

A RELEVÂNCIA DA CARTOGRAFIA NOS ESTUDOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: O EXEMPLO DA BACIA DO RIO CORUMBATAÍ¹

José Flávio Morais CASTRO²

Adler Guilherme VIADANA³

Resumo

Este trabalho pretende demonstrar a relevância da Cartografia nos estudos de bacias hidrográficas, ressaltando a eficiência e o dinamismo que ocorreu na elaboração de mapas, quando processados em ambiente digital. A Carta Topográfica consiste na principal base de informações para o estudo de bacias hidrográficas. Neste sentido, são apresentados os elementos fundamentais que formam sua base matemática (de proporção, de sistematização e de referência), os elementos planimétricos (hidrografia, vegetação, etc.) e os elementos altimétricos (curvas de nível e pontos cotados). A partir da altimetria, tradicionalmente, obtém-se informações morfométricas essenciais na análise de bacias hidrográficas, tais como: declividade, hipsometria, entre outros. Em ambiente digital, estas informações são obtidas com rapidez e precisão, tornando o processo de elaboração de mapas morfométricos, significativamente, mais dinâmico.

Palavras-chave: Carta Topográfica, Bacia Hidrográfica, Morfometria, Cartografia Digital.

Abstract

The relevance of cartography in river basins studies: The case of Corumbatai river basin

This paper intends to demonstrate the relevance of cartography in river basins studies, remarking the efficiency and agility in maps elaboration, when processed in digital media. The cartography map is the main base of information for the river basin research. For this purpose, the fundamental elements which for its mathematic base (of proportion, systematization and reference), the planimetric elements (hydrography, vegetation etc.) and the altimetric elements (contour lines and altitudes) are put forwarded. Essential morphometrical informations are obtained usually from altimetry such as the declivity, hypsometry among others. These informations are obtained in digital media with quickness and precision making more agilely the process of elaborating morphometrical maps.

Keywords: Topographical map, river basin, morphometry, digital cartography

¹ Este trabalho é dedicado a colega e amiga Profa. Dra. Celina Foresti (*in memoriam*)

² Professor do Programa de pós-graduação em Tratamento da Informação Espacial da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, e do Programa de pós-graduação em Geografia do IGCE-UNESP - Rio Claro. e-mail: joseflavio@pucminas.br

³ Professor Adjunto do Departamento de Geografia/UNESP. e-mail: adlerlgo@rc.unesp.br

INTRODUÇÃO

Dentre as unidades de observação e análise da paisagem, a *bacia hidrográfica* é uma das mais utilizadas pelos ambientalistas. O conceito envolve um *conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes* (GUERRA, 1980, p. 48). A delimitação da bacia hidrográfica se faz a partir das curvas de nível, traçando-se uma linha divisora de água que liga os pontos mais elevados - topos - da região em torno da drenagem considerada (ARGENTO; CRUZ, 1996, p. 269).

A CARTA TOPOGRÁFICA COMO BASE PARA ESTUDOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

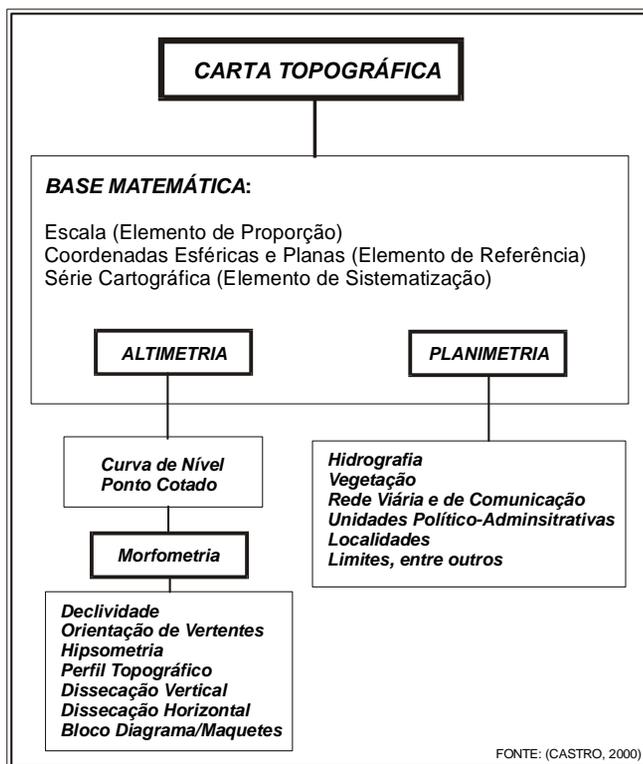
O estudo de uma bacia hidrográfica começa, obrigatoriamente, pela Carta Topográfica pois, além de possibilitar sua delimitação, oferece elementos básicos de localização, como (Fig. 1): elementos de referência, ligados aos sistemas de projeções, são caracterizados pelas coordenadas esféricas (lat./long.) e pelas coordenadas planas (UTM), elemento de sistematização, caracterizado pela série cartográfica (consiste na articulação das folhas topográficas que envolvem a bacia nas variadas escalas), e elemento de proporção, caracterizado pela escala; estes elementos constituem a base matemática de uma Carta Topográfica.

Sobre esta base matemática se "assentam" elementos altimétricos, caracterizados pelas curvas de nível e pelos pontos cotados, e, elementos planimétricos, caracterizados pela hidrografia, vegetação, rede viária, entre outros.

Dos elementos altimétricos são extraídas informações morfométricas, fundamentais na análise do relevo, como: declividade, orientação de vertentes, hipsometria, dissecação vertical, dissecação horizontal, perfil topográfico, maquetes, blocos diagramas, entre outras. A literatura especializada conta com inúmeras publicações que abordam métodos e aplicações morfométricas em bacias hidrográficas por procedimentos convencionais.

Do ponto de vista didático-pedagógico, Castro e Magalhães (1997, p.73) abordaram estes aspectos da Carta Topográfica, por meio de uma apresentação em multimídia. Um outro aspecto relevante no processo de ensino-aprendizagem da Carta Topográfica, consiste no nível de abstração das curvas de nível pelo aluno. Neste sentido, Lombardo e Castro (1997, p. 81) desenvolveram roteiro metodológico de ensino, que pode ser sintetizado em: apresentação da carta topográfica, trabalho de campo, elaboração de maquete e digitalização para modelagem tridimensional do relevo por procedimentos digitais.

A partir da década de 70, com a introdução dos métodos quantitativos e com o desenvolvimento tecnológico, a representação cartográfica e a análise geográfica ganharam em rapidez, precisão e eficiência, a partir da introdução de métodos e técnicas desenvolvidas no Sensoriamento Remoto, na Cartografia Digital, nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) e, mais recentemente, na Internet, tornando o processo de elaboração de mapas mais dinâmico, minimizando o caráter estático imposto pelos métodