

CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA PRELIMINAR DA BACIA DO RIO DAS PEDRAS, GUARAPUAVA – PR. *

ADALTO GONÇALVES DE LIMA **

Resumo

A bacia do Rio das Pedras, esculpida nos basaltos da Formação Serra Geral, é analisada por meio de características morfométricas básicas de suas principais sub-bacias, tomadas como unidades amostrais. A variação da densidade de drenagem é correlacionada às condições do relevo que resultam, por sua vez, do arranjo da drenagem e sua inter-relação com a estrutura geológica e a litologia da área. A utilização dos índices de densidade de drenagem, amplitude altimétrica, rugosidade, relação de relevo e frequência de ligamentos, permitiu identificar, pelas diferenças nos valores, setores geomorfológicos distintos dentro da bacia Rio das Pedras. O setor II é representado por um platô profundamente entalhado pelos rios, enquanto a cimeira remanescente e menos dissecada caracteriza o (sub) setor IIb. O setor I margeia o platô e possui índices com valores menores. A análise combinada do índice de rugosidade com seus constituintes (densidade de drenagem e amplitude altimétrica) possibilitou avaliar, em termos relativos, alguns atributos das vertentes (comprimento e declividade), bem como suas implicações na funcionalidade hidrológica e remoção de sedimentos nas sub-bacias.

Palavras-chave: Morfometria; redes de drenagem; vertentes.

*Baseado em parte da dissertação de mestrado defendida pelo autor junto ao IGCE-UNESP, Rio Claro, sob orientação do Prof. Dr. Antonio Christofoletti e com auxílio financeiro da FAPESP.

**Mestre em Geociências pela UNESP – Rio Claro.

Abstract

Preliminary geomorphologic characterization of Rio das Pedras basin, Guarapuava – PR

The basin of Rio das Pedras, incised in the basalts of Serra Geral Formation, is analyzed by means of the basic morphometric characteristics of its main subbasins, considered as sample units. The variation of the drainage density is correlated to the relief conditions which result from the drainage arrangement and its correlation with the geologic structure and lithology. The utilization of drainage density, altimetric amplitude, relief relation, roughness and link frequency indices, allowed to identify, by means of the differences in the values, distinct geomorphologic sectors in the Rio das Pedras basin. The sector II is represented by a deepely incised plateau, while the remaining less incised top characterizes the (sub) sector IIb. The sector I borders the plateau and hold indices with small values. The combined analysis of rugosity with its components (drainage density and altimetric amplitude) made it possible to assess, in relative terms, attributes of slopes (length and gradient), as well as its implications in the hidrologic functionality and sediment removal in the subbasins.

Keywords: Morphometry; drainage networks; slopes.

INTRODUÇÃO

A bacia do Rio das Pedras é uma das principais formadoras da bacia do Rio Jordão, que por sua vez, constitui um dos mais importantes afluentes da margem direita do Rio Iguaçu. Mais do que sua importância no sistema Iguaçu, a bacia do Rio das Pedras assume importância vital para a população da cidade de Guarapuava, pois constitui fonte de abastecimento hídrico para esse centro urbano. Apesar do papel relevante, a bacia não dispõe de estudos sobre suas características ambientais. Outro aspecto que merece destaque é o fato de a bacia estar inserida no domínio dos derrames basálticos, no Estado do Paraná, em uma região ainda pouco estudada, principalmente do ponto de vista da dinâmica geomorfológica.

A geomorfologia da bacia do Rio das Pedras é enfocada neste estudo de forma a caracterizar os aspectos fundamentais, ou seja, a configuração geral do relevo na sua inter-relação com a rede de drenagem. Primeiramente, é feita uma contextualização da área em termos regionais. Em um segundo momento, são delineadas as diferenciações geomórficas internas à bacia, avaliando sua significância

(pela comparação de índices morfométricos) e seu significado (mediante a inferência dos processos geomórficos).

Materiais e métodos

As principais sub-bacias foram utilizadas como unidades de amostragem, nas quais se obteve alguns dados morfométricos considerados mais importantes para caracterizá-las (Tabela 1). Sendo unidades menores, as sub-bacias expressam faces diferenciadas do condicionamento ambiental existente dentro do conjunto maior (a grande bacia), permitindo apresentar e avaliar as condições da paisagem geomorfológica (formas e processos) tanto ao nível da grande bacia como ao nível das próprias sub-bacias.

Os dados lineares foram obtidos pelo mapa de drenagem, originalmente na escala 1:25.000 (restituição por fotografias aéreas). Os dados altimétricos foram obtidos em carta topográfica na escala 1: 50.000, exceto no caso das sub-bacias do Rio Campo de Dentro e Alto Rio das Pedras para as quais utilizou-se carta na escala 1: 100.000, devido estarem essas sub-bacias fora da área mapeada naquela escala.

