

AVALIAÇÃO DA MORFOMETRIA DO RELEVO DA ALTA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO AREIA DOURADA, MARABÁ PAULISTA (SP)

REVIEWS OF RELIEF MORPHOMETRY OF HIGH HYDROGRAPHIC BASIN OF RIBEIRÃO DA AREIA DOURADA, MARABÁ PAULISTA (SP)

ÉVALUATION DE MORPHOMETRIE DU RELIEF DE HAUTE BASSIN HYDROGRAPHIQUE DE RIBEIRÃO DA AREIA DOURADA, MARABA PAULISTA (SP)

Marcos Norberto Boin

Prof. Dr. do Curso de Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional MMADRE. Rodovia Raposo Tavares, km 572 - Bairro do Limoeiro, Campus II, UNOESTE, CEP 19067-175, Presidente Prudente, SP. E-mail: boin@unoeste.br

Felipe Augusto Scudeller Zanatta

Pós-Graduando em Geografia IGCE UNESP, campus Rio Claro. Avenida 24-A, 1515, Caixa Postal 178, CEP: 13506-900, Rio Claro, SP. E-mail: felipeasz@hotmail.com

Cenira Maria Lupinacci da Cunha

Prof.^a Dr.^a do departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento da IGCE UNESP, campus de Rio Claro. Avenida 24-A, 1515, Caixa Postal 178, CEP: 13506-900, Rio Claro, SP. E-mail: cenira@rc.unesp.br

Resumo: Em seu desenvolvimento ao longo de diversas pesquisas, as avaliações morfométricas vêm contribuindo significativamente nos estudos geomorfológicos, pois possibilitam, por meio da geometria dos terrenos, identificar os setores potencialmente mais suscetíveis a processos erosivos e gravitacionais. Para isso será utilizada a metodologia proposta por Mendes (1993), com objetivo de verificar a eficácia dos mapas de morfometria do relevo no contexto específico da alta bacia do Ribeirão Areia Dourada, em Marabá Paulista (SP). Assim, este artigo discute os dados obtidos mediante as cartas de declividade, dissecação horizontal, dissecação vertical e energia do relevo, em associação a dados sobre as características físicas, edáficas e geomorfológicas da bacia, obtidos através de levantamentos em bibliografias, imagens orbitais e trabalhos de campo. Como resultado, as informações adquiridas demonstraram contribuir de forma significativa na compreensão da configuração da bacia, principalmente na interdependência dos elementos físicos que compõem a paisagem, o que permite orientar o uso da terra e servir como base para o ordenamento das atividades antrópicas de forma mais adequada à dinâmica natural da área.

Palavras-chave: Morfometria do relevo, alta bacia do Ribeirão Areia Dourada; dinâmica natural da bacia; processos erosivos.

Abstrat: In its development over several studies, morphometric reviews have contributed significantly in geomorphological studies, thus it allows, with the geometry of the terrain, identify the sectors potentially more susceptible to erosion and gravitational processes. For this, the methodology proposed by Mendes (1993) will be used, in order to verify the effectiveness of the relief maps of morphometry in the specific context of the high basin of Ribeirão da Areia Dourada in Marabá Paulista (SP). Thus, this article discusses the data obtained by slope maps, horizontal dissection, dissection vertical and relief energy, in combination with physical, edaphic and geomorphological characteristics of the basin data, obtained through research in bibliographies, orbital images and survey. Resulting, the information acquired shown to contribute significantly in understanding the configuration of the basin, mainly in the interdependence of the physical elements that make up the landscape, allowing guide land use and serve as a basis for the planning of human activities in a more appropriate to the natural dynamics of the area.

Keywords : Relief morphometrics; high basin of Ribeirão Areia Dourada; natural dynamics of the basin; erosion.

Résumé: Dans son développement sur plusieurs études, avis morphométriques ont contribué de manière significative dans les études géomorphologiques, car il permet, grâce à la géométrie du terrain, identifier les secteurs potentiellement plus sensibles à l'érosion et à la gravité. Pour cela, la méthode proposée par Mendes (1993) sera utilisé, afin de vérifier l'efficacité des plans de la morphométrie du relief dans le contexte spécifique de haute bassin du Ribeirão Areia Dourada, à Marabá Paulista (SP). Ainsi, cet article examine les données obtenues par carte du pente, dissection horizontale, dissection vertical et l'énergie de relief, en combinaison avec des données sur les caractéristiques physiques, édaphiques et géomorphologiques du bassin, obtenues grâce à des enquêtes dans les bibliographies, les images orbitales et travail sur le terrain. En conséquence, les informations acquises ont contribué de manière significative à la compréhension de la configuration du bassin, principalement dans l'interdépendance des éléments physiques qui composent le paysage, permettant l'utilisation des terres de guidage et servir de base pour la commande des activités humaines les mieux adaptées à la dynamique naturelle de la forme de la zone.

Mots-clés: Morphométrie du relief; haut bassin Ribeirão Areia Dourada; dynamique naturelle du bassin; l'érosion.

Introdução

Os estudos sobre a morfometria do relevo para avaliação do trabalho dos rios e do nível de dissecação das respectivas bacias de drenagem despontou no Brasil por meio da publicação de Christofolletti (1969). Com influência da escola inglesa, foram discutidas a hierarquia fluvial e a análise linear, areal e hipsométrica de bacias hidrográficas. Nesse artigo, o autor menciona outros trabalhos desenvolvidos em território nacional que utilizaram princípios da morfometria do relevo, mas faz a ressalva que esses ainda não apresentavam avaliação ampla do referido enfoque, como os estudos de: Freitas (1952 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1969), que analisa a textura topográfica; Tolentino, Gandolfi e Paraguassu (1968 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1969), sobre as pequenas bacias hidrográficas que drenam o município de São Carlos (SP) e; França (1968 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1969), que aborda interpretações fotográficas de bacias e redes de drenagem aplicada a solo na região de Piracicaba (SP).

Posteriormente, com o desenvolvimento da temática, diversos trabalhos contribuíram para avanços nas pesquisas sobre morfometria do relevo, incluindo técnicas que possibilitaram cartografar tal atributo. Em 1970, De Biasi descreveu as etapas para confecção da carta clinográfica com enfoque nos estudos geomorfológicos. O referido autor se baseou em literaturas estrangeiras sobre o tema, principalmente em Barrier (1963) e Brunet (1963) (DE BIASI, 1970). Essa carta, atualmente, é utilizada em estudos sobre o meio físico e para o planejamento urbano e agrário. Já Spiridonov (1981) apresentou uma metodologia para produzir as cartas de dissecação vertical, que medem a profundidade dos níveis de entalhamento local, e de dissecação horizontal. Tal procedimento avalia o grau de domínio da rede de drenagem de acordo com o clima e a resistência imposta pela litologia à ação dos agentes intempéricos (CUNHA, 2001). Mauro *et al.* (1991) adaptaram a metodologia de Spiridonov (1981), ao acrescentarem na elaboração das cartas de dissecação do relevo, a utilização do ábaco graduado, com o intuito de facilitar a identificação dos aspectos morfométricos. Mendes (1993), em estudo sobre a dinâmica erosiva do escoamento pluvial no córrego Lafon, Araçatuba (SP), utilizou a proposta de Spiridonov (1981) associada às técnicas de De Biasi (1970) para desenvolver uma metodologia integradora, agrupando em um único documento síntese as informações das cartas de dissecação horizontal e vertical e de declividade, formulando a carta de energia do relevo. Essa carta permite identificar terrenos potencialmente suscetíveis a processos morfogenéticos, tais como: erosão laminar e lineares, em sulcos, ravinas e voçorocas.

Devido à sua importância para os estudos geomorfológicos, as propostas de De Biasi (1970), Spiridonov (1981) e Mendes (1993) foram amplamente utilizadas em diversos trabalhos, com distintas finalidades. Marinho (1999), Zacharias (2006), Sato (2012) e Zanatta (2014) as agruparam à proposta da Geoecologia da Paisagem; Cunha (1997) e Pinheiro (2012) as aplicaram junto à Equação Universal de Perda de Solos (EUPS); e Capri Jr. (1996) as empregou no diagnóstico de suscetibilidade erosiva.

