

TÉCNICAS DE ELABORAÇÃO, POSSIBILIDADES E RESTRIÇÕES DE CARTAS MORFOMÉTRICAS NA GESTÃO AMBIENTAL

Cenira Maria Lupinacci CUNHA^{1, 2}

Iandara Alves MENDES^{1, 3}

Miguel Cezar SANCHEZ^{1, 4}

Resumo

A preservação dos recursos naturais através de uma gestão ambiental adequada constitui-se, na atualidade, em um dos grandes desafios enfrentados pela humanidade. No contexto da gestão ambiental, as formas de relevo e os processos geomorfológicos têm grande importância, tanto pelo fato de constituírem o substrato físico sobre o qual se desenvolvem as atividades humanas, como por responderem, muitas vezes de forma agressiva, às alterações provocadas por tais atividades. Desse modo, a representação cartográfica do relevo torna-se instrumental imprescindível para uma gestão ambiental adequada. Verifica-se, contudo, que as cartas normalmente elaboradas constituem-se em documentos complexos que, muitas vezes, dificultam a transmissão das informações aos leitores não-especializados. Neste contexto, o objetivo principal desta pesquisa foi testar, correlacionar e avaliar diversas propostas de representação cartográfica da morfometria do relevo, analisando as limitações e possibilidades dos dados e informações fornecidos por tais produtos. Desse modo, verificou-se que, de acordo com as características da área, as condições materiais e de tempo para a realização da pesquisa, a escala de trabalho e a questão ambiental a ser avaliada são recomendáveis a utilização de técnicas específicas para o mapeamento da morfometria do relevo.

Palavras-chave: cartografia; morfometria do relevo; representação cartográfica.

Abstract

Elaboration, restrictions and possibilities of relief morphometry cartographic representation focused on environmental management

The preservation of natural resources through an appropriate environmental management consists in one of the great challenges faced by the humanity in the present time. In the context of environmental management, the landforms and geomorphological process, have got great importance both by the fact that they form the physical substratum on which develop the human activities, answering many times in aggressive way and the alterations provoked by such activities. In this way, the relief cartographic representation comes as a vital instrument for an appropriate environmental management. However, it can be seen that usually elaborate relief graph charts consists in complex documents that sometimes difficultate the information transmission to one who is not familiar with them. In this context, the main objective of this research was to test, establish a relationship and evaluate different proposals of relief morphometry cartographic representation, analyzing the restrictions and possibilities of data and information provided by such products. Therefore, the application of specific techniques for relief morphometric graph charts is recommended according to region features, time and material conditions to carry out the research, labour scale and environmental subject to be estimated for.

Key words: cartography; relief morphometry; cartographic representation.

¹ Laboratório de Geomorfologia, Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento, UNESP, Rio Claro. Caixa Postal 178 - CEP 13.500-230 - Rio Claro-SP.

² Doutora em Geociências e Meio Ambiente.

³ iandaramendes@yahoo.com.br

⁴ Professor Doutor.

INTRODUÇÃO

A representação cartográfica do relevo tem papel relevante, visto que é sobre as feições geomorfológicas que se localizam e se desenvolvem as atividades humanas. Sobre este assunto, Christofolletti (1995, pg. 415) afirma que "o modelado terrestre [...] surge como elemento do sistema ambiental físico e condicionante para as atividades humanas e organizações espaciais". Assim, a representação cartográfica do relevo pode fornecer dados sobre as condições locais para ocupação ou, ainda, em caso de ocupação já efetiva, pode auxiliar na identificação de áreas potencialmente problemáticas no futuro.

Segundo Fairbridge (1968), uma classificação genética e cronológica do relevo permite identificar formas ativas e processos operantes, possibilitando avaliar as conseqüências da interferência antrópica sobre tais áreas.

Esta relativa importância da avaliação das formas de relevo para a ocupação humana reflete-se inclusive na legislação brasileira, na qual muitas das regulamentações sobre a ocupação territorial baseiam-se não apenas nas formas de relevo, mas também em seus atributos, como por exemplo, na distância mínima dos leitos fluviais ou nascentes, em declives limites para construções urbanas ou para a efetivação de processos de desmatamentos, entre outros.

Constatada a importância da cartografia na representação do relevo, convém enfatizar as dificuldades intrínsecas à realização de mapeamentos deste elemento da paisagem. Uma das dificuldades iniciais a se considerar refere-se ao fato de tratar-se de um processo cartográfico no qual se representa um atributo, por definição tridimensional, dispondo-se de apenas duas dimensões. Neste sentido, procura-se suprir tal deficiência através de símbolos, cores e tramas, cujo processo de escolha constitui-se em uma dificuldade à parte, visto que um dos princípios básicos da cartografia é a rapidez e eficiência na comunicação dos fenômenos mapeados.

Desse modo, como afirma Cuff; Mattson (1982), a representação cartográfica das formas de relevo constitui-se em uma categoria única, pois envolve tanto dados qualitativos (forma) como quantitativos (altitudes, declividade, etc). Tais autores (op. cit.) realizam extensa revisão sobre técnicas cartográficas, contudo justificam a ausência de informações sobre mapeamentos de relevo, argumentando que estes são reservados a discussões feitas por especialistas devido a sua complexidade.

No contexto do universo dos documentos cartográficos que podem ser elaborados para avaliar o relevo, as cartas morfométricas constituem-se, com certeza, naquelas de mais fácil leitura para o público não especialista, visto que se trata de cartas coropléticas cuja intensidade de cores está diretamente relacionada à intensidade dos fenômenos mapeados.

Compreende-se por cartas morfométricas representações cartográficas que têm como objetivo principal quantificar as formas do relevo, passíveis de serem analisadas através de sua geometria. Desse modo, estas cartas auxiliam no entendimento da estrutura morfológica do sistema relevo. Segundo Chorley; Kenedy (1971) os sistemas morfológicos constituem-se naqueles onde as formas são os elementos mais importantes. Neste caso, o que caracteriza os sistemas é sua composição e geometria, as quais são passíveis de mensuração pela geometria e forma do sistema. Trata-se, portanto, da primeira fase de análise do sistema relevo e dos processos envolvidos na cartografia de seus atributos.