O índice de rugosidade (I_r) indica, de modo geral, alguns atributos relacionados às vertentes, sendo eles a declividade e o comprimento. Quanto maior é o valor da rugosidade mais declivosas são as vertentes. Porém, o comprimento das vertentes pode variar de acordo com a combinação dos valores da densidade de drenagem (D_d) e da amplitude altimétrica (H). Para um valor constante de H a distância horizontal média dos divisores até os canais adjacentes (e conseqüentemente, o comprimento das vertentes) diminui na medida que D_d aumenta. Mantendo-se constante a D_d , o comprimento das vertentes aumenta com o aumento de H . Dessa forma o I_r , isoladamente, expressa melhor a declividade das vertentes, enquanto que se observada a proporcionalidade dos elementos D_d e H é possível inferir o comprimento das mesmas. Para analisar as diferenças das vertentes entre as sub-bacias do Rio das Pedras classificou-se cada um dos conjuntos de valores de *densidade de drenagem*, *amplitude altimétrica* e *rugosidade* em alto, médio e baixo, dividindo-se o intervalo compreendido entre o valor mínimo e o valor máximo de cada índice em três segmentos (Tabela 2). Às classes alta, média e baixa de cada um dos índices, foram atribuídos um valor de 1 a 3, respeitando-se uma lógica relacionada à interpretação dos atributos das vertentes. A seqüência de 1 a 3 representa, em sentido crescente, o nível de influência dos índices D_d e H sobre a determinação do comprimento das vertentes e no caso do I_r , sobre a declividade. Como D_d e H agem conjuntamente, a soma do nível de influência desses dois índices determina o comprimento relativo das vertentes. Estas foram consideradas como *curtas*, quando o

resultado da soma era mínimo (2 ou 3), *médias*, quando a soma era 4 e *longas*, quando o resultado era um valor máximo (5 ou 6).

ÁREA DE ESTUDO

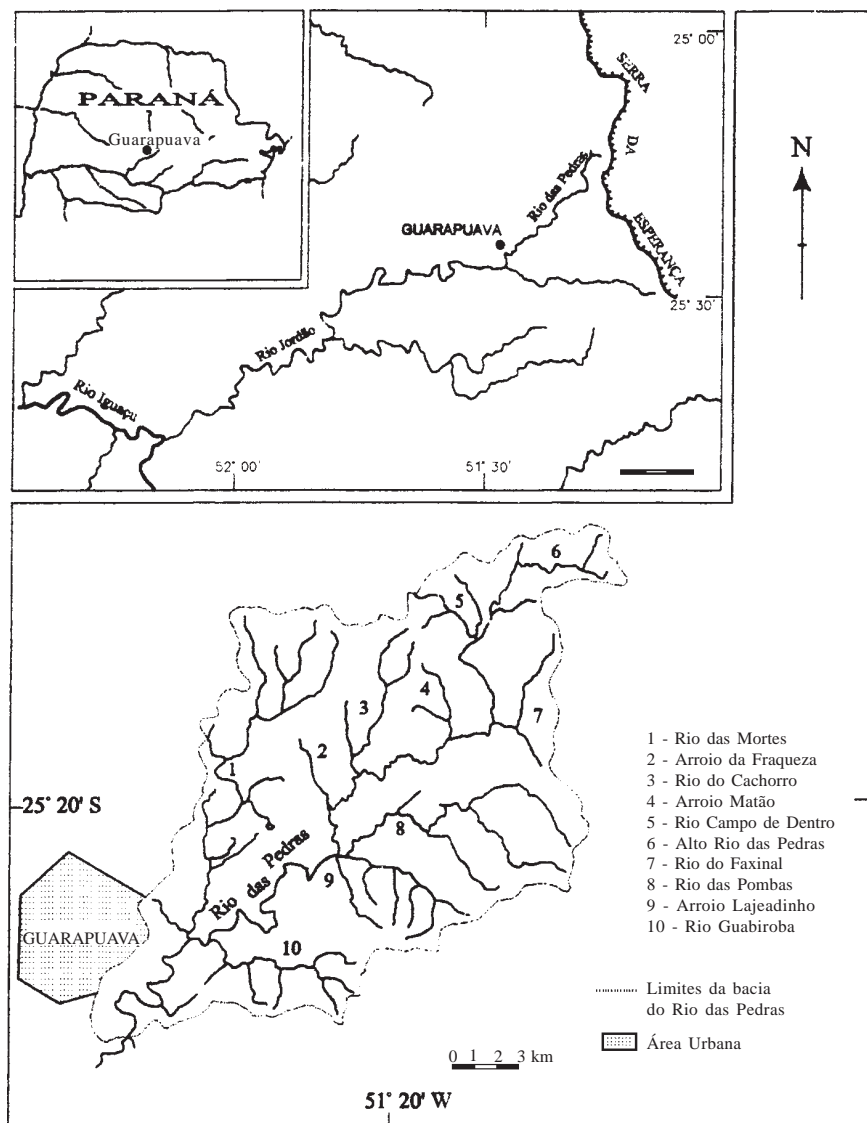
A bacia do Rio das Pedras, com 330,8 km² de área, localiza-se no município de Guarapuava, no Estado do Paraná, entre as latitudes 25° 12' S e 25° 26' S e longitudes 51° 13' W e 51° 28' W. Desenvolve-se no reverso da escarpa basáltica, localmente denominada de Serra da Esperança (Figura 1). A bacia é esculpida na unidade toleítica inferior da Formação Serra Geral, definida por rochas de natureza básica-intermediária. A drenagem apresenta diversos níveis de controle estrutural, produzido pelo intenso fraturamento dos basaltos. Nota-se a existência de megafaturas (megalineamentos), sendo que algumas possivelmente constituem falhas normais.

Quanto ao clima da região, MAACK (1968), utilizando a classificação de Köppen, descreveu como sendo do tipo Cfb: sempre úmido, em média o mês mais quente com temperatura inferior a 22°C, onze meses com temperaturas superiores a 10°C e até cinco geadas por ano. Na bacia do Rio das Pedras as precipitações podem oscilar em torno de 1200 mm. A zona constituída pela borda leste, situada mais próxima à crista da escarpa, apresenta os maiores índices pluviométricos, enquanto que mais para oeste os índices tendem a decrescer.

A vegetação original da bacia do Rio das Pedras é dividida em dois grandes grupos fitossociológicos, ou seja, campos e florestas. As florestas são do tipo Ombrófila Mista, também conhecidas como Florestas de Araucária. Os campos são formados por gramíneas baixas e se estendem por terrenos com relevo relativamente plano, ocupando os topos amplos dos interflúvios e as encostas pouco declivosas; os arbustos estão ausentes e as espécies arbóreas aparecem em pequenas formações próximas às nascentes e ao longo dos rios. Estas formações possuem uma composição florística idêntica à das matas de Araucária (MAACK, 1968).

A cobertura vegetal na bacia do Rio das Pedras está bastante modificada de seus padrões originais, em termos de composição e distribuição espacial. A atividade antrópica, por meio da exploração agropecuária, desenvolve-se na maior parte em pequenas propriedades, onde o uso do solo não é muito intenso e as práticas de manejo ainda são rudimentares (EMATER, 1995; CHIORATO, 1995; LEITÃO, 1995). Este tipo de ocupação tem produzido uma paisagem fitogeográfica bastante recortada, principalmente na média e baixa bacia do Rio das Pedras. Entremeiam-se trechos de vegetação original com outros ocupados por capoeiras, cultivos agrícolas (milho e feijão, principalmente), pastagens implantadas e reflorestamentos (pinus e bracinga).

Figura 1 – Localização da área de estudo



ASPECTOS GERAIS DO QUADRO GEOMORFOLÓGICO

A bacia do Rio das Pedras está inserida no Planalto Basáltico, que no Estado do Paraná representa o chamado Terceiro Planalto. O Terceiro Planalto é, em sua macro-estrutura, um plano de declive que mergulha suavemente em direção da calha do Rio Paraná. MAACK (1968) individualizou quatro regiões dentro do Terceiro Planalto, denominando-as de blocos nordeste, norte, médio e sul, com seus limites definidos pelos principais rios que cortam o planalto. A bacia do Rio das Pedras integra o bloco sul, situado entre os rios Iguaçu e Piquirí. MAACK (1968, p.423) descreveu alguns aspectos do bloco sul notando que “em virtude da profundidade dos vales fluviais em direção oeste, foram delineadas mesetas, coxilhas e chapadas no divisor de águas entre os rios Piquirí e Iguaçu”. O topo da escarpa basáltica atinge no bloco sul suas maiores altitudes no Estado do Paraná. A cota mais elevada da bacia do Rio das Pedras está, justamente, no topo da escarpa, atingindo 1300 m. As altitudes registradas na bacia permanecem relativamente altas em toda a extensão dos seus divisores (bordas) e também nos divisores das sub-bacias. A altitude mínima, registrada na desembocadura, é de 960 m. Isso implica em uma amplitude altimétrica total para a bacia igual a 340 m.

À medida em que se acentua o entalhamento pelo rio principal e seus afluentes, o relevo é realçado, formando divisores com cristas descontínuas e flancos íngremes, ressaltando, por vezes, rupturas escalonadas de declive. Muitas dessas rupturas constituem bordas de patamares bastante largos, que estão relacionados à disposição sub-horizontal dos derrames basálticos.