Em seu desenvolvimento ao longo do tempo, a análise morfométrica tem sido vista como um instrumento que permite quantificar e compreender a estrutura morfológica do sistema relevo, assim como torna possível indicar o grau de suscetibilidade dos terrenos (CUNHA *et al.*, 2003).

Zanatta (2014), ao identificar 530 feições erosivas lineares em distintos estágios de desenvolvimento, considera a problemática erosional presente na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP) significativa. Dessa forma, este artigo visa por meio da análise morfométrica do relevo, com base na proposta de Mendes (1993), levantar as áreas potencialmente mais suscetíveis a processos morfogenéticos associados a processos erosivos presentes na área estudada. Para a avaliação da eficácia da metodologia, os dados obtidos foram reambulados em campo e associados às características dos solos e à litologia da área.

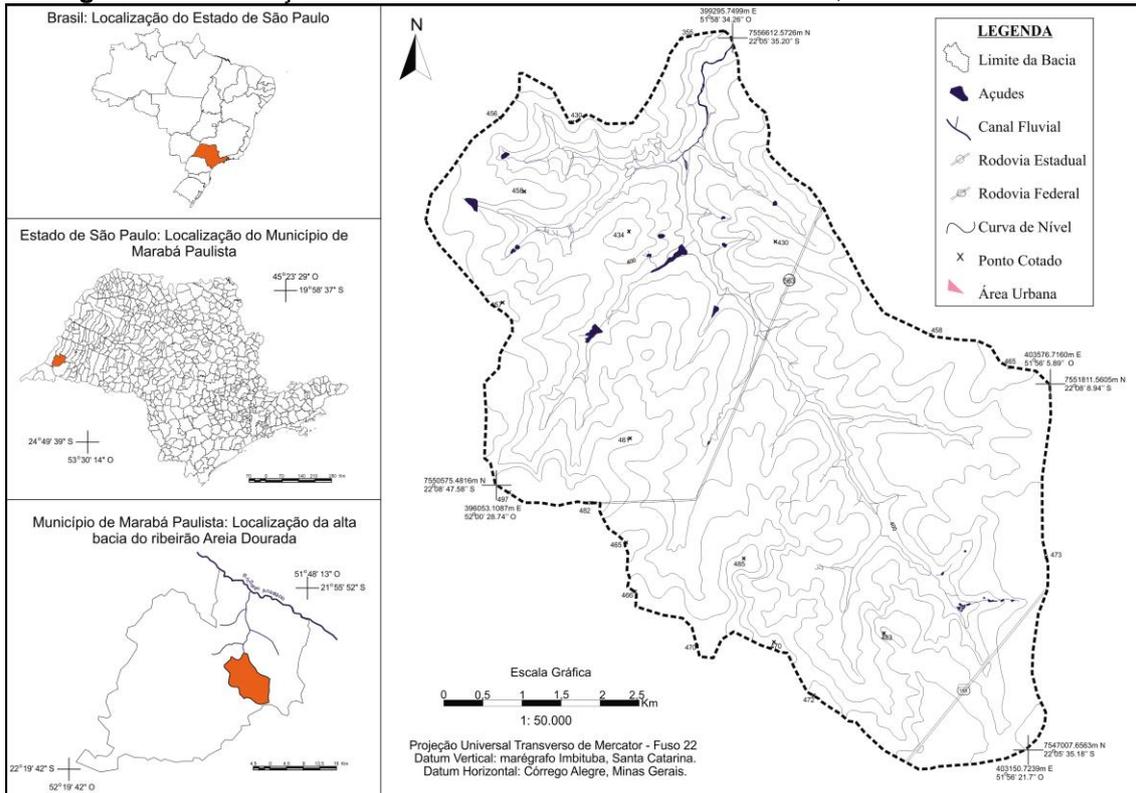
1. A Área de Estudo

A alta bacia do ribeirão Areia Dourada, localizada no município de Marabá Paulista (SP), abrange uma área de 4.623,48 ha (Figura 1), em ambiente predominantemente rural (ZANATTA, 2014).

Nessa região, componente da bacia sedimentar do rio Paraná, após a finalização dos derrames de lavas da Formação Serra Geral, de idade Jurássico Superior e Cretáceo Inferior, inicia-se a deposição basal dos sedimentos do Grupo Bauru, estratigraficamente subdividido em arenitos das Formações: Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília (BOIM, 2000).

O referido grupo, na alta bacia do ribeirão Areia Dourada é composto pela Formação Santo Anastácio, localizada dos fundos de vale e na média vertente; a Formação Adamantina ocupa a alta vertente e os topos (STEIN, 1999); sobrepondo-se a essas formações ainda encontram-se sedimentos aluvionares cenozoicos quaternários (ZANATTA; 2014).

Figura 1 - Localização da alta bacia do ribeirão do Areia Dourada, Marabá Paulista/SP.



Fonte: autores, 2014.

Para Boin (2000), as estruturas tectônicas controlam diretamente o traçado subsequente do rio Santo Anastácio e da rede de drenagem tributária, da qual a área estudada é componente. Essas estruturas são representadas pelos sistemas de direção a ENE-WSW de descontinuidade continental, evidenciado pelo controle de direção do rio Paraná e, NW com o alinhamento Guapiara, onde se encontra encaixado o rio Santo Anastácio. Essas feições estruturais são claramente evidenciadas pela compartimentação geomorfológica, em associação com os padrões da rede de drenagem (BOIN, 2000), principalmente, pelas feições ligadas à dinâmica fluvial e às formas assimétricas das sub-bacias (STEIN, 1999).

Esse comportamento também ocorre na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, onde estão registradas, segundo IPT (1981), falhas geológicas da nascente até a foz, nas posições de NNW-SSE, com inflexão de NNE-SSW; condicionando o trajeto do ribeirão do Areia Dourada e atribuindo forma assimétrica à bacia, com a porção W apresentando maiores altitudes e vertentes mais extensas que a E.

Relativo ao relevo, a exemplo do que ocorre com quase toda a região W do Planalto Ocidental Paulista, na bacia do rio Santo Anastácio, “predominam colinas suavemente onduladas entremeadas por esparsos morrotes residuais rebaixados pela

erosão” (AB’SABER, 1969 *apud* CARVALHO, 1997 p.12), subordinados a uma drenagem dendrítica (CARVALHO, 1997). A altitude varia entre 515 metros na cabeceira, a qual, segundo o referido autor, é considerada como “cabeceira de erosão” devido à presença de feições lineares, principalmente em sulcos, e 250 metros na foz. Em nível intermediário, ocorre uma sucessão de interflúvios ondulados em colinas, relacionados à densidade de drenagem e, por conseguinte, a processos erosivos de modo geral; frequentemente, ocorrem rupturas estruturais, onde há presença de extratos areníticos superficiais, encontrando-se níveis de terraços entre 340 e 360 metros (SUDO, 1980).

A borda dos topos demonstra rupturas de declividade, condicionando a formação de Neossolo Litólico. Nos topos e vertentes, fácies mais resistentes da Formação Adamantina promovem o desenvolvimento de Neossolo Litólico Eutrófico, com A chernozêmico (CARVALHO, 1997). Na média vertente, em alguns setores, as rupturas topográficas promovem o afloramento do lençol freático, de acordo com Boin (2000), condicionados por litofácies da Formação Adamantina, que intercala bancos silto-argilosos com bancos de areia.

Em áreas de relevo declivoso (8 a 20% de declividade) e até em setores mais suavizados (3 a 8% de declividade) há ocorrência de Argissolos Vermelho Escuro Distrófico de menor permeabilidade, favorecendo o escoamento superficial das águas pluviais, tendo alta suscetibilidade à erosão. Normalmente, nesses setores a rede de drenagem apresenta alta densidade e padrão dendrítico. Já nas áreas de topo registra-se a presença de Latossolo Vermelho Distrófico, também encontrado na porção W da bacia, em vertentes extensas e de baixa inclinação (CARVALHO, 1997).

Nos terrenos sujeitos a inundações periódicas, localizados nos fundos de vale, ocorrem os Gleissolos Háplicos, com maior extensão na foz da alta bacia do ribeirão Areia Dourada. Esses solos são encontrados também em alguns afluentes, com maior área no canal localizado na margem esquerda e próximo a foz do ribeirão Areia Dourada; nesse setor, o aumento da planície aluvial está associado à erosão laminar generalizada nas vertentes (ZANATTA, 2014).