Assim, o objetivo da pesquisa apresentada foi avaliar algumas técnicas morfométricas com ênfase naquelas que visam quantificar o grau de dissecação do relevo. Dessa forma, serão apresentadas as técnicas de construção de *cartas de dissecação horizontal, dissecação vertical, profundidade de dissecação e densidade*

de dissecação, assim como considerações sobre a utilidade de cada uma destas na avaliação do relevo. Estes tipos de cartas foram selecionados por apresentarem objetivos muito semelhantes, porém técnicas de construção bastante diferenciadas, que geram produtos cartográficos distintos. Dessa forma, as cartas de dissecação horizontal e vertical baseiam-se na proposta de Spiridonov (1981) e as cartas de densidade e profundidade de dissecação na proposta de Hubp (1988).

Dessa forma, definido o objetivo e as técnicas cartográficas a serem utilizadas, a etapa seguinte consistiu na escolha da área de pesquisa que seria mapeada utilizando-se as diversas técnicas escolhidas. Procurou-se selecionar uma área que apresentasse grande diversidade morfométrica a fim de avaliar as técnicas em terrenos de características variadas. Tais características foram encontradas na alta bacia do rio Passa Cinco, cuja caracterização apresenta-se a seguir.

ÁREA DE ESTUDO

A alta bacia do rio Passa Cinco, área escolhida para esta pesquisa, localiza-se no setor centro-leste do estado de São Paulo (Fig. 1), posicionando-se entre 22°15' e 22°25' S e 47°40' e 47°55' W. O acesso à área se faz através da rodovia Washington Luis e de estradas vicinais que ligam a cidade de Ipeúna, localizada no setor SE, à cidade de Itirapina, localizada no extremo N da bacia. Convém esclarecer que a área denominada como alta bacia constitui-se nos setores drenados pelo rio Passa Cinco, à montante de sua confluência com o rio da Cabeça.

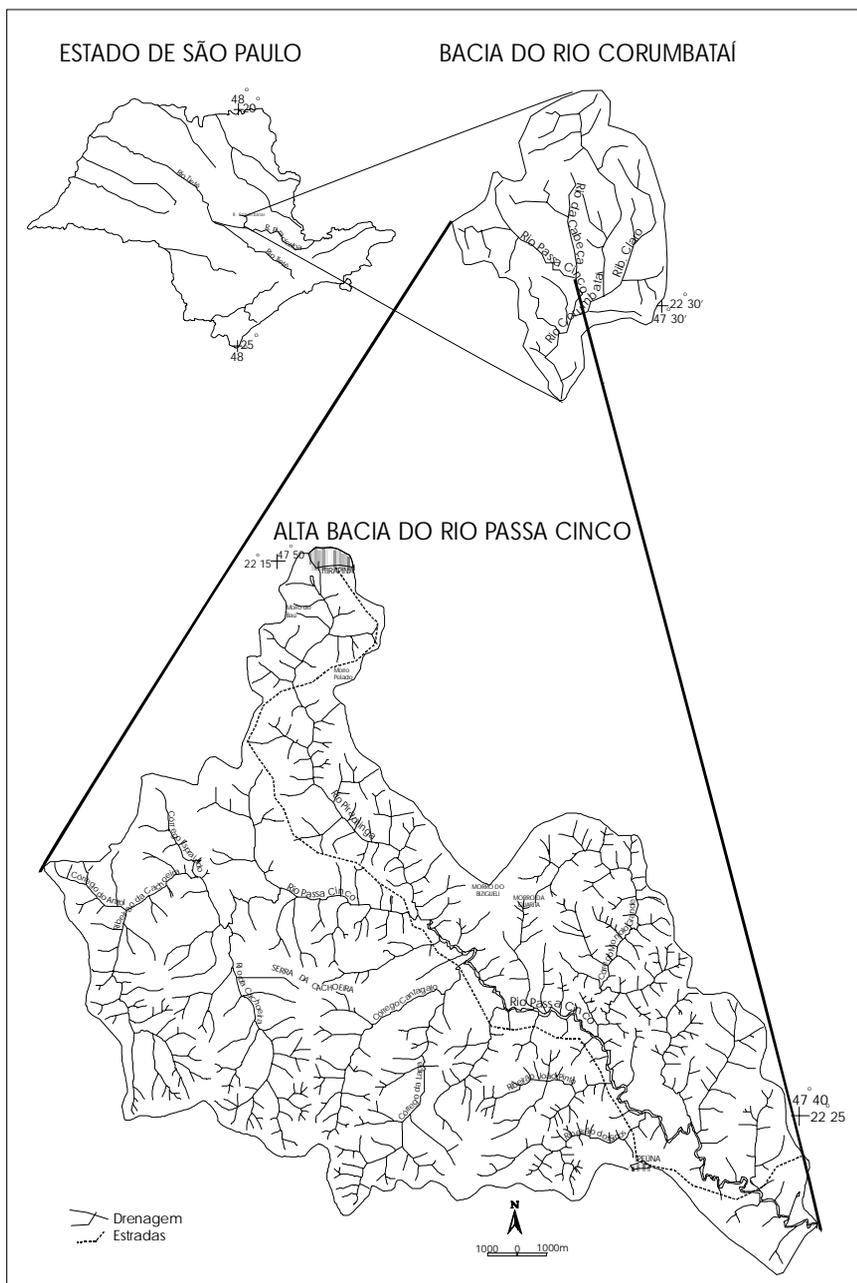
Esta área foi selecionada em virtude de sua grande complexidade morfológica, característica esta de grande interesse para o objetivo desta pesquisa, que consiste em testar, correlacionar e avaliar diversas propostas para a elaboração de cartas morfométricas que visam avaliar a dissecação do relevo, analisando as limitações e possibilidades dos dados e informações fornecidas por tais produtos.