As fraturas, sendo zonas de descontinuidade, facilitam a instalação de canais e o seu aprofundamento. Em conseqüência, no caso da área estudada, os vales desenvolvidos por canais estruturalmente controlados tendem a manter a taxa de incisão mais alta que a taxa de erosão lateral, ou seja, os vales são mais profundos que largos. Esta relação é tanto mais realçada, quanto maior for a diferença altimétrica entre as nascentes mais distantes e o nível de base, que nestes casos correspondem a um rio principal. Na bacia do Rio da Pedras a amplitude altimétrica aumenta para jusante, fazendo sentir com mais intensidade o efeito dos fraturamentos sobre o escavamento dos vales. Logicamente, a expressão dos vales também está diretamente correlacionada à magnitude dos canais, porém mesmo canais de baixa magnitude podem assumir vales com forte incisão, quando condicionados por fraturas.

ANÁLISE MORFOMÉTRICA

A magnitude da rede do Rio das Pedras é **1251** (conforme o sistema classificatório de SHREVE, 1966). Aplicando-se o sistema de STRAHLER (1952) verificou-se que sua ordem é **6**. A área total abrangida pelas sub-bacias analisadas é de 230,75 km² (69,75% da bacia do Rio das Pedras).

Para analisar melhor as similaridades e diferenças entre as sub-bacias é necessário avaliar mais detalhadamente os índices morfométricos (Tabela 1). O primeiro índice que merece atenção é a densidade de drenagem. Embora haja uma interação de fatores controlando a expressão da densidade de drenagem, a importância relativa desses fatores é dependente da escala. ABRAHAMS (1984) sintetizou esta questão definindo três escalas: (1) macroescala, ou entre-climas, onde o fator principal de controle é o clima; (2) mesoescala, ou dentro de um clima, onde os principais fatores de controle são a litologia, o relevo e o estágio de desenvolvimento da rede, e (3) microescala, ou dentro de uma pequena bacia, onde o controle dominante é o processo de ajuste espacial entre as bacias em desenvolvimento.

Tabela 1 – Características morfométricas das principais sub-bacias do Rio das Pedras

sub-bacia	ordem	M	área (km ²)	ctc (km)	Nl	H (m)	Dd	Fl	Ir	Rr
Rio das Mortes	5	24567,87	177,42	489	2702,614	7,20	7050,016			
Arroio da Fraqueza	3	30	4,19	16,53	59	1863,945	14,08	7340,053		
Rio do Cachorro	5	12624,12	73,86	251	2103,062	10,41	6430,026			
Arroio Matão	3	38	6,43	20,64	75	1623,209	11,66	5190,038		
Rio Campo de Dentro	4	4510,19	29,78	89	1562,922	8,73	4560,039			
Rio do Faxinal	4	3413,19	29,27	67	1502,219	5,08	3330,026			
Rio das Pombas	5	19064,69	139,36	379	2092,154	5,86	4500,018			
Arroio Lajeado	4	34	6,12	18,60	67	2373,039	10,95	7200,047		
Rio Guabiroba	4	9823,12	63,77	195	3122,758	8,43	8600,040			
Alto Rio das Pedras	3	36	10,83	24,11	71	1302,226	6,55	2890,024		

M = magnitude; .ctc = comprimento total de canais; Nl = n.º de ligamentos; H = amplitude altimétrica

Dd = densidade de drenagem (ctc/área); Fl = frequência de ligamentos (Nº ligamentos / área);

Ir = índice de rugosidade (H.Dd); Rr = relação de relevo (H/comp. bacia)*

* o comprimento das bacias foi tomado como a maior distância existente, em linha reta, entre a foz e o perímetro.

O caso das sub-bacias do Rio das Pedras enquadra-se na mesoescala. Como não há variação na litologia da área, nem no estágio de desenvolvimento das redes, o fator que controla a densidade de drenagem deve ser o relevo. Pode-se dizer que não há relação entre a densidade de drenagem (Dd) e a amplitude altimétrica (H) das sub-bacias. A análise de correlação identificou um valor de $r = -0,158$ que contraria

a impressão visual que se tem da área e também os resultados registrados na literatura (p. ex. MORGAN, 1973 e ABRAHAMS, 1976; cf. citados por ABRAHAMS, 1984), que mostram a tendência de a densidade de drenagem aumentar com o relevo. O que ocorreu é devido ao efeito diferencial do tamanho da bacia sobre o significado da amplitude altimétrica. O relevo é melhor descrito quando se relaciona a amplitude altimétrica com um parâmetro que expresse a grandeza da bacia. Neste sentido, utilizou-se a *relação de relevo (Rr)* vinculando a amplitude altimétrica e o comprimento das bacias. A correlação entre *Dd* e *Rr* mostra-se significativa ($a = 0,05$) com um valor de $r = 0,717$. Há, também, boa correlação positiva entre *Fl* e *Rr*, com $r = 0,791$ ($a = 0,02$). Aponta-se assim para o relevo como um fator importante para definir a densidade em que os canais preenchem o espaço das sub-bacias analisadas. O aumento do relevo implica em declividades maiores das vertentes e, com isso, a espessura do manto de intemperismo tende a diminuir, restringindo a zona de infiltração pela aproximação da rocha fresca à superfície. A combinação de maior declividade e menor espessura do manto de intemperismo resulta em maior potencial de escoamento superficial, favorecendo o adensamento das redes de canais.