Boin (2000), em estudo sobre chuvas e erosão no Oeste Paulista, classificou a região do Pontal do Paranapanema, a qual compreende a alta bacia do ribeirão Areia Dourada, com impacto pluvial forte, principalmente na primavera, estação que apresenta volume maior de chuvas com pluviosidade média de 400 mm, sendo dezembro o mês mais chuvoso, com totais que variam de 175 a 200 mm. Esse fenômeno acontece devido à participação mais efetiva da massa Polar Continental,

que se aproveita do vale do rio Paraná, atraído pela massa Tropical Continental. De acordo com as características físicas e da pluviosidade, esse setor possui risco à erosão pluvial de muito forte a forte.

Conforme o levantamento bibliográfico sobre a alta bacia do ribeirão Areia Dourada considera-se que as características do meio físico associadas ao uso da área deflagram aos terrenos suscetibilidade à erosão, já que os solos arenosos com predomínio de alta erodibilidade foram submetidos à ocupação intensa e sem critério, onde verifica-se poucas áreas com presença de vegetação nativa. Essas condições favorecem o desenvolvimento de processos morfogenéticos, pelo maior impacto das chuvas sobre os solos, que promovem, em todos os setores da área estudada, a remoção da fertilidade natural dos solos através da erosão laminar, a perda de terrenos agricultáveis pela formação de ravinas e voçorocas, e o assoreamento dos corpos d'água (ZANATTA, 2014).

2. Materiais e Métodos

Foi elaborada, inicialmente, a base cartográfica da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, a partir da delimitação da área de estudo em cartas topográficas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1976), em escala 1:50.000, com equidistância das curvas de nível de 20 metros, utilizando as folhas: Marabá Paulista (SF-22-Y-B-II-1) e Ribeirão das Anhumas (SF-22-Y-B-I-2), das quais foram extraídas as curvas de nível e a rede de drenagem. Essa carta foi utilizada para a confecção das demais presentes neste artigo, cujas técnicas serão a seguir discutidas.

2.1 Carta de declividade

A carta clinográfica foi elaborada segundo a proposta de De Biasi (1970), que se constitui na confecção de um ábaco com dimensões pré-estabelecidas, o qual é passado entre as curvas de nível de valores adjacentes. Para isso foram, também, consideradas as orientações de Sanches (1993), que propõe a construção de um ábaco suplementar a ser utilizado entre as curvas de nível de mesmo valor e entre os canais fluviais e as curvas de nível.

Desta maneira, a obtenção dos dados de declividade de um terreno representado numa carta topográfica tem como principal etapa a quantificação do maior e do menor espaçamento entre as curvas de nível registradas na referida carta. Esses dados possibilitam a identificação dos valores limites da declividade da área. O número de classes de declividade a serem representados no mapa depende das

características morfoesculturais da área, da escala em que foi elaborada a base cartográfica e dos objetivos da pesquisa.

Essa técnica, também descrita por De Biasi (1970), utiliza a seguinte equação para o cálculo de declividade:

$$DC = (Dn/Dh) * 100$$

DC = Declividade; Dn = Equidistância das curvas de nível; Dh = Distância horizontal entre as curvas de nível.

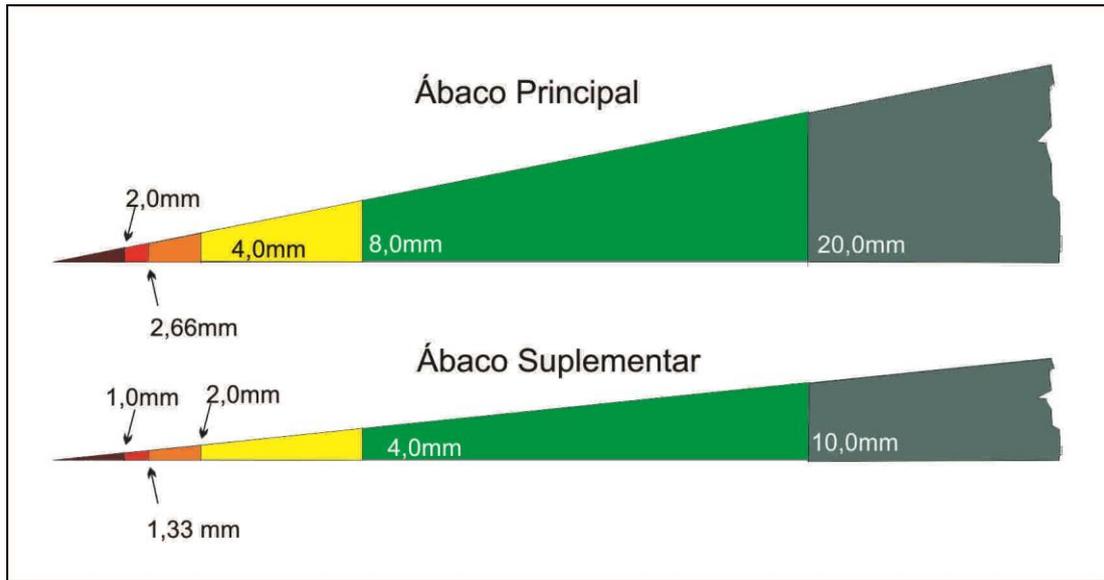
A partir do uso de um ábaco principal, conforme orientações de De Biasi (1970) e, um ábaco suplementar, de acordo com as orientações de Sanchez (1993), foram estabelecidas as medidas e classes encontradas no Quadro 1.

Quadro 1 - Medidas dos ábacos e classes da declividade definidas para o mapeamento da alta bacia do ribeirão do Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

Classe de declividade	Medidas do ábaco principal	Medidas do ábaco suplementar
< 2%	< 20,0 mm	< 10,0 mm
2 - 5%	20,0 mm – 8,0 mm	10,0 mm – 4,0 mm
5 - 10%	8,0 mm – 4,0 mm	4,0 mm – 2,0 mm
10 - 15%	4,0 mm – 2,66 mm	2,0 mm - 1,33 mm
15 – 20%	2,66 mm – 2 mm	1,33 mm – 1,0 mm
≥ 20	≥ 1 mm	≥ 0,5 mm

Segundo De Biasi (1970), utiliza-se o ábaco, deslocando-o entre duas curvas de nível de valores distintos, de forma a encontrar a linha de maior declive, na qual o segmento que delimita a classe do ábaco se encaixa perfeitamente entre as curvas em estudo. É essencial que o segmento determine um ângulo de 90° em relação às curvas. A superfície da carta compreendida entre as duas curvas de nível, delimitada perpendicularmente pelo segmento, foi assinalada com as cores correspondentes à classe indicada no ábaco. É importante lembrar, que na carta sempre foi mantida a sequência das classes estabelecidas. Deve-se considerar que quanto maior a declividade da área, mais escura será a trama ou a cor a representar tal classe como se apresenta no ábaco (Figura 2).

Figura 2 - Ábacos utilizados na elaboração das cartas morfométricas.



2.2 Carta de dissecação horizontal

A carta de dissecação horizontal foi elaborada aplicando técnicas desenvolvidas por Spiridonov (1981), com adaptações propostas por Mauro *et al.* (1991). Essa carta possibilita a identificação da distância que separa os talwegues das linhas de cumeada das bacias, isso permite a avaliação do trabalho de dissecação, elaborado mediante os rios sobre a superfície de interesse. Tal procedimento auxilia na avaliação da fragilidade do terreno em relação à atuação dos processos morfogenéticos, indicando setores em que os interflúvios mais estreitos denotam maior suscetibilidade à atuação destes.

Para a confecção dessa carta, traçou-se os limites da alta bacia do ribeirão Areia Dourada e, em seguida, delimitou-se todas as sub-bacias, partindo-se das maiores para as de menores extensões. Depois, as sub-bacias foram classificadas segundo a distância entre a linha de cumeada e o fundo de vale. Para essa carta o ábaco foi deslocado entre o talvegue e os divisores de água, de modo que os limites das classes registradas no ábaco se ajustassem perfeitamente a já mencionada distância. Assim, obteve-se o limite das classes na carta.

Seguindo as orientações citadas, foram encontradas as seguintes classes e medidas do ábaco (Quadro 2):

Quadro 2 - Classes e medidas do ábaco da dissecação horizontal da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista/SP.

