente densa, com nitido padrão dendrítico. A quantidade de canais na bacia é bastante expressiva (total de 106 canais) e com a seguinte ordenação hierárquica, segundo a classificação de STRAHLER: canais de 1.^a ordem, 106; 2.^a ordem, 27; 3.^a ordem, 6 e 4.^a ordem, 1. Observa-se que 95% do número total de canais são de 1.^a e 2.^a ordens, grande parte concentrados na região das cabeceiras, indicando que, durante as fortes chuvas, o escoamento superficial nas cabeceiras é muito intenso, permitindo que grande volume d'água atinja os canais de ordens superiores em curto espaço de tempo.

Uma análise da rede hidrográfica da bacia permite dividir, para fins de estudo, essa bacia em três componentes distintos. O primeiro (trecho A) correspondente ao quinto superior (20%), onde se constata uma rede hidrográfica com padrão nitidamente dendrítico, com cursos d'água de até 4.^a ordem. Apresenta altas declividades, proporcionando a formação de canais encravados relativamente profundos, com elevado grau de cearramento de partículas face ao processo erosivo encontrado nestes locais. Em consequência do intenso escoamento superficial e das características dos materiais depositados nas vertentes, os processos erosivos são acentuados, permitindo que as drenagens de 1.^a e 2.^a ordens escavem profundamente os fundos de vales mais abertos nas drenagens de ordem superior.

O segundo (trecho B) corresponde à margem direita do arroio Olarias nos 80% finais de seu comprimento. É caracterizado pela presença de canais predominantemente de 1.^a e 2.^a ordem, apresentando comprimento médio de vertente próximo a 1.677,20 m e declividade média de 4,03% ou 40,36 m/km.

O terceiro trecho (C) corresponde à margem esquerda do arroio Olarias nos 80% finais de seu comprimento. É caracterizado pela presença de canais de 1.^a, 2.^a e 3.^a ordem, tendo comprimento médio de

vertente próximo de 1.422,90 m e declividade média de 4,37% ou 43,71 m/km.

O arroio Olarias, curso d'água principal da bacia, com cerca de 9.494 metros de comprimento e declividade total de 1,622% (cotas 935 m e 783,5 m) ou 16,22 m/km, possui um perfil longitudinal, caracterizado por dois segmentos nitidamente distintos. O trecho inicial (cabeceiras de drenagens) desenvolve-se em encostas de alta declividade (6,45% ou 64,59 m/km), com desnível de cerca de 110 metros (cotas 935 m e 825 m) num trecho de aproximadamente 1.703 metros (1/5 do curso total). O trecho final desenvolve-se em baixadas subhorizontalizadas, com declividade de 0,543% (5,43 m/km) e desnível de 41,5 m (cotas 825 m e 783,5), num trecho de 7.632 metros (4/5 do total). A passagem de um segmento para outro é relativamente abrupta, o que favorece o seu assoreamento por materiais particulados e lixo de toda a natureza.

O gradiente total de relevo para a bacia apresenta declividade de 1,98% ou 19,69 m/km ("07°42,2"), quando se considera as colas extremas (970,5 m e 783,5 m) e distância total de 9.494 m.

O fator de forma e o coeficiente de compactade indicam que, na parte superior da bacia (terço de montante), existe uma tendência a ocorrer encharques, devido a circularidade e rede de drenagem bem distribuída. No restante da bacia, os índices de compactade e coeficiente de forma indicam baixa sujeição a encharques e relativa irregularidade na distribuição de canais.

A densidade de drenagem com valores entre 2 e 4 km/km² aponta para uma bacia hidrográfica relativamente bem drenada. VILLELA e MATOS (apud RIZZI et al., 1999), de maneira qualitativa, indicaram que o índice de 0,5 km/km² representa bacias com drenagem pobre, e o índice 3,5 km/km² ou mais, indica bacias excepcionalmente bem drenadas.

A distância média de escoamento é de 1.311 km, o que significa que a água percorre, em média, 1311 metros até o fundo dos vales, possibilitando grande infiltração de água no solo.

O relevo é de colinas a morros, com amplitude altimétrica máxima de 187 metros. Os interflúvios mais altos atingem 970,5 m (Rua São Ana), e a desembocadura no rio Cará-Cará encontra-se à cota 783,5 metros, cerca de 9.494 metros ao Sul.

Os topos vão de arredondados a aplinados, e as vertentes são geralmente suaves. Aparecem algumas vertentes íngremes nas cabeceiras, junto ao limite norte da bacia, onde o controle estrutural e litológico é mais significativo. Observa-se tendência geral de assimetria do vale do arroio Olarias, com a margem direita mais suave que a esquerda. Tal assimetria, frequentemente, é traduzida pela presença de

rupturas de declive e encostas íngremes retílineas na margem esquerda do arroio Olarias e seus tributários.

Segundo GODOY e MELLO (1997), essa assimetria pode ser observada tanto pelo efeito de Coriolis (tendência dos rios de se deslocarem para a margem esquerda, no hemisfério sul), quanto influência morfoestrutural (presença de soleiras e diques de drabásio e de estruturas rúpteis, tais como falhas e fraturas).