A Tabela 2 procura classificar o índice *Ir* bem como seus elementos componentes (*Dd* e *H*) com a finalidade de inferir os atributos das vertentes, observando os pesos relativos de cada um. É necessário frisar que, pelos procedimentos adotados, a interpretação dos atributos das vertentes é apenas de caráter relativo e genérico. É relativo porque se refere apenas ao conjunto representado pelas sub-bacias analisadas e é genérico porque os comprimentos e declividades variam dentro de uma mesma sub-bacia, principalmente em função da amplitude altimétrica, pois as altitudes dos interflúvios não são constantes. Aliás, isto fica patente no caso da bacia do Rio das Mortes, onde há um contraste mais acentuado entre as porções inferior e médio-superior. A despeito dessas restrições, os resultados fornecem, de modo geral, uma caracterização mais objetiva da paisagem geomorfológica e condizente com a impressão visual que se tem da área a partir dos documentos fotográficos e cartográficos.

Baseando-se, inicialmente, na classificação da rugosidade, notam-se três grupos de sub-bacias: o primeiro, formado por bacias detentoras de baixa rugosidade (baixas declividades); o segundo grupo possui rugosidade intermediária (declividades médias) e o terceiro, rugosidade alta (declividades altas). Pode-se considerar que as sub-bacias do primeiro grupo formam uma continuidade espacial, possuindo características francamente distintas do terceiro grupo. As sub-bacias do Arroio Matão e do Rio do Cachorro estão em situação intermediária não somente nos valores de rugosidade, mas também espacialmente. Estas sub-bacias estão situadas sobre um platô que abriga, ainda na margem direita do Rio das Pedras, as sub-bacias Rio das Mortes e Arroio da Fraqueza. Este posicionamento espacial autoriza a sua inclusão no terceiro grupo, sendo isso, ainda, sustentado pela obser-

Tabela 2 – Classificação dos índices morfométricos e avaliação das propriedades das vertentes nas sub-bacias do Rio das Pedras

SUB-BACIA	Dd			H			Ir			Síntese		VERTENTES	
	A	M	B	A	M	B	A	M	B	Ir	Dd+H	INTERPRETAÇÃO	
	1	2	3	3	2	1	3	2	1			Declive	Comprim.
Rio das Mortes			•	•			•			3	6	alto	longa
Arroio da Fraqueza	•						•	•		3	2	alto	média
Rio do Cachorro		•			•				•	2	4	médio	média
Arroio Matão		•					•		•	2	3	médio	curta
Rio Campo de Dentro		•					•		•	1	3	baixo	curta
Alto Rio das Pedras			•				•		•	1	4	baixo	média
Rio do Faxinal			•				•		•	1	4	baixo	média
Rio das Pombas			•		•				•	1	5	baixo	longa
Arroio Lajeadozinho		•			•		•			3	4	alto	média
Rio Guabiroba		•		•			•			3	5	alto	longa

- Os valores de Dd, H e Ir foram classificados em alto (A), médio (M) e baixo (B) observando os seguintes valores limites: Dd - 2,154 - 2,751 - 3,348 →

H - 130 - 190 - 250 →

Ir - 0,289 - 0,479 - 0,669 →

- 1, 2, 3 = nível de influência sobre o aumento da declividade das vertentes (para Ir) e sobre o comprimento das vertentes (para Dd e H); a soma dos níveis de Dd e H classifica o comprimento (2 ou 3: curta; 4: média; 5 ou 6: longa)

vação de que a Dd dessas duas sub-bacias é semelhante às Dd do terceiro grupo. Por esta mesma via de análise, nota-se que na sub-bacia Campo de Dentro, assim como no Arroio Matão, a Dd é média e o H é baixo. Neste caso o posicionamento espacial da sub-bacia é o fator decisivo para determinar ao qual grupo ela tem mais afinidade: como foi descrito anteriormente, esta sub-bacia divide-se em dois braços, sendo que um deles instala-se parcialmente na borda do platô que se eleva na margem direita do Rio das Pedras e o outro (o braço esquerdo) está, inequivocamente, fora deste platô, dando a esta bacia um caráter de transição, mas com uma tendência espacial de localização que a coloca em afinidade com o primeiro grupo.

Considerando as relocações efetuadas, ter-se-ia agora apenas dois conjuntos de sub-bacias, ou dois setores geomorfológicos dentro da bacia Rio das Pedras, sendo o primeiro, formado pelas sub-bacias Alto Rio das Pedras, Rio do Faxinal, Rio das Pombas e Rio Campo de Dentro, incluindo-se também as áreas intermediárias a essas sub-bacias; o segundo setor seria composto pelas sub-bacias Arroio Matão, Rio do Cachorro, Rio das Mortes, Arroio Lajeadozinho, Rio Guabiroba e Arroio da Fraqueza, bem como áreas intermediárias. Esses setores são denominados, respectivamente, de I e II na Figura 2.