Classes de dissecação horizontal	Medidas do ábaco
< 100 m	2,0 mm
100 - 200 m	2,0 – 4,0 mm
200 - 400 m	4,0 – 8,0 mm
400 - 800 m	8,0 – 16,0 mm
800 – 1600 m	16,0 – 32,0 mm
> 1600 m	> 32,0 mm

2.3 Carta de dissecação vertical

A carta de dissecação vertical foi elaborada segundo método desenvolvido por Spiridonov (1981). Essa carta indica a altitude relativa entre os topos e o talvegue, mostrando quanto o canal fluvial conseguiu entalhar verticalmente o relevo. Ainda, para Cunha (2001), essa carta permite identificar e comparar os diferentes estágios de entalhamento no interior da área de estudo.

Assim como na carta de dissecação horizontal, dividiu-se a base cartográfica em sub-bacias hidrográficas correspondentes a cada canal fluvial. Feito isso, procurou-se ligar o ponto de intercessão da curva de nível no talvegue até o divisor de água mais próximo, por uma linha perpendicular. De acordo com a equidistância das curvas de nível, determinou-se as classes de dissecação vertical, que foram identificadas por cores de forma semelhante às outras cartas. Como demonstra o Quadro 3.

Quadro 3: Classes da dissecação vertical da alta bacia do Ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista/SP.

Classes da Dissecação Vertical
< 20 m
20 - 40 m
40 - 60 m
60 – 80 m
80 – 100 m
>100 m

2.4 Integração dos dados

A integração dos dados, como o próprio nome esclarece, visa unir em um único documento cartográfico as informações fornecidas pelas três cartas anteriores (carta de declividade, carta de dissecação horizontal e carta de dissecação vertical).

Para sua elaboração, extrai-se em um papel poliéster, o contorno da bacia e, sobre essa transparência, delimitam-se as divisões das classes da carta de dissecação horizontal, identificando-as por meio de um número. Esse mesmo procedimento efetua-se nas demais cartas. Desse modo, quando os dados da última carta forem transcritos, cada espaço dividido deverá ter três algarismos, que corresponderão, respectivamente, a dissecação horizontal, dissecação vertical e declividade da área.

Mendes (1993) sugere que as cartas sejam integradas nessa ordem, pois as parcelas definidas na dissecação horizontal são maiores, seguindo-se da dissecação vertical e da declividade, desse modo, facilita-se o trabalho de integração.

No caso particular deste trabalho, no qual a morfometria realizou-se em base cartográfica na escala 1: 50.000, a dimensão das parcelas não permitiu que se aplicasse a sistemática de numeração como sugerido por Mendes (1993). Utilizou-se a mesma sequência proposta por Mendes (1993), só que com o apoio de cartas intermediárias em papel poliéster, onde, inicialmente, compilaram-se as cartas de dissecação horizontal e dissecação vertical, identificando os limites de cada classe de cada carta mediante uma cor. Em um segundo momento, o mesmo procedimento é efetuado com a carta de declividade. Assim, quando os limites das classes da última carta forem destacados com sua cor, cada espaço dividido deverá ter três cores diferentes, que serão, respectivamente, a dissecação horizontal, dissecação vertical e declividade da área.

As classes de energia do relevo foram elaboradas de acordo com as características da área e com os objetivos da pesquisa. Tais classes variam de muito forte a muito fraca, tratando-se, então, de uma interpretação qualitativa dos dados quantitativos obtidos nas cartas integradas. É necessário lembrar ainda, que as classes devem ter representatividade, isto é, expressão areal.

2.5 Carta de Energia do Relevo

Para a construção do quadro de classes de energia do relevo, conforme a proposta de Mendes (1993), considerou-se a declividade como fator de relevo de maior influência nos processos erosivos, sendo seguido da dissecação horizontal e, finalmente, da dissecação vertical.

A carta de energia do relevo foi elaborada com base na integração dos dados mediante a tabela de classes de energia do relevo (Tabela 1). Dessa forma, a classe de energia muito forte é composta de parcelas com declividade maior que 20% e dissecação

horizontal menor que 100 metros, conforme destacado na Tabela 1, pela cor preta. Da mesma maneira, a classe de energia forte refere-se às declividades entre 15 e 20%, a dissecação horizontal entre 100 e 200 metros, a dissecação vertical maior que 100 metros e, assim sucessivamente, até a classe de energia fraca, na cor verde.

Tabela 1 - Critérios morfométricos das classes de energia do relevo.

ENERGIA	DECLIVIDADE	DIS. HORIZONTAL	DIS. VERTICAL
Muito Forte	> 20%	< 100m 100 - 1600m > 1600m	< 20m 20 - 100m >100m
	< 2% 2 - 20%	< 100m	<20m 20 - 100m >100m
Forte	15 - 20%	100 - 16000m > 1600m	< 20m 20 - 100m > 100m
	< 2% 2 - 15%	100 - 200m	< 20m 20 - 100m > 100m
	< 2% 2 - 15%	200 - 1600m > 1600m	> 100m
Medianamente Forte	10 - 15%	200 - 1600m > 1600m	< 20m 20 - 100m
	< 2% 2 - 10%	200 - 400m	< 20m 20 - 100m
	< 2% 2 - 10%	400 - 1600m > 1600m	800 - 100m
	5 - 10%	400 - 800m	< 20m 20 - 80m
Média	5 - 10%	800 - 1600m > 1600m	< 20m 20 - 80m
	< 2% 2 - 5%	400 - 800m	< 20m 20 - 80m
	2% 2 - 5%	800 - 1600m > 1600m	60 - 80m
	2 - 5%	800 - 1600m	40 - 60m
Fraca	2 - 5%	800 - 1600m > 1600m	< 20m 20 - 60m
	< 2% 22 - 5%	800 - 1600m	< 20m 20 - 60m
	< 2%	> 1600m	40 - 60m

De acordo com Mendes (1993), por meio desse procedimento atingem-se dois níveis de caracterização morfométrica da área. Num primeiro nível são realizadas análises relativas a atributos morfométricos específicos, como:

- 1- Carta clinográfica: indica a inclinação das vertentes;
- 2- Carta de Dissecação Horizontal: aponta a distância que separa as linhas de cumeada do talvegue mais próximo;
- 3- Carta de Dissecação Vertical: refere-se à altitude relativa dos diversos setores ao longo do interflúvio.

Num segundo momento, a morfometria é analisada mediante a carta de energia do relevo, que representa graficamente uma interpretação qualitativa da análise dos dados fornecidos pelas três cartas iniciais.

2.6 Digitalização das cartas

Os documentos cartográficos elaborados e já descritos foram escaneados e georreferenciados. A digitalização dos dados foi realizada pelo *Software* livre SPRING 5.1.2, obtido junto ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

3.Resultados e discussão

Como resultado da aplicação das técnicas supracitadas, observa-se, na área estudada, a influência dos movimentos tectônicos, responsáveis pela formação do ribeirão Areia Dourada, impondo forma assimétrica à bacia. As vertentes a W são mais extensas que a E, onde ocorrem vertentes estreitas e topos amplos, com declividades menores que 2% e de 2% a 5% (Figura 3).

A influência de litofácies da Formação Adamantina, principalmente da sobreposição de camadas silto argilosas e arenosas, determinam diferentes declives no relevo da bacia, influenciado pela diferença de composição granulométrica e mineralógica das litofácies, ora silto argilosa, ora arenosa compondo bancos, que por vezes são cimentados por carbonato de cálcio, que lhes conferem maiores resistência, destacando-se na paisagem como faixas abruptas com rupturas do relevo (declividades $\geq 20\%$). Associada a essas faixas abruptas, a intercalação de camadas de diferentes composições propicia a retenção do fluxo vertical da água infiltrada da superfície, saturando porções que criam afloramentos de lençóis freáticos de média vertente. Observa-se a SW, W e NNW terrenos com inclinações acentuadas, superiores ou iguais a 20% (Figura 4). Nesses setores foram averiguadas, em campo, rupturas topográficas abruptas bordejando as áreas de topo (Figura 5), que resultam: a W na formação de Neossolo Litólico e, a NNW a formação de solos subordinados ao hidromorfismo em afloramento do lençol freático.