No aspecto geológico, estão relacionados como risco geológico, processos naturais ou induzidos capazes de causar danos econômicos ou sociais, incluindo-se os danos ao meio ambiente e às edificações (OGURA, apud GODOY; MELLO, 1997). Destaca-se a possibilidade da ocorrência, na bacia do arroio Olarias, de inundações, escorregamentos, solapamento fluvial de materiais incisos, adensamento de solos moles, sulcos de erosão, erosão subterrânea e abatimentos do terreno, incêndio de camadas de turfa na planície aluvial, rebaixamento do lençol freático e exposição de materiais de assoreamento.

CONCLUSÕES

A análise morfométrica de bacias hidrográficas inicia-se pela ordenação dos canais fluviais, com a finalidade de estabelecer a hierarquia fluvial. A partir de então, processa-se a análise dos aspectos lineares, areais e hipsométricos.

Na análise linear são englobados os índices e relações a propósito da rede hidrográfica, cujas medições necessárias são efetuadas ao longo das linhas de escoamento; na análise areal das bacias hidrográficas estão englobados vários índices, nos quais intervêm as medições planimétricas, além de medições lineares.

Percebe-se, pela possibilidade de obtenção de dados matemáticos sobre a rede de drenagem, que uma análise estatística pode ser utilizada como complemento de trabalhos de campo, o que permite melhor entendimento sobre a dinâmica em determinada área. Os dados matemáticos, obtidos por medições e cálculos, apresentam-se como ferramentas relevantes para o planejamento de uso e ocupação do solo.

O planejamento territorial é importante processo para orientar a ocupação e utilização do espaço geográfico, bem como definir estratégias para o desenvolvimento.

O presente trabalho aponta para características importantes da bacia hidrográfica estudada, sendo indicativos para tomada de decisão.

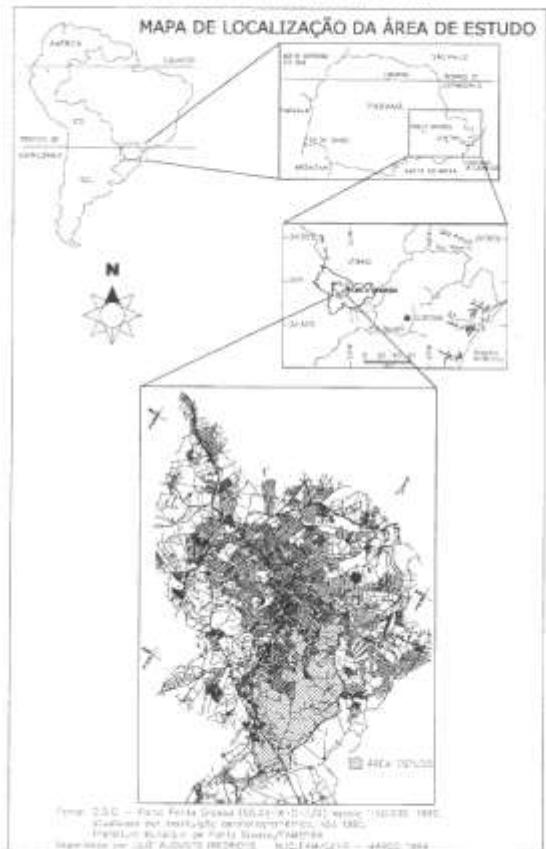
Acreditamos que este trabalho poderia ser mais bem discutido caso houvesse disponibilidade de dados específicos e complementares sobre dinâmica climática local. Ainda, trabalhos de campo poderiam fornecer os detalhes para particularizar ações de recuperação ambiental das áreas degradadas e sujeitas à ocorrência de riscos, tais como enchentes e desmoronamentos de encostas.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE FILHO, A. G. de et al. Planejamento integrado de bacias hidrográficas urbanas – Uma proposta. In: SEMINARIO NACIONAL DE DRENAGEM URBANA, 3., 1997, Curitiba. Anais...Curitiba: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997.
- CARVALHO, W. A.; PIEDADE, G. C. R.; FRANÇA, G. V. Redes de drenagem em duas áreas de solos diferentes. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, n. 2, p. 204-209, 1978.
- CHRISTOFOLINI, A. Geomorfologia. São Paulo: Ed. Unesp, 1974.
- FEDRICH, R. et al. Drenagem e controle da erosão urbana. [1997]. (notas de aula).
- GODOY, L. C.; MELO, M. S. de. Geologia, geomorfologia e riscos geológicos na bacia do arroio Olarias, Ponta Grossa-PR. Ponta Grossa: NUCLEAM / UEPG, 1997. (Manuscritos).
- LAROCCA JUNIOR, J. et al. Planejamento ecológico de fundos de vale na área urbana de Ponta Grossa-PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997.
- MORO, R. S. Caracterização geral da vegetação da bacia do arroio Olarias, Ponta Grossa: NUCLEAM / UEPG, 1997. (Manuscritos).
- RIZZI, N. E. et al. Caracterização ambiental da bacia do Rio Canguiri – Região metropolitana de Curitiba-PR. Curitiba, 1999.

DIEDRICH, L. A. Análise das propriedades físicas da bacia hidrográfica...

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



214

H. PAZ GA, Curitiba, n. 8, p. 105-215, 2002. Caderno 0779.

DIEDRICH, L. A. Análise das propriedades físicas da bacia hidrográfica...

FIGURA 2 - SETORES DE DRENAGEM E CLASSIFICAÇÃO DE CANAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO OLARIAS — PONTA GROSSA/PR



215

H. PAZ GA, Curitiba, n. 8, p. 105-215, 2002. Caderno 0779.