Neste contexto, verifica-se que a alta bacia do rio Passa Cinco encontra-se, de acordo com o IPT (1981a), posicionada, em parte, na província geomorfológica denominada Depressão Periférica Paulista e, em parte, nas Cuestas Areníticas-basálticas. Esta última província se faz representar na área pela Serra da Cachoeira e os setores de reverso, enquanto que a Depressão Periférica é representada por interflúvios e morros testemunhos, como o do Baú, Pelado, Biziguelli e da Guarita, posicionados nos setores ENE a NNW da bacia.

MATERIAL E MÉTODOS

Escolhida a área de pesquisa, a próxima etapa foi a preparação da base de dados para a construção das cartas morfométricas. A fonte de informação para os mapeamentos morfométricos, segundo as orientações técnicas dos autores utilizados, foram as cartas topográficas da área, nas quais a geometria do relevo é possível de ser interpretada através da configuração das curvas de nível, da rede de drenagem e da mensuração dos desníveis por estas expressados. Com relação à rede de drenagem, Hubp (1988) propõe que se realize o enriquecimento desta em trabalhos que utilizam escalas de pouco detalhe. Considera-se oportuna a sugestão do autor desde que se realize previamente uma análise da configuração das curvas de nível.

Figura 1 – Localização da Alta Bacia do Rio Passa Cinco (SP)



Elaboração: Cenira Maria Lupinacci Cunha, 1999.

Convém esclarecer que quando se realiza tal procedimento provoca-se uma deformação no documento cartográfico original visto que, teoricamente, as drenagens traçadas devem estar de acordo com a escala do mapa.

Contudo, como pode ser observado na Fig. 2, muitas situações demonstram que algumas drenagens não traçadas eram passíveis de serem registradas. Assim, na situação A tem-se a sub-bacia do córrego da Cachoeira, pertencente à alta bacia do rio Passa Cinco, com a rede hidrográfica mapeada pelas cartas topográficas utilizadas; já a situação B apresenta a drenagem enriquecida pela interpretação da carta topográfica. Convém esclarecer que as drenagens só foram traçadas em setores onde existia uma seqüência de curvas de nível que apresentavam crenulações, as quais, segundo observações de campo e interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas, realmente indicam que o setor apresenta uma dinâmica tipicamente fluvial.

Diante de tal comparação, optou-se por elaborar todas as cartas morfométricas utilizando-se o procedimento de enriquecimento da drenagem. Assim, utilizando-se de base cartográfica única, construída a partir das cartas topográficas e do procedimento de enriquecimento da drenagem anteriormente exposto, foram elaboradas as cartas morfométricas cujas técnicas são descritas a seguir.

CARTA DE DISSECAÇÃO HORIZONTAL

A carta de dissecação horizontal possibilita a quantificação da distância que separa os talwegues das linhas de cumeada. Através deste documento cartográfico é possível avaliar o trabalho de dissecação elaborado pelos rios sobre a superfície de interesse. Dessa maneira, a carta de dissecação horizontal auxilia na avaliação da fragilidade do terreno à atuação dos processos morfogenéticos, indicando setores onde interflúvios mais estreitos denotam maior suscetibilidade à atuação destes.

Para a elaboração desta carta foi adotada a proposta de Spiridonov (1981), considerando-se as adaptações sugeridas por Mauro et. al. (1991). Assim, no processo de construção deste documento cartográfico deve-se compreender o relevo, representado nas cartas topográficas, como um triângulo retângulo (Fig. 3A), no qual a linha de cumeada (ponto A) é possível de se obter através da interpretação dos setores de dispersão d'água. Desse modo, é possível identificar a distância entre tal linha e o talvegue fluvial já traçado.

O primeiro passo na elaboração da carta de dissecação horizontal foi, em uma cópia da base cartográfica, na qual já constava o enriquecimento da drenagem, delimitar todas as sub-bacias, estabelecendo a área drenada por cada pequeno curso fluvial (Fig. 3B). Posteriormente, as áreas entre o talvegue e a linha de cumeada foram classificadas de acordo com sua distância, através do uso de um ábaco graduado no qual estavam demarcadas as classes estabelecidas para a área. O uso do ábaco graduado constitui-se em uma sugestão de Mauro et. al. (1991), a qual facilita em muito o processo de elaboração da referida carta.

Para a elaboração das classes da carta de dissecação horizontal foram consideradas tanto as recomendações de Spiridonov (1981), como as características morfoesculturais e morfoestruturais da área. Assim, o primeiro passo foi identificar a máxima distância entre a linha de cumeada e o talvegue fluvial com o objetivo de estabelecer o universo de variação do referido parâmetro. Feito isto, considerou-se a recomendação do autor citado, segundo a qual devem-se dobrar os valores para criar intervalos de classe significativos. A partir destes parâmetros, as classes de dissecação horizontal utilizadas para a alta bacia do rio Passa Cinco foram:

| Classes de Dissecação Horizontal | Distância na Carta |
|----------------------------------|--------------------|
| < 50 m | < 1 mm |
| 50 † 100 m | 1 † 2 mm |
| 100 † 200 m | 2 † 4 mm |
| 200 † 400 m | 4 † 8 mm |
| 400 † 800 m | 8 † 16 mm |
| ≥ 800 m | ≥ 16 mm |

Assim, para a primeira classe foi estabelecido o valor inferior à 50m, visto que este foi considerado como o menor intervalo possível de se mapear em um processo manual, já que implica em individualizar áreas com menos de 1 mm de distância entre linha de cumeada e talvegue. A partir deste valor, seguindo-se a recomendação de Spiridonov (1981), o valor das classes foi atribuído com base no dobro do limite da classe anterior, até atingir o máximo (800m) de distância ainda representativa para a área.

Os valores de distância na carta foram transcritos para um ábaco graduado, o qual constituiu-se no instrumento de quantificação da distância entre o talvegue e as linhas de cumeada.