Figura 3 - Carta de declividade da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

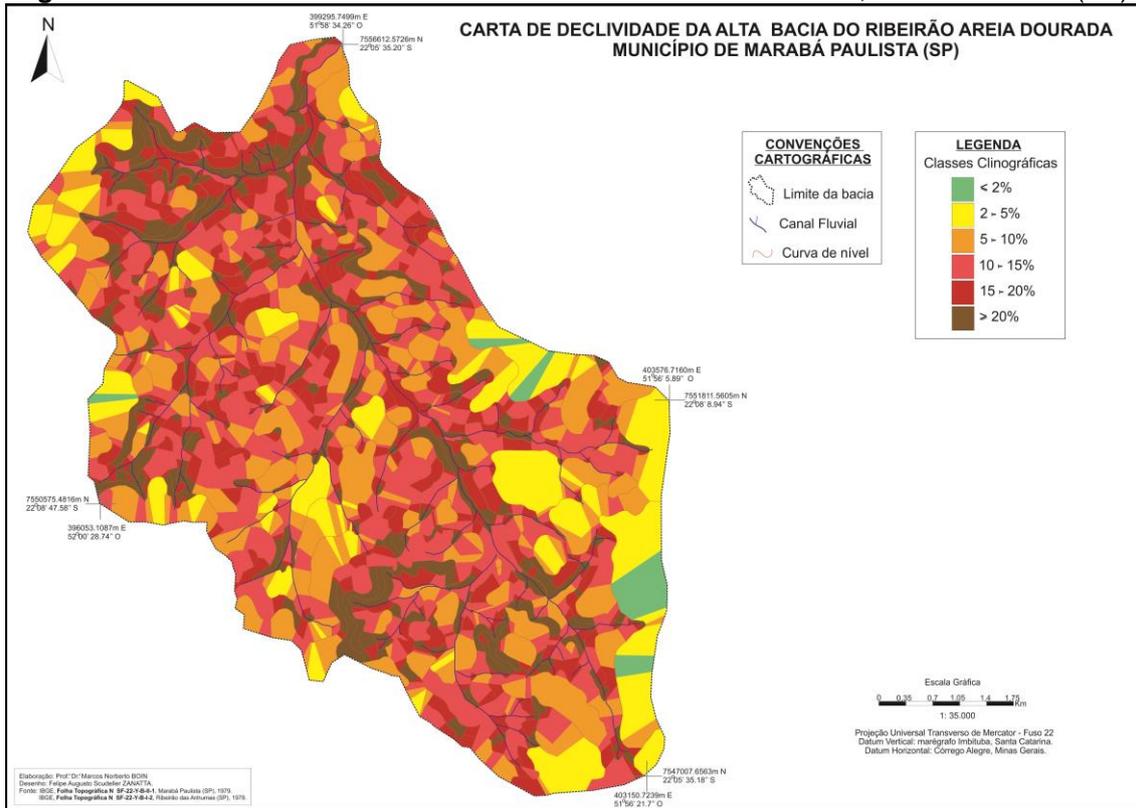


Figura 4 – Classes de morfometria do relevo da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).

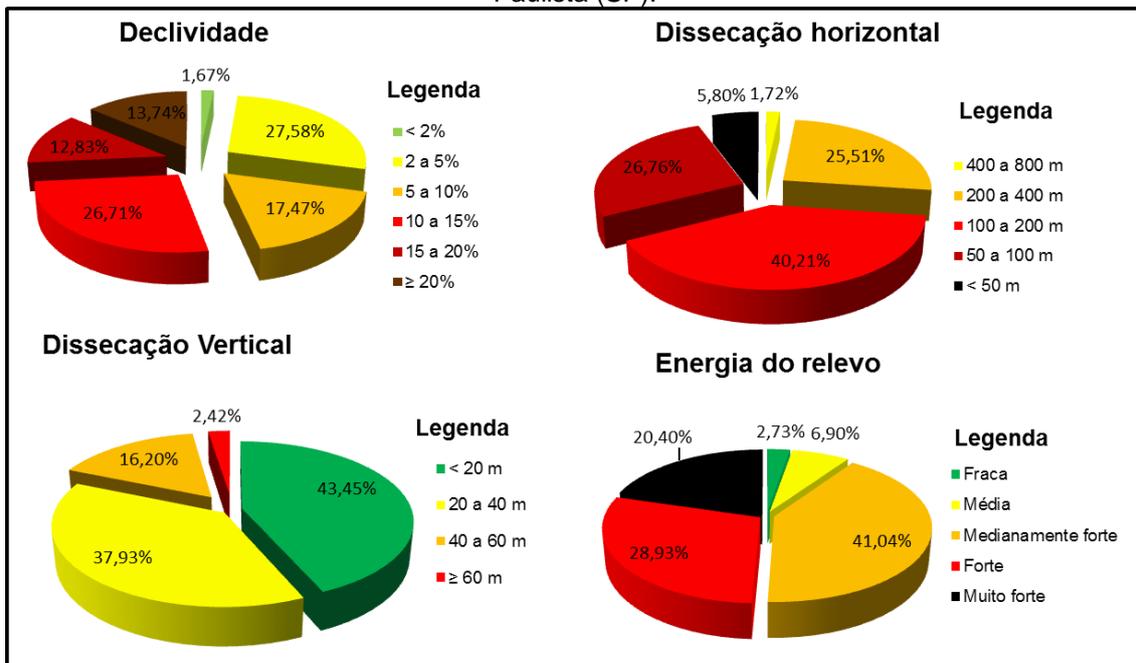
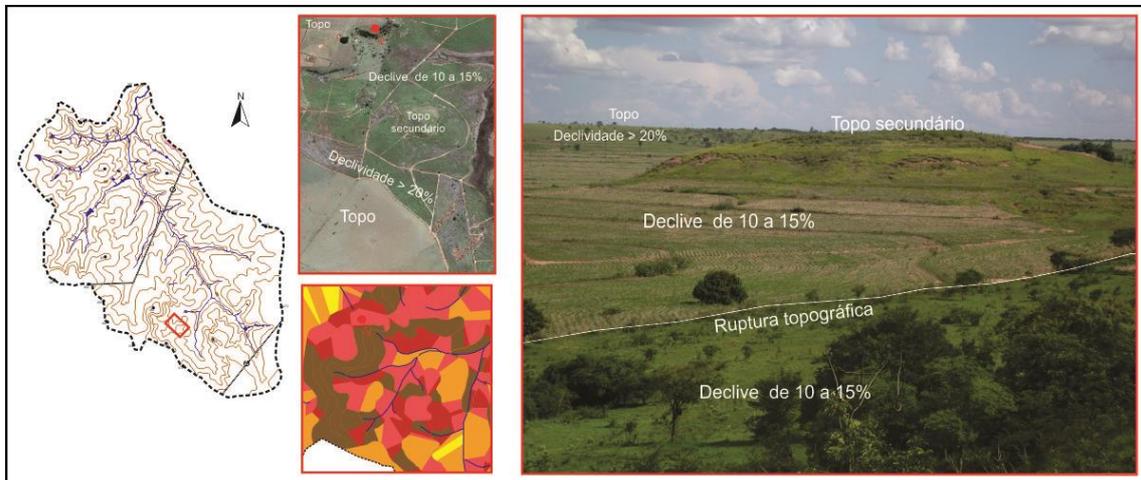


Figura 5 – Relevo e declividade do setor SW da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP). A legenda referente à declividade encontra-se na figura 3.