O caso do Rio das Mortes deve ser considerado dentro de sua excepcionalidade. A sua densidade de drenagem é baixa, diferindo das demais sub-

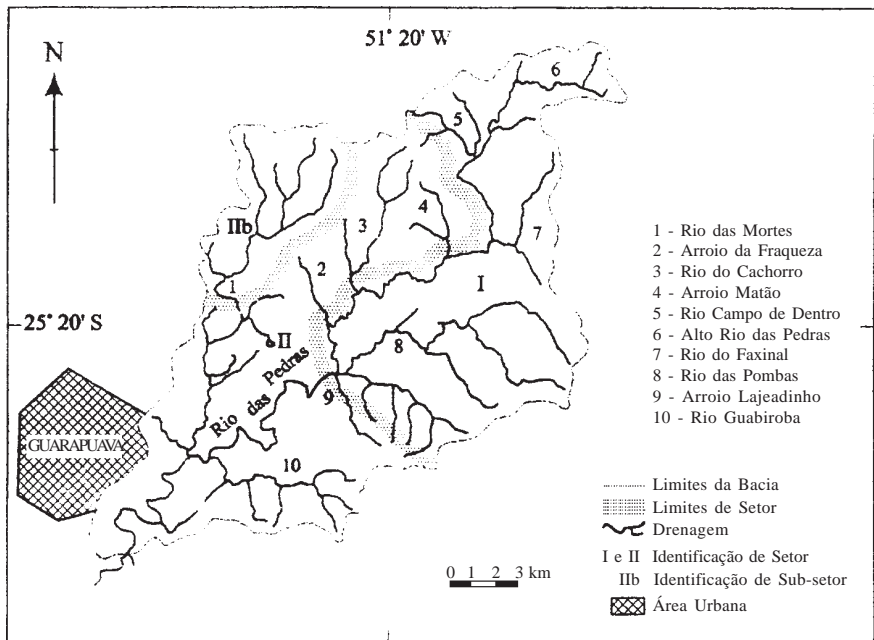
bacias do setor II, que têm densidade de drenagem ou média, ou alta. Entretanto, a grande amplitude altimétrica do Rio das Mortes faz com que a rugosidade atinja um valor alto, criando uma similaridade com as outras sub-bacias do setor. Mas enquanto os rios desse setor entalham profundamente desde sua porção superior até a desembocadura, o Rio das Mortes entalha profundamente apenas em sua porção inferior; as porções média e superior apresentam-se diferentemente, com relevo menos entalhado e com declividades, de modo geral, menores. Pelo fato de estar instalada no platô da margem direita e por sua diferenciação interna demonstrar um processo em desenvolvimento, que envolve o aprofundamento do entalhe de maneira remontante, a sub-bacia Rio das Mortes nas porções média e superior constitui um subsetor, representando o topo que caracteriza a existência do platô. No setor I, na porção situada à margem esquerda do Rio das Pedras, não ocorre a caracterização de um platô.

As formas de relevo na bacia do Rio das Pedras apresentam-se muito ligadas à estrutura geológica, mais especificamente ao empilhamento dos derrames basálticos e aos fraturamentos. As diferenças básicas entre as paisagens dos setores descritos são resultados do trabalho fluvial agindo nesse contexto da estrutura geológica. O forte entalhe do rio principal pode ter sido auxiliado pela sua adaptação em zonas de menor resistência do substrato, ou seja, zonas de fraturas e talvez movimentações verticais por falhamentos, principalmente no platô da margem direita, possam ter contribuído para gerar a calha mais incisiva do Rio das Pedras. A tipologia diferencial dos derrames, principalmente com a existência de unidades resistentes, favorece a permanência de altos interflúvios por apresentarem taxa de rebaixamento menor que a taxa de aprofundamento dos talvegues. Como resultado os vales se aprofundam em forma de “V” até atingirem um nível de base temporário representado por um rio maior, ou por uma unidade litológica mais resistente. Desse ponto, e de modo remontante, inicia-se um processo de alargamento dos vales, que evoluem para formas em “U”, à medida em que o nível de incisão aproxima-se do nível de base. Quando este nível está representado por um rio maior, a abertura do vale tributário começa na desembocadura e, se o canal suaviza seu perfil rapidamente (favorecido pela inserção em linhas de fratura), a evolução do vale avança rio acima.