CARTA DE DISSECAÇÃO VERTICAL

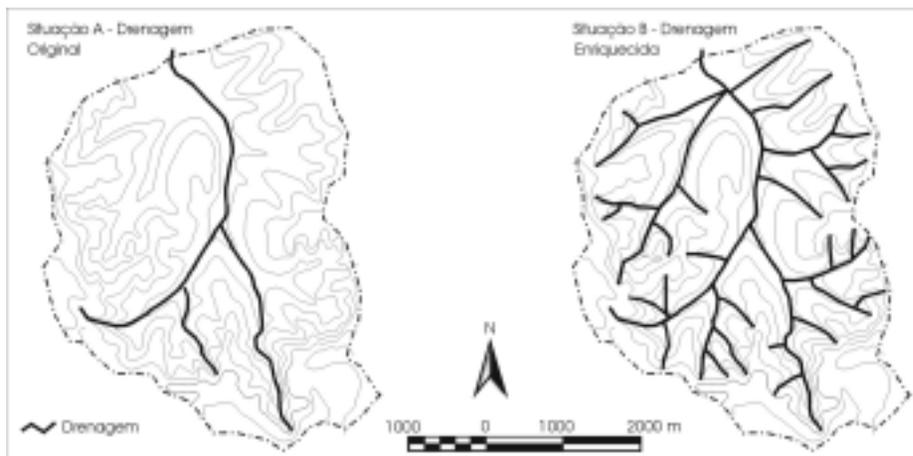
A carta de dissecação vertical tem como objetivo quantificar, em cada setor de cada sub-bacia hidrográfica, a altitude relativa entre a linha de cumeada e o talvegue. Dessa forma, é possível analisar o grau de entalhamento realizado pelos cursos fluviais e, principalmente, identificar e comparar os diferentes estágios desse entalhamento no interior da área estudada. Este tipo de comparação auxilia na avaliação da velocidade do fluxo do escoamento superficial, visto que setores com maior desnível altimétrico indicam que o escoamento será mais rápido, pois o nível de base, representado pelo talvegue mais próximo, encontra-se em um patamar altimétrico mais baixo e com isso exerce uma acentuada força de atração comandada pela gravidade.

Para a elaboração deste documento cartográfico utilizou-se a orientação técnica proposta por Spiridonov (1981), que apresenta como primeiro passo a delimitação de cada pequena sub-bacia registrada na área (Fig. 4A). A seguir, foram identificados os pontos onde ocorrem as interseções entre os talvegues e cada curva de nível (Fig. 4B). Estes pontos foram unidos às linhas de cumeada de maneira a respeitar a linha de maior caída do relevo, isto é, a menor distância entre o talvegue e a linha de cumeada (Fig. 4C). Desse modo, delimitaram-se setores dentro de cada sub-bacia, os quais foram classificados de acordo com sua altitude em relação ao talvegue (Fig. 4D).

Para se estabelecerem as classes de dissecação vertical foi utilizado, seguindo-se a proposta de Spiridonov (1981), o valor da equidistância entre as curvas de nível, que retrata o desnível altimétrico entre estas. Desse modo, foram estabelecidas as seguintes classes de dissecação vertical:

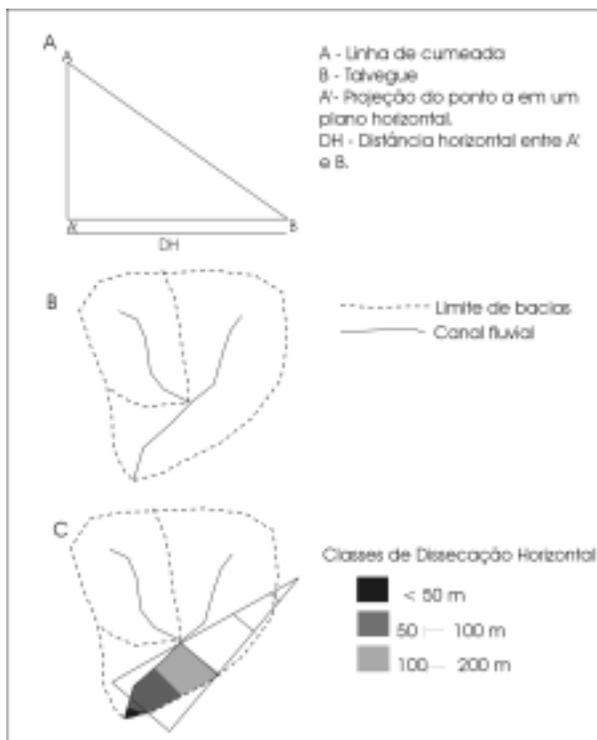
| Classes de Dissecação Vertida |
|-------------------------------|
| < 20 m |
| 20 † 40 m |
| 40 † 60 m |
| 60 † 80 m |
| 80 † 100 m |
| ≥ 100 m |