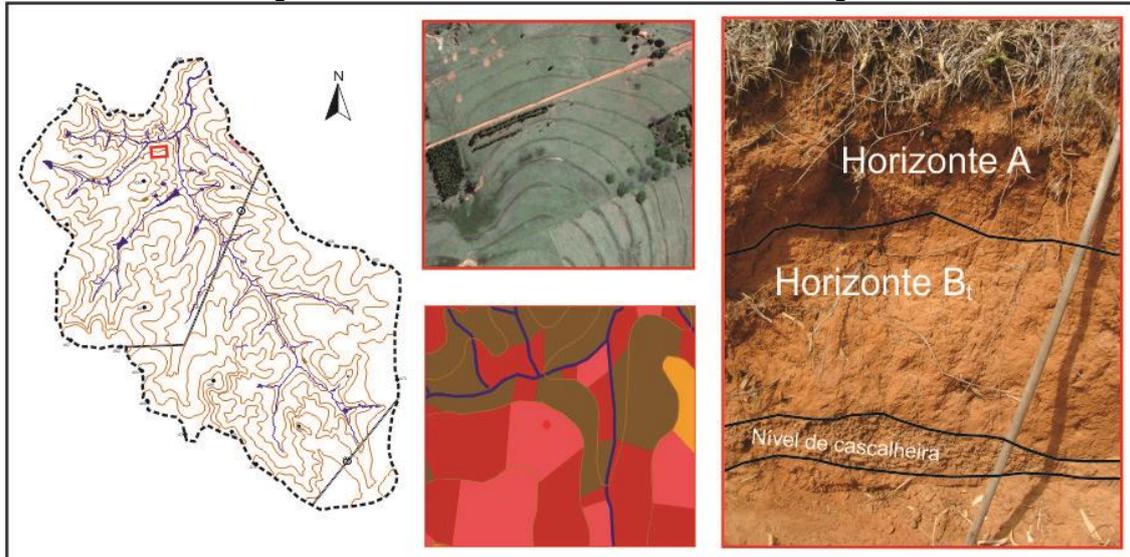


Fonte: ZANATTA (2014).

A figura 5 ilustra um trecho do terreno que foi reambulado em campo, o que permitiu averiguar a relação entre litologia, relevo e declividade. As rupturas topográficas, que bordejam as áreas de topos, resultam na formação de declividades acentuadas na alta vertente, sendo mais amena na média vertente, onde a inclinação é de 10 a 15%; essa classe ocupa 26,71% da bacia. Fácies mais resistentes da Formação Adamantina geram topos secundários em algumas áreas da bacia, com as bordas apresentando declives acentuados, de 15 a 20%, que compreende 12,83%, e superiores ou iguais a 20%, que totalizam 13,74% da área estudada (Figura 4).

Quanto aos solos da bacia, as inclinações de média (10 a 15%) a acentuada (15 a 20%) promovem a formação de Argissolo Vermelho Distrófico, que se caracterizam pela concentração elevada de frações de argila no horizonte Bt, tornando-os altamente suscetíveis a processos morfogenéticos pela diferença de porosidade entre os horizontes mais superficiais, que condicionam boa infiltração no horizonte A e, baixa no horizonte Bt, proporcionando a formação do escoamento subsuperficial no topo desse horizonte, em declives já acentuados (Figura 6).

Figura 6 – Argissolo Vermelho Distrófico em terrenos com declividade de média a acentuada. A legenda referente à declividade encontra-se na figura 3.



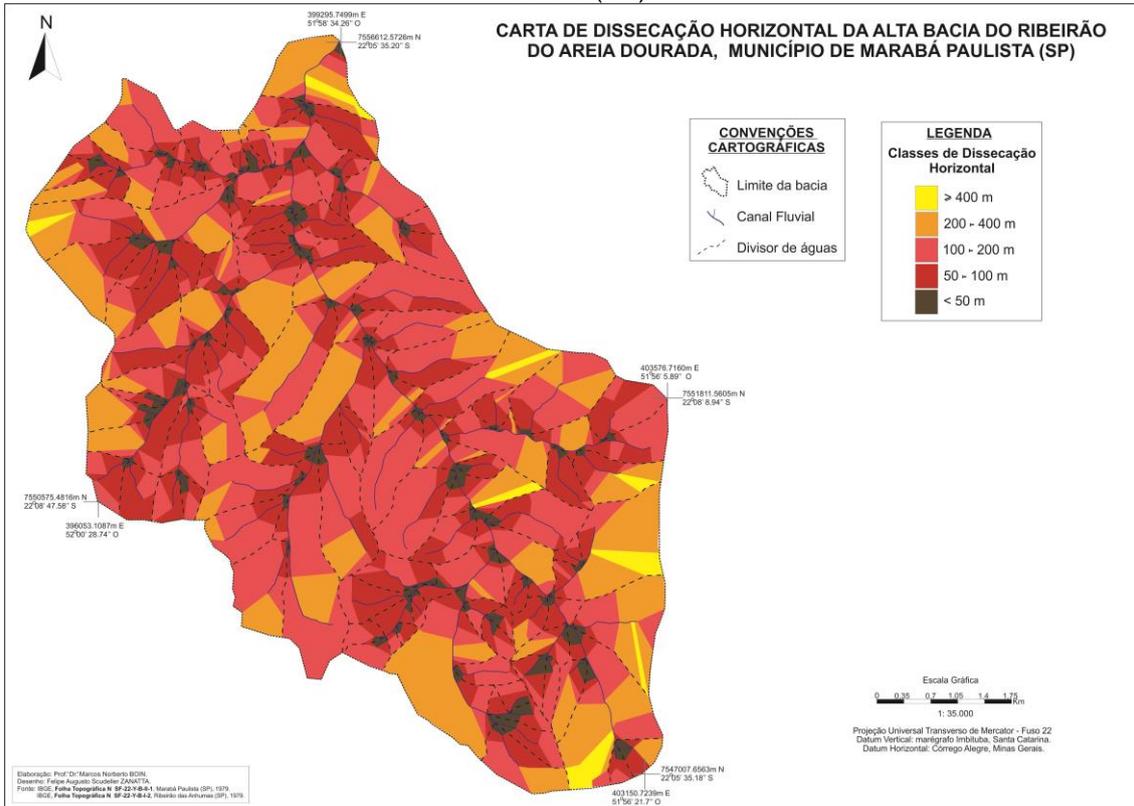
Fonte: ZANATTA (2014).

Já o Latossolo Vermelho Álico, por se configurar profundo e com pequena diferença das frações granulométricas entre seus horizontes, é formado em setores com menores declives, como as áreas de topo, com inclinações menores que 2%, variando de 2 a 5% e, em poucas situações, de 5 a 10%. Os declives menos acentuados incidem em 46,72% da área estudada, com inclinações <2%, ocupando 1,67%, de 2 a 5%, 27,58% e de 5 a 10%, 17,47% da área da bacia.

O Latossolo Vermelho Álico também ocorre nas vertentes do setor W da bacia, em terrenos menos dissecados horizontalmente, potencialmente vinculados à fácies mais resistentes da Formação Adamantina (Figura 7 e 8).

Na carta de dissecação horizontal, as classes de 100 a 200 e de 50 a 100 metros são registradas nas proximidades dos canais fluviais e incidem na maior parte da bacia (Figura 4), ocupando 40,21% (1.859 ha) e 40,21% (1.859 ha), respectivamente. Já a classe com dissecação menor que 50 metros, restringe-se às confluências da rede de drenagem e compreende 26,76% (1.236,27 ha) da bacia. As áreas com maior dissecação estão relacionadas à maior densidade de drenagem.

Figura 7 - Carta de dissecação horizontal da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).



Fonte: autores, 2014.

Figura 8 – Vertentes pouco dissecadas do setor W da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP). A legenda referente à dissecação horizontal encontra-se na figura 7.



Fonte: ZANATTA (2014).

As classes que indicam baixa dissecação horizontal do relevo, como de 200 a 400 metros e de 400 a 800 metros, ocorrem em terrenos com baixa densidade de drenagem e em algumas áreas de topo e, compreendem menor porcentagem em