Esses mecanismos explicam a morfologia do relevo no setor II e, de modo geral, é o mesmo princípio que conduz a elaboração da morfologia do setor I. A diferença é que neste setor há menor disponibilidade de relevo, seja pela ausência ou menor movimentação vertical por falhas, seja pelo arranjo da drenagem, principalmente do eixo do Rio das Pombas que é paralelo ao eixo do Rio das Pedras e determina o nível de base para a drenagem local. Esse nível estabelece-se em cotas superiores às representadas pelo perfil do Rio das Pedras no trecho homólogo. No setor II a drenagem estabelece eixos diretos até o nível formado pelo próprio Rio das

Pedras, portanto, aumentando a diferença altimétrica entre as cabeceiras e as desembocaduras. Além disso, nesse setor, há indícios de levantamento por falha: o curso do Rio das Pedras é fortemente defletido ao encontrar o platô, no trecho entre as inserções do Rio Campo de Dentro e do Arroio Matão e no próprio perfil do Arroio Matão há indicação da existência de uma falha normal, representada pela coincidência entre uma ruptura de declive e a passagem de um grande lineamento de orientação geral NE-SW.

Figura 2 – Identificação dos setores geomorfológicos da bacia do Rio das Pedras



RELAÇÕES FUNCIONAIS DOS ÍNDICES MORFOMÉTRICOS

Baseando-se nas relações entre as características geomorfológicas e a funcionalidade das bacias, pode-se novamente voltar a atenção para os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2 e procurar obter deles algum significado funcional. É necessário ter em mente que as considerações passíveis de se fazer, muitas vezes,

revestem-se de um caráter genérico, tendo em vista a complexidade inerente à dinâmica dos processos operantes no ambiente e, frente a isso, as limitações preditivas dos índices morfométricos.

A identificação da densidade de drenagem é passo importante para avaliar o comportamento hidrológico de uma área. Os valores da densidade de drenagem (Dd), mostrados na Tabela 1, não mostram uma variabilidade muito grande ($CV = 20\%$), mas a sua estreita relação com as características do relevo (Rr) revelam que a variação dentro do intervalo formado é significativa. Em outras palavras, a diferença notada entre a Dd das sub-bacias situadas no setor I para a Dd das sub-bacias situadas no setor II realmente significa a operação de processos distintos em termos de intensidade e frequência. MELTON (1957), citado por STRAHLER (1964; p. 4-72) notou que a densidade de drenagem varia diretamente com a intensidade e frequência do escoamento (*runoff*). No caso da bacia do Rio das Pedras a densidade de drenagem é controlada pelas condições de relevo (declividades), portanto evidenciando que nos setores onde predominam maiores declividades (maior Dd) o escoamento superficial é maior, havendo maior propensão aos eventos erosivos por ocasião de precipitações. A interpretação da dinâmica do geoambiente com base na Dd pode ser melhor detalhada pela análise da rugosidade.

Os dois setores geomorfológicos da bacia Rio das Pedras diferenciam-se muito bem pela classificação do índice de rugosidade (Ir) e, portanto, pela declividade de suas vertentes. Como observou-se, no setor I as sub-bacias apresentam vertentes com declividades baixas e no setor II as vertentes são de declividade mais acentuada e em ambos os setores ocorrem vertentes curtas, médias e longas. Isso permite dizer que nas sub-bacias do setor II a resposta hidrológica de seus canais é mais rápida que nas sub-bacias do setor I. A resposta hidrológica na escala de uma bacia representa o comportamento médio temporal e espacial do transporte da água na rede de canais (GUPTA & WAYMIRE, 1983). Esta resposta é decorrente, em princípio, das características das vertentes, mas a geometria da rede e o tipo de cobertura vegetal exercem um papel importante, uma vez que a primeira está relacionada à frequência de canais e portanto, às propriedades das vertentes, enquanto a segunda é importante no controle dos fluxos superficiais e subsuperficiais. Internamente a cada setor a variabilidade dos comprimentos das vertentes cria diferenciações nessa resposta hidrológica. No setor I a caracterização de vertentes médias e longas, associadas à baixa declividade, favorecem a formação frequente de áreas alagadas (banhados). As vertentes curtas, transicionais, da sub-bacia Campo de Dentro não permitem a mesma configuração espacial. No setor II as vertentes curtas da bacia do Arroio da Fraqueza potencializam uma resposta hidrológica mais rápida que na sub-bacia Guabiroba, onde as vertentes são longas.

PATTON & BAKER (1976) relacionaram áreas sujeitas a cheias relâmpagos com altos índices de rugosidade, possuindo alta densidade de drenagem e compri-

mento mínimo do escoamento superficial, ou seja, comprimento mínimo das vertentes. No conjunto da bacia Rio das Pedras tal associação de valores é típica da sub-bacia Arroio da Fraqueza. Nessa sub-bacia, portanto, a eficiência geomorfológica dos fluxos de enchente é relativamente maior que nas demais sub-bacias.