Figura 2 – Resultados Obtidos com o Enriquecimento da Drenagem



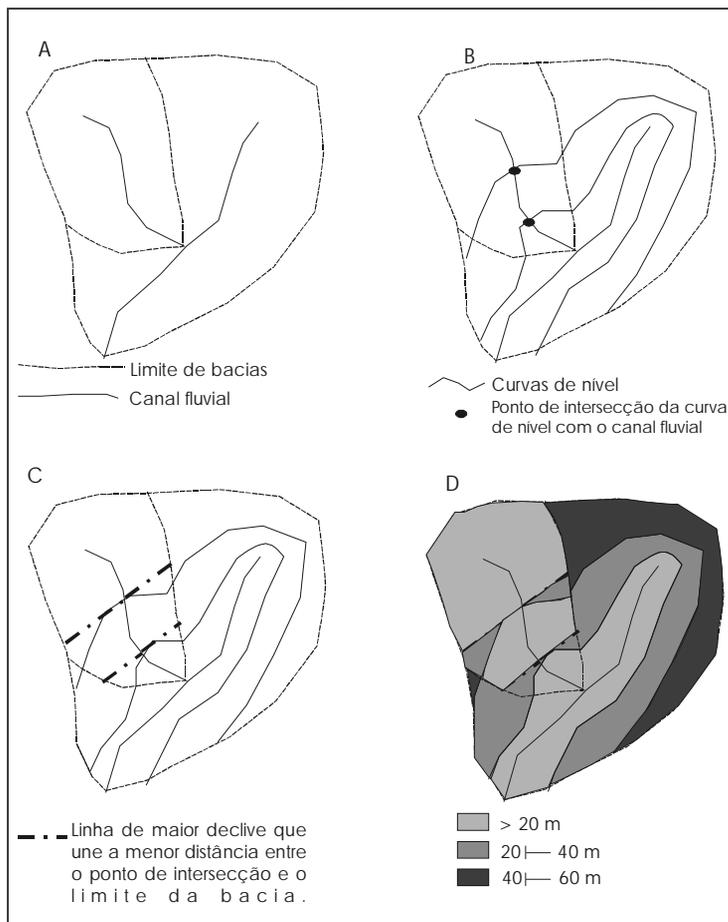
Fonte: LUPINACCI CUNHA, 1998.

Figura 3 – Etapas para a Elaboração da Carta de Dissecação Horizontal



Fonte: Adaptado de Mendes, 1993.

Figura 4 – Etapas de Elaboração da Carta de Dissecação Vertical



Fonte: MENDES, 1993.

Convém ressaltar que estes valores altimétricos são medidos no mapa em relação ao talvegue, isto é, o setor do mapa entre o rio e a primeira curva de nível apresenta desnível menor que 20 metros. Já a área entre a primeira curva de nível, após o rio, e a segunda apresenta desnível entre 20 e 40 metros e assim sucessivamente, até a linha de cumeada.

CARTA DE DENSIDADE DE DISSECAÇÃO

A carta de densidade de dissecação constitui-se em um produto cartográfico que tem, como princípio básico, a classificação da densidade de drenagem proposta por Horton já em 1945 (apud Christofoletti, 1980). Para tal utiliza-se a fórmula:

$Dd = Lt / A$, onde:

A

Dd = densidade de drenagem;

Lt = comprimento total dos canais;

A = área da bacia.

Na carta de densidade de dissecação proposta por Hubp (1988) o objetivo é identificar os setores de diferentes densidades de drenagem, sendo os passos para sua elaboração representados na Fig. 5. Sobre a base cartográfica com a drenagem enriquecida foi colocado um papel milimetrado, onde foram selecionadas células quadriláteras de 1 km de lado, no interior das quais foi quantificado o comprimento da drenagem, através do uso do curvímeter. O valor do comprimento da drenagem foi dividido pela área da célula e o resultado anotado no centro desta. Os dados de cada ponto central e sua referência espacial (X e Y) foram digitados no programa SURFER 6.01. A partir destes dados pontuais foi realizada a interpolação, utilizando-se como técnica o procedimento linear por triangulação, como sugere Hubp (1988). Convém esclarecer que neste caso optou-se por não realizar nenhum outro tipo de tratamento estatístico dos dados, pois, além da coleta de dados ser espacialmente regular, o objetivo era avaliar a proposta do autor e compará-la com outras efetuadas ao longo da pesquisa.

Sobre o layer gerado no Surfer, foi sobreposto outro onde constava o limite da área, a drenagem e as coordenadas geográficas. Os dois layers foram trabalhados de maneira a ocorrer perfeita sobreposição a partir de pontos de controle que constavam em ambos os layers.

As classes utilizadas na carta de densidade de dissecação foram elaboradas de forma a permitir o maior detalhamento possível deste parâmetro. Como o universo de dados variava somente de 0 a 4 km/km², as classes apresentaram intervalo de 0,5 km/km².

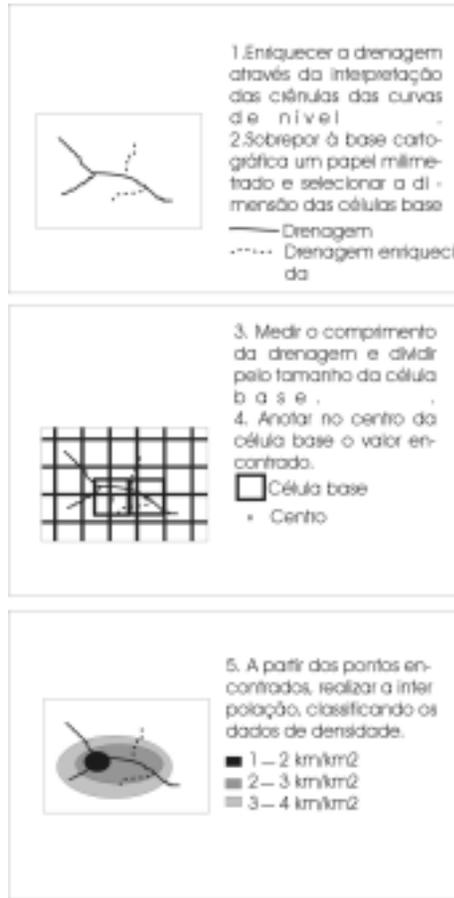
CARTA DE PROFUNDIDADE DE DISSECAÇÃO

A carta de profundidade de dissecação, segundo Hubp (1988), considera o relevo em perfil, traçando o quadro de desnível altimétrico entre o talvegue e as linhas de cumeada, através da identificação das maiores e menores altitudes da área analisada.

Para sua construção, (Fig. 6), o autor citado propõe que sobre a base cartográfica, com a drenagem devidamente enriquecida e as linhas de cumeada traçadas (a fim de auxiliar na identificação da altitude máxima), se sobreponha um papel milimetrado, no qual deve-se selecionar o tamanho da célula base, neste caso o mesmo usado para a carta anteriormente citada. No centro de cada célula base anota-se a diferença entre a altitude máxima e mínima. Os dados obtidos foram digitados no software Surfer 6.01, cuja rede de pontos utilizados foi a mesma para a carta de densidade de dissecação. Em seguida, procedeu-se o processo de interpolação dos dados e sobreposição de layers, da mesma forma que na carta de densidade de dissecação.