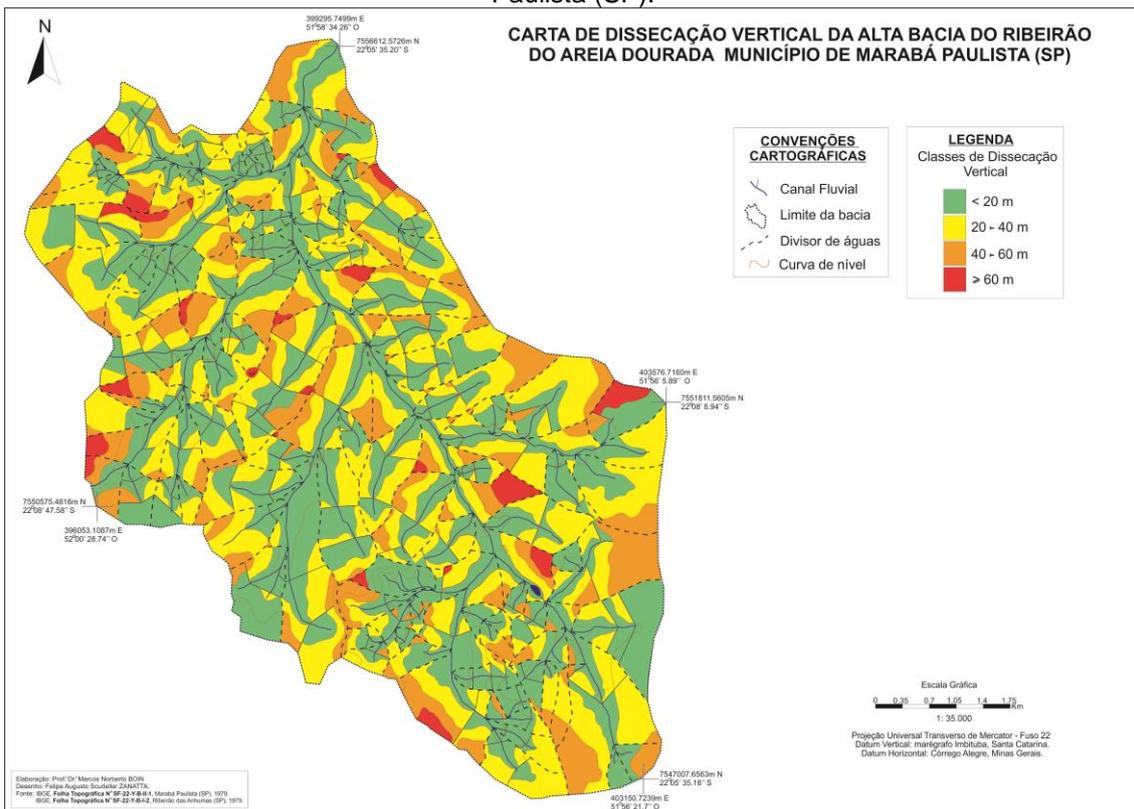
área da bacia; incidindo em 25,51% (1.179,42 há) e 1,72% (79,68), respectivamente (Figura 4).

Nas vertentes do setor W, dissecações de 200 a 400 metros promovem condições que favorecem a formação de Latossolo Vermelho Distrófico (Figura 8).

Nota-se, na fotografia em campo da figura 8, a baixa densidade de drenagem e o relevo pouco dissecado pela ação das águas fluviais e pluviais em declives que variam de 5 a 10% (Figura 3).

Quanto à dissecação vertical, os maiores valores incidem em terrenos menos declivosos e de maiores altitudes em relação ao seu entorno, como nos topos, topos secundários e altas vertentes convexas extensas. Esses terrenos correspondem a menor porcentagem em área da bacia; abrangendo 2,42% (112,12 ha). Nesses locais, a força gravitacional é potencializada por apresentar as maiores distância em relação ao nível de base (Figura 9 e 4).

Figura 9 – Carta de dissecação vertical da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).



Fonte: autores, 2014.

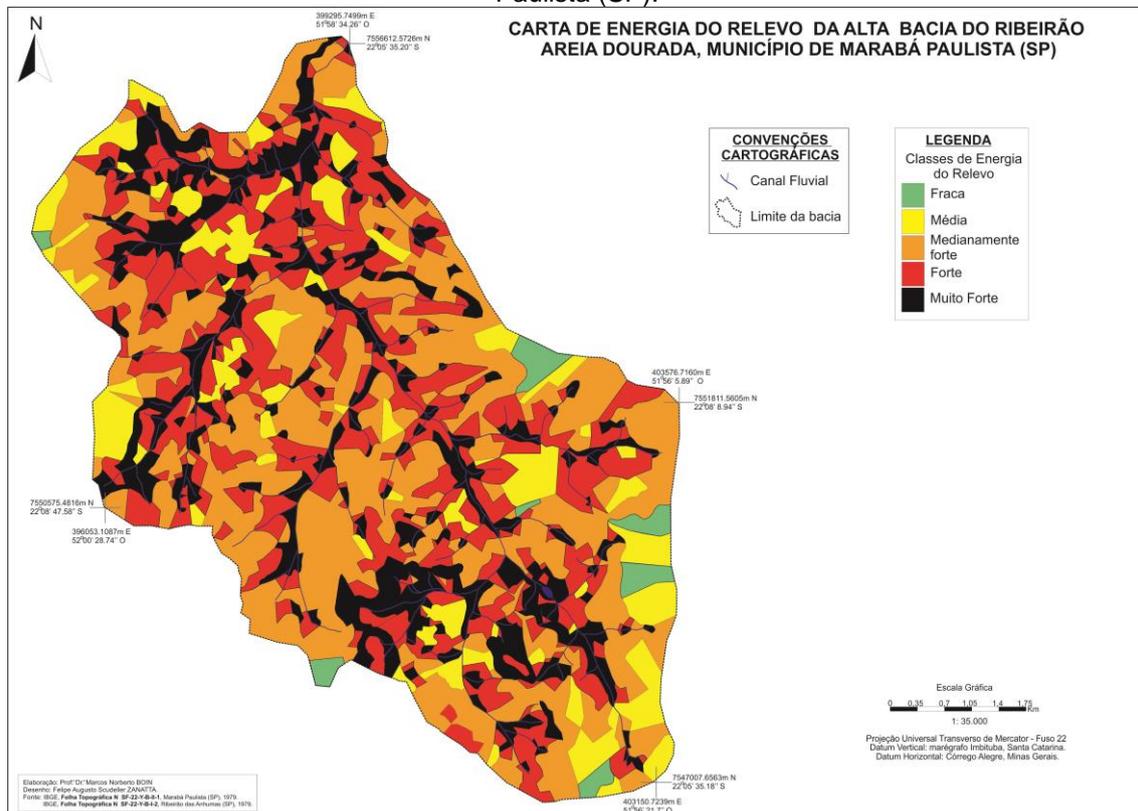
Nota-se que a classe com distância menor que 20 metros, que ocorre nos fundos de vale e na baixa vertente, ocupa 43,45% (2.008,74 ha) da área da bacia. Já

as classes de 20 a 40 e de 40 a 60 metros incidem na média e alta vertente e nas áreas de topos e, abarcam 37,93% e 16,2% da área estudada, respectivamente.

Os dados de dissecação vertical demonstram que a bacia encontra-se pouco dissecada, com poucos terrenos apresentando suscetibilidade à processos gravitacionais. Enquanto os dados de dissecação horizontal e declividade, com predomínio de terrenos fortemente dissecados e declivosos, deflagram, na maior parte dos terrenos da bacia, suscetibilidade a processos morfogenéticos.

A junção dessas informações em documento síntese, representada pela carta de energia do relevo, demonstra a situação supracitada. Registra-se o domínio de energia medianamente forte, forte e muito forte e poucas áreas com energia de média a fraca localdas especialmente nas áreas de topo (Figura 10).

Figura 10 - Carta de energia do relevo da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).



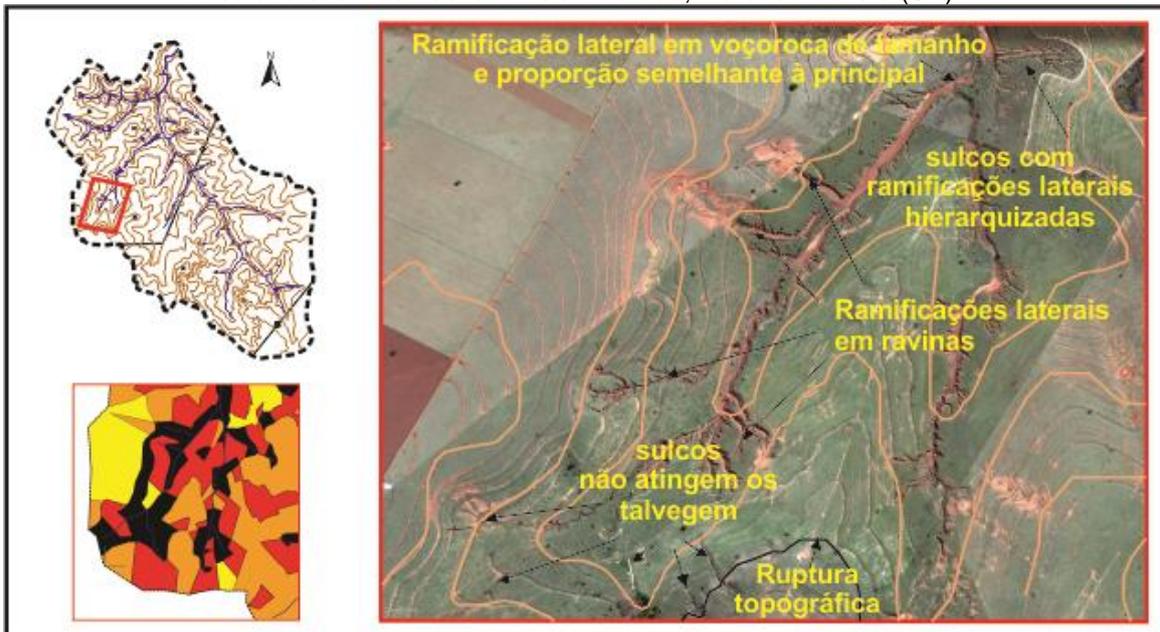
Fonte: autores, 2014.