As características das vertentes, ao afetarem as propriedades do escoamento superficial, também afetam a erodibilidade dos solos. A maior declividade da vertente aumenta a velocidade do escoamento superficial, acentuando a erosão (HADLEY *et al.*, 1985). Vários trabalhos citados por GUERRA (1994; p. 164) sugerem que a velocidade do escoamento superficial aumenta à medida que aumenta o comprimento das vertentes, havendo maior erosão dos solos que em encostas curtas. Com relação aos casos analisados, as sub-bacias do setor I, pela existência de baixas declividades (menor escoamento superficial), seriam menos suscetíveis ao transporte de sedimentos e aos processos erosivos que as sub-bacias do setor II, detentoras de declividades mais altas (maior escoamento superficial). É interessante notar que na bacia do Arroio da Fraqueza as vertentes curtas e declivosas apontam para um favorecimento da perda de sedimentos mais que no Arroio Lajeado, de vertentes médias e mais ainda que no Rio Guabirola, onde as vertentes são mais longas. Esta relação seqüencial das três bacias é corroborada pela seqüência dos índices de relação de relevo (Tabela 1), considerando que esta possui uma alta correlação com a perda de sedimentos pelas bacias, como demonstrou, por exemplo, SCHUMM (1954), conforme citado por STRAHLER (1964; p. 4-67).

Ainda com referência à relação de relevo, note-se que a sub-bacia do Rio do Cachorro possui valor de Rr igual ao da bacia do Rio do Faxinal, que está em outro setor (I) e possui Dd e Fl bem menores. Nesta situação há que se duvidar da relação de Rr com a perda de sedimentos. A sub-bacia do Arroio Matão e a do Rio Campo de Dentro também possuem valores de Rr muito semelhantes, embora estejam em setores distintos. Entretanto, neste caso trata-se de sub-bacias vizinhas e que possuem características semelhantes como Dd , H e comprimento de vertentes, o que torna plausível a hipótese de os comportamentos hidrológico e de remoção de sedimentos serem aproximadamente iguais.

CONCLUSÕES

A bacia do Rio das Pedras possui internamente diferenciações geomorfológicas e que são denotadas pelos seus índices morfométricos. A variação na *densidade de drenagem* correlaciona-se positivamente com a *relação de relevo*, implicando que quanto maiores as declividades maior é a densidade de drenagem. Os atributos das vertentes (declividade e comprimento), descritos pela

análise do *índice de rugosidade* e de seus componentes (densidade de drenagem e amplitude altimétrica), caracterizam dois setores distintos: um possui vertentes com declividades predominantemente baixas (setor I), enquanto outro representa um platô profundamente dissecado pelos rios, possuindo altas declividades (setor II). O topo remanescente desse platô, onde está situada a porção superior da bacia do Rio das Mortes, forma um subsetor com predomínio de declividades intermediárias. A descrição das declividades, associadas aos comprimentos das vertentes, possibilitam inferir, em termos relativos, que as sub-bacias do setor I possuem menor propensão aos processos erosivos pelo escoamento superficial, havendo maior propensão nas sub-bacias do setor II. No mesmo sentido, a resposta hidrológica das sub-bacias varia conforme o setor em que se localizam, sendo mais rápida no setor II que no setor I.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMS, A.D. Channel networks: a geomorphological perspective. *Water Resource Research*, 20(2): 161-8, 1984.
- CHIORATO, A. *Micro-bacia Alto Rio das Mortes: Diagnóstico e Planejamento*. Relatório Interno. Guarapuava, EMATER, 1995.
- EMATER. *Micro-bacia Baixo Rio das Mortes: Diagnóstico e planejamento*. Relatório Interno. Guarapuava, EMATER, 1995.
- GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (org.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro, Bertrand., p.149-209, 1994.
- GUPTA, V.K. & WAYMIRE, E. On the formulation of an analytical approach to hydrologic response and similarity at the basin scale. *Journal of Hydrology*, 65: 95-123, 1983.
- HADLEY, R.F.; LAL, R.; ONSTAD, C.A.; WALING, D.E.; YAIR, A. Recent developments in erosion and sediment yield studies. *Technical documents in hidrology*. International Hydrological Programme, Paris: UNESCO, 1985.
- LEITÃO, J.E. *Micro-bacia do Rio Guabiroba: Plano de Trabalho*. Relatório Interno. Guarapuava, EMATER, 1995.
- MAACK, R. *Geografia Física do Paraná*. Curitiba, Banco de Desenvolvimento do Paraná/Universidade Federal do Paraná/Inst. Biol. Pesq. Tecnol., 1968.

-
- PATTON, P.C. & BAKER, V.R. Morphometry and floods in small drainage basins subjected to diverse hydrogeomorphic controls. *Water Resource Research*, 12(5): 941-52, 1976.
- SHREVE, R.L. Statistical law os stream numbers. *Journal of Geology*, 74(1): 17-37, 1966.
- STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geol. Soc. Am. Bull.* 63(11):1117-42, 1952.
- STRAHLER, A.N. Quantitative geomorphology drainage basin and channel networks. In: CHOW, V.T. (ed.) *Handbook of applied Hidrology*. New York, McGraw-Hill,. p.4-40 - 4-74, 1964.