As classes utilizadas nesta carta obedecem ao desnível altimétrico entre as curvas de nível, isto é, 20 metros de intervalo entre classes. Convém esclarecer que o número de classes geradas foi muito grande. Contudo, se fosse feito um intervalo maior, haveria um alto grau de generalização nas áreas onde não se registra a ocorrência do front cuestasiforme.

Figura 5– Etapas para Elaboração da Carta de Densidade de Dissecação



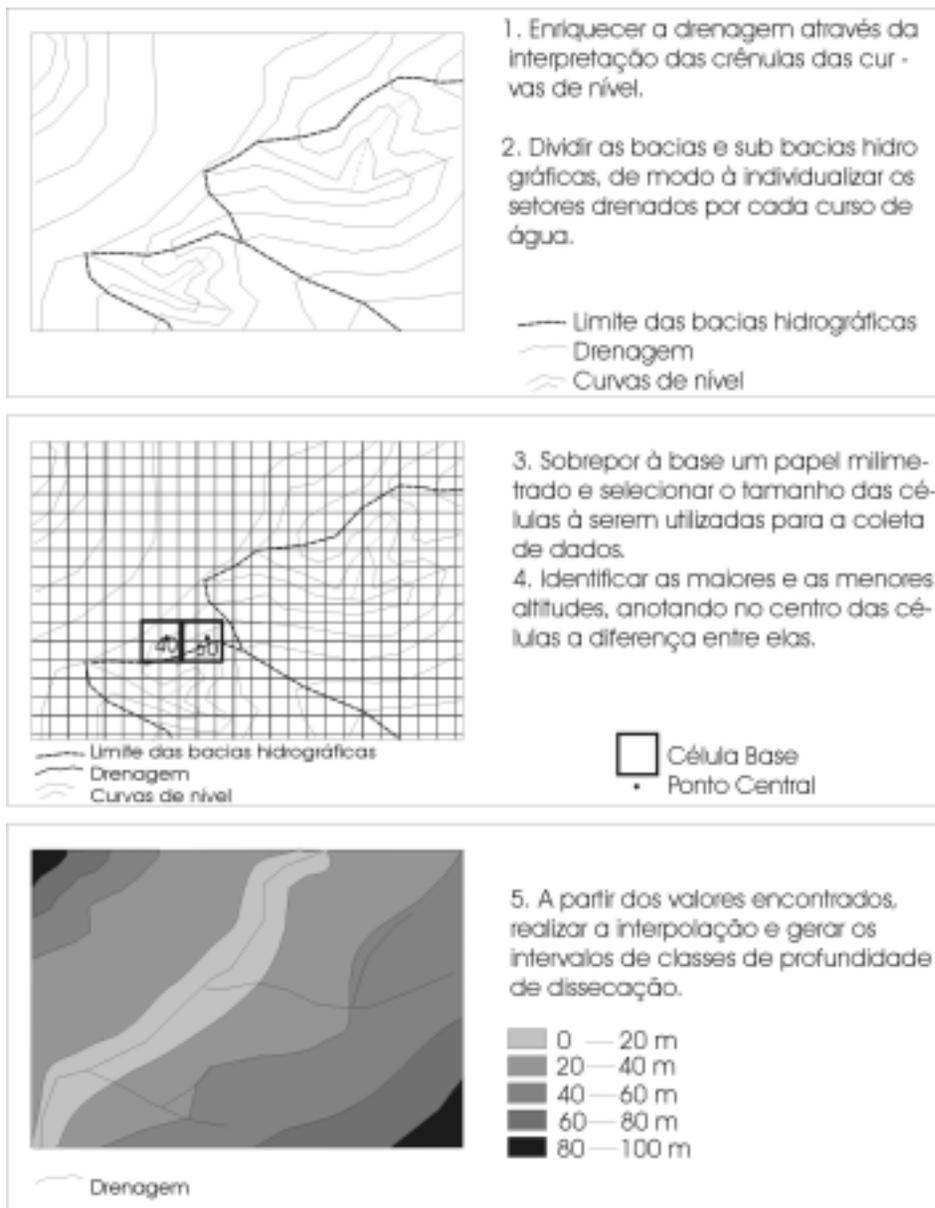
Elaboração: Cenira Maria Lupinacci Cunha, 1999.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As cartas morfométricas constituem-se em documentos cuja elaboração envolve a classificação de dados que ocorrem de forma contínua na superfície terrestre. Trata-se de cartas coropléticas nas quais procura-se localizar os valores dos dados mapeados. Neste tipo de carta e variáveis analisadas está implícita a ocorrência de generalizações devido à necessidade do estabelecimento de intervalos de classes, visto que é impossível a representação plena da continuidade dos fenômenos.

Neste contexto, um dos primeiros desafios que se impõe é o estabelecimento de classes que atendam tanto aos objetivos da pesquisa como que representem de maneira eficaz as características morfométricas da área. Além disso, deve-se considerar que as classes elaboradas devem obedecer aos princípios cartográficos já esta-

Figura 6 – Etapas para Elaboração da Carta de Profundidade de Dissecação



Elaboração: Cenira Maria Lupinacci Cunha, 1999.

belecidos, como a questão de serem representativas, de terem boa expressão areal e de representarem os fenômenos de forma eficiente, isto é, permitirem, com os recursos disponíveis, a identificação de cada classe e da intensidade do fenômeno de forma rápida e precisa.