Verifica-se a influência das rupturas topográficas, promovidas pelas litologias da Formação Adamantina, e das confluências dos canais fluviais determinando terrenos com energias muito forte. Essa classe ocupa parte expressiva da bacia, pois incide em 20,4% dos terrenos (Figura 4).

Boa parte da bacia ainda apresenta as classes medianamente forte e forte, que compreendem, respectivamente, 41,04% (1.897,53 ha) e 28,93% (1.337,6 ha) da área estudada, enquanto as classes menos potencialmente suscetíveis a processos geomórficos abrangem poucos terrenos, sobretudo nos topos e em vertentes convexas extensas e pouco declivosas, apresentando 6,9% (319,02 ha) como média e 2,73% (126,22 ha) como fraca energia.

Em campo, verificou-se que nos terrenos com energias de forte a muito forte ocorrem feições erosivas em estágio avançado de desenvolvimento. No setor W, feições erosivas em sulco e ravinas, iniciadas na alta vertente, pelo caminhamento de animais, removem linearmente os solos, formando caminhos preferenciais para escoamento superficial das águas pluviais. Ao ganhar velocidade, o escoamento na média vertente adquire maior força e promove o afloramento do lençol freático. Esse estágio de desenvolvimento caracteriza a erosão como voçoroca. Nas margens dessa, ainda surgem dezenas de ravinas e sulcos que contribuem para seu avanço (Figura 11).

Figura 11 – Feições erosivas lineares em terrenos com energias de forte a muito forte no setor W da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).



A legenda referente à energia do relevo encontra-se na figura 10. **Fonte:** ZANATTA (2014).

Considerações Finais

A análise dos dados apresentados possibilitou identificar setores potencialmente suscetíveis a processos geomórficos, como: erosão laminar e lineares, em sulco, ravinas e voçorocas. Cabe destacar que tal potencialidade pode ser

intensificada, devido fragilidade proporcionada: pelas litologias arenosas das formações Santo Anastácio e Adamantina; à assimetria da bacia; às características dos solos; ao desmatamento desmedido e sem critério; e, aos manejos inadequados já efetuados na área, como averiguado por Zanatta (2014). As informações levantadas também indicam a influência das características geométricas do relevo na localização e desenvolvimento das erosões no setor W da bacia.

Os dados obtidos demonstram a relação entre as características das litologias e dos solos, a declividade e dissecação dos terrenos, na configuração de setores com alta, média e baixa suscetibilidade a processos geomórficos, que denotam distintas capacidades de uso a essas áreas. Setores com Latossolo Vermelho Distrófico incidem em áreas menos declivosas e dissecadas, resultando em baixas energias do relevo, o que possibilita o uso diversificado dos terrenos; enquanto altos declives em áreas de domínio de Argissolo Vermelho Distrófico deflagram suscetibilidade e indicam que os usos devem respeitar tais características; já áreas com declives superiores ou iguais a 20% estabelecem energia muito forte ao relevo, com formação de Neossolo Litólico e afloramento do lençol freático com desenvolvimento de solos subordinados ao hidromorfismo. Nesses casos, salienta-se a alta suscetibilidade dos terrenos e a orientação de que sejam mantidos em suas feições naturais, com muito pouca ou nenhuma influência de atividades antrópicas.

Desta forma, a cartografia morfométrica possibilitou compreender a dinâmica natural da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, apontando as áreas com maior potencial para a atuação dos processos morfogenéticos e gravitacionais, permitindo, em pesquisas futuras, ordenar as ocupações de forma mais adequada a essa dinâmica.

Referências

BARRIER, M. Le cartes clinographiques, Rennes, Norois 40: **Revue Geographique de L'Quest et des Pays de L'Atlantique Nord**, 1963, p.390-397.

BOIN, M. N. **Chuvas e Erosões no Oeste Paulista**: Uma Análise Climatológica Aplicada. 264p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

BRUNET, R. Les cartes de pentes, Toulouse: **Revue Geographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, XXXIV, 1963, p. 390-397.

CAPRI JUNIOR, S. **Técnicas Cartográficas aplicadas à dinâmica da bacia Ribeirão Araquá – SP**. 1999. 188f. Dissertação (Mestrado em Geografia).

- Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 1996.
- CARVALHO, W. A. (Coord.). **Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do rio Santo Anastácio-SP**. Presidente Prudente, São Paulo: FCT-UNESP, 1997.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, p. 35-64, 1969.
- CUNHA, C. M. L. da **A Cartografia do Relevo no Contexto da Gestão Ambiental**. 2001, 128f. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2001.
- CUNHA, C. M. L. da **Quantificação e Mapeamento das Perdas de Solo por Erosão: Bacia do Córrego Jacu e Santo Antonio**. 1997. (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 1997.
- CUNHA, C. M. L. ; MENDES, I. A. ; SANCHEZ, M. C. .** Técnicas de elaboração, possibilidades e restrições de cartas morfométricas na gestão ambiental. *Geografia* (Rio Claro. Impresso), Rio Claro, v. 28, n.3, p. 415-430, 2003.
- DE BIASI, M. Carta de declividade de vertentes: confecção e utilização. **Boletim de Geografia**, Instituto de Geografia. USP, n. 21, 1970.
- MARINHO, V. L. F. **Estudo Ambiental na bacia do Ribeirão das furnas, Araras – SP**. 1999. 113f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 1999.
- MAURO, C. A. *et al.* Contribuição ao planejamento ambiental de Cosmópolis – SP. In: **Encuentro de Geógrafos de América Latina**, 3. Toluca, UAEM, v.4, 1991.
- MENDES, I. A. **A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na bacia do Córrego Lafon – Araçatuba – SP**. 1993. 171f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- PINHEIRO, L. de S. **A dinâmica erosiva na bacia do córrego ibitinga – Rio Claro (SP): Uma abordagem empírico-dedutiva**. Rio Claro, 2012. 140f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2012.
- SATO, S. E. **Zoneamento Geoambiental do município de Itanhaém – Baixada Santista (SP)**. Rio Claro, 2012. 132f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2012.
- SANCHEZ, M. C. **A propósito das cartas de Declividade**. In: Simpósio de Geografia Física Aplicada, 5, 1993, São Paulo/SP. *Anais...* São Paulo: FFLCH – USP, 1993.
- SPIRINDOV, A. I. **Princípios de La Metodología de las Investigaciones de Campo y El Mapeo Geomorfológico**. Havana: Universidad de la Havana, Facultad de Geografía, 3v, 1981.
- STEIN, D. P. **Avaliação da degradação do meio físico. Bacia do rio Santo Anastácio, Oeste Paulista**. 197 p. Tese (Doutoramento em Geociências e Meio Ambiente), Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1999.
- SUDO, H. **Bacia do Santo Anastácio: estudo geomorfológico**. São Paulo, 1980. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

ZACARIAS, A. A. **A Representação Gráfica das Unidades de Paisagem no Zoneamento Ambiental: um estudo de caso no Município de Ourinhos-SP.** Tese (Doutorado em Geografia – Área de Concentração em Organização do Espaço), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

ZANATTA, F. A. S. **Diagnóstico visando planejamento ambiental da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP).** 140p. Dissertação (Mestrado em Geografia – organização do espaço), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2014.

Recebido em: 05/05/2014

Aprovado para publicação em: 24/11/2014