Estes problemas são amenizados quando se utilizam processos computacionais na edição das cartas, como na de densidade de dissecação e profundidade de dissecação. Nestes casos é possível testar diversos intervalos de classe a fim de identificar aquele que melhor se adapte às condições do terreno e aos objetivos da pesquisa. Contudo, mesmo com este tipo de procedimento, podem ocorrer problemas vinculados às características da área. A carta de profundidade de dissecação apresentou um total de dezessete classes, o que, à primeira vista, constitui-se em um exagero. Porém, como a área estudada apresenta uma grande amplitude e variabilidade de dados de profundidade, esta foi a única forma de expressar com detalhe este parâmetro nos setores vinculados à Depressão Periférica. A utilização de intervalos de classe maiores implicaria na generalização dos dados, sendo destacadas somente as áreas do front cuestasiforme. Com o procedimento computacional utilizado foi possível então realizar diversos testes para depois estabelecer a configuração adequada para cada produto final. Contudo, quando se utilizam procedimentos manuais, isto se torna bastante complicado.

Desse modo, para a elaboração manual das cartas morfométricas necessita-se realizar previamente uma análise da(s) carta(s) topográfica(s) a ser (em) utilizada(s) com o objetivo de conhecer as características da área de estudo. Além disso, deve-se considerar as informações a este respeito, disponíveis na bibliografia, para que norteiem as técnicas de construção de cada carta.

Assim, para a carta de dissecação horizontal foi necessário identificar as maiores distâncias entre a linha de cumeada e o talvegue, com o objetivo de avaliar se a recomendação de Spiridonov (1981), de se dobrar os valores de cada classe, era possível de ser aplicada e, concomitantemente, representar toda a variação espacial deste parâmetro; neste caso constatou-se que sim. As classes para a dissecação vertical são as mais fáceis de serem definidas, uma vez que implicam em considerar os valores de equidistância das curvas de nível. Contudo, em situações de grandes desníveis relativos entre linhas de cumeada e fundos de vale, podem vir a ser necessários agrupamentos de mais de uma equidistância em uma única classe. No caso da alta bacia do rio Passa Cinco, este procedimento não se fez necessário, já que o grande desnível registrado no front cuestasiforme encontrava-se dividido em diversas sub-bacias hidrográficas, o que implica em uma amplitude de dados menor para cada bacia.

Como se pode constatar pelo exposto, a classificação adequada dos dados morfométricos constitui-se no princípio fundamental para que as cartas produzidas possam ser eficientes no contexto da pesquisa elaborada. Este problema é ainda mais complexo nas cartas elaboradas manualmente, nas quais a realização de testes é praticamente impossível, devido ao tempo necessário para a construção de cada carta. A maior ou menor adequabilidade dos intervalos de classe necessariamente condiciona os resultados obtidos e, conseqüentemente, a utilidade de tais documentos. Estes problemas relacionados à confecção manual das cartas morfométricas estudadas pode em breve ser resolvido, visto que, em trabalho recente, Zacharias (2000) apresenta uma proposta para a elaboração destas em meio computacional. Tal proposta ainda carece de testes, principalmente em áreas de relevo mais inclinadas do que aquele estudado pela autora citada.

Para a obtenção de resultados adequados à pesquisa, é essencial também saber que tipo de carta e de técnica melhor convém para se atingir o objetivo proposto. Desse modo, observa-se, por exemplo, que as cartas de dissecação horizontal e

vertical têm objetivos muito semelhantes às de densidade e profundidade de dissecação sendo importante conhecer as técnicas, vantagens e desvantagens que cada uma destas oferece.

Spiridonov (1981) afirma que a carta de dissecação horizontal possibilita avaliar o grau de domínio da rede de drenagem de acordo com o clima, a resistência imposta pela litologia à ação dos agentes intempéricos, entre outros fatores. Segundo este autor, este tipo de carta ajuda a resolver problemas práticos como a organização do uso agrícola de um território e o traçado de rodovias.

Para Hubp (1988), a carta de densidade de dissecação avalia a densidade de drenagem, porém neste documento cartográfico compreende-se cada talvez como uma linha de erosão fluvial que vem se superpor ao relevo. Para o autor (op. cit.), esta carta auxilia no entendimento do regime hidrológico da região, principalmente nos processos de escoamento e infiltração, sendo a variação espacial deste parâmetro bastante relacionada ao tipo e estrutura da rocha e à erosão fluvial, condicionada pela quantidade de precipitação.

Analisando-se os objetivos das duas cartas e as técnicas de construção de cada uma delas constata-se que, apesar de objetivos semelhantes, o produto final é bastante diferenciado. Enquanto na carta de dissecação horizontal as unidades básicas de mapeamento são as bacias e sub-bacias hidrográficas, na carta de densidade de dissecação utilizam-se figuras geométricas regulares. Enquanto na dissecação horizontal as classes mais fortes ocorrem em toda confluência, nem que seja de pequenos cursos fluviais, e em nascentes muito próximas, na carta de densidade de dissecação o que condiciona as classes mais fortes é a extensão linear de drenagem que ocorre em cada quadrícula. Além disso, convém enfatizar que os dados quantificados por quadrículas envolvem certa perda de detalhe no processo de interpolação, podendo ocorrer, em certos casos, uma leve distorção na localização das manchas.

Desse modo, se a pesquisa necessita de dados com grande nível de detalhe, a fim de identificar cada setor da área estudada que possui maior concentração de cursos fluviais, recomenda-se a elaboração da carta de dissecação horizontal, a qual apresenta também como vantagem a utilização de bacias hidrográficas, atualmente aceitas como uma unidade espacial coerente para os estudos ambientais. Contudo, se for necessário somente uma caracterização mais geral da frequência dos cursos fluviais em determinada área, com o objetivo de estabelecer grandes setores mais bem drenados, a carta de densidade de dissecação satisfaria plenamente esta necessidade.

Convém lembrar ainda que o tempo e os recursos disponíveis para a elaboração do documento cartográfico constituem-se em fatores que devem pesar sobre a decisão de qual tipo de carta se elaborar. A carta de densidade de dissecação é de mais rápida elaboração e o produto final, por ser elaborado por processos computacionais, apresenta melhor qualidade gráfica. A carta de dissecação horizontal, no entanto, implica ainda em um trabalhoso e demorado processo manual de construção, sendo que para sua apresentação se faz necessária à transformação das cores em tramas, o que muitas vezes prejudica a legibilidade, ou então o processamento via scanner e a impressão em equipamento que apresente boa resolução.

Já a carta de dissecação vertical, segundo Spiridonov (1981, pág. 149), possibilita avaliar a profundidade dos níveis de entalhamento locais, isto é, segundo palavras do próprio autor, "a profundidade da dissecação do relevo".

Hubp (1988) afirma que a profundidade de dissecação ou de erosão do relevo considera os processos em perfil, equivalendo a uma altura relativa entre os talwegues e as linhas de cumeada.

Como já foi constatado no caso da carta anterior, aqui também se verifica uma certa semelhança nos objetivos, porém com grandes diferenças nos produtos finais oferecidos por cada técnica.

A carta de dissecação vertical faz uso de limites referentes a cada sub-bacia hidrográfica para a obtenção dos dados de altitude relativa entre talvegues e linhas de cumeada, dividindo cada sub-bacia em setores através das linhas de maior caída (menor distância entre talvegue e linha de cumeada), fornecendo, portanto dados para cada setor de cada sub-bacia. Já na carta de profundidade de dissecação, as unidades espaciais para a obtenção dos dados são também figuras geométricas quadriláteras, no centro das quais se devem anotar os valores da diferença entre a maior e menor altitude encontrada na área.

Pela configuração das duas cartas, pode-se constatar que a de profundidade de dissecação constitui-se em um documento cartográfico bastante interessante em situações onde existem desníveis altimétricos grandes, como ocorre com o front do relevo de cuesta existente na alta bacia do rio Passa Cinco. Neste caso, o front e os morros testemunhos foram claramente destacados dos demais setores planos e pouco dissecados. Já na carta de dissecação vertical os setores de front que foram destacados constituíam-se naqueles drenados por cursos fluviais que têm suas nascentes localizadas no sopé do front cuestiforme e que, portanto, apresentam linhas de cumeadas em níveis altimétricos muito superiores; os demais setores que são cortados por cursos fluviais cujas nascentes ocorrem no reverso ou no alto do front cuestiforme não apresentam alta dissecação vertical, já que esta é quantificada por sub-bacia hidrográfica. Em relação às áreas mais planas, verificou-se que a dissecação vertical propicia maior detalhamento nestes setores do que o registrado pela carta de profundidade de dissecação. Desse modo, cada uma destas cartas tem sua utilidade a depender do objetivo e, principalmente, das características de cada área. Se o objetivo é destacar grandes desníveis altimétricos, a carta de profundidade de dissecação constitui-se em um documento interessante de ser elaborado; entretanto, se a área da pesquisa é pouco dissecada e o objetivo é o de verificar, dentro deste restrito universo, quais os setores mais dissecados, recomenda-se então a carta de dissecação vertical.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, constata-se que todas as cartas morfométricas aqui descritas constituem-se em documentos que podem fornecer importantes subsídios para os trabalhos de análise e gestão ambiental. Contudo, cada um dos documentos apresenta certas especificidades, as quais condicionam seu uso a determinadas características da área, objetivo da pesquisa, escala de trabalho e condições materiais para sua realização.

Dessa forma, verifica-se que aquelas produzidas pelas técnicas propostas por Spiridonov (1981) apresentam um bom nível de detalhamento, embora demandem muito tempo para sua elaboração de forma manual; já as propostas por Hubp (1988) são de mais rápida execução, porém menos detalhadas. Desse modo, a depender do nível de detalhe exigido pela pesquisa e dos prazos disponíveis para sua execução, é necessário ponderar que técnica é mais adequada.

Convém considerar ainda que para a cartografia do relevo voltada para a gestão ambiental é imprescindível a identificação e análise de formas decorrentes da ação dos processos atuantes na área, sendo portanto a morfografia de extrema im-

portância neste contexto, visto que fornece dados que a morfometria não apresenta. A morfometria é importante por indicar as áreas que, por suas características passíveis de serem mensuradas, apresentam maior suscetibilidade à ação dos processos erosivos, principalmente aqueles vinculados à ação gravitacional. Contudo, este tipo de mapeamento não substitui a morfografia.

REFERÊNCIAS

- CHORLEY, R.J.; KENNEDY, B.A. **Physical geography** - A systems approach. London: Prentice Hall International, 1971.
- CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B.C (org.) **Geomorfologia** – Uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- CUFF, D.J.; MATTSON, M.T. **Thematic maps**. New York: Methuen & Co., 1982.
- FAIRBRIDGE, R. W. (ed.) **The encyclopedia of geomorphology**. New York: Reinhold Book Corporation, 1968.
- HUBP, J. I. L. **Elementos de geomorfologia aplicada: Métodos cartográficos**. México: Instituto de Geografia, 1988.
- IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981.
- LUPINACCI CUNHA, C.M. **Base cartográfica da Alta Bacia do Rio Passa-Cinco (SP)**, Rio Claro: UNESP, 1998.
- MAURO, C. A. et al Contribuição ao planejamento ambiental de Cosmópolis - SP - BR. In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 3, 1991. Toluca. **Memórias...** Toluca: UAEM, v. 4, 1991, p 391-419.
- MENDES, I. A. **A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na Bacia do Córrego Lafon - Araçatuba – SP**, 1993. Tese (Doutorado em Geografia Física) FFCHL, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- SPIRIDONOV, A. I. **Princípios de la metodología de las investigaciones de campo y el mapeo geomorfológico**. Havana: Universidad de la Havana, Facultad de Geografia, 1981, 3v.
- ZACHARIAS, A. P. **Metodologias para elaboração de cartas morfométricas em meio digital**. 2000. Dissertação (Mestrado em Geociências) Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

Recebido em agosto de 2002.

Revisado em agosto de 2003.

Aceito em setembro de 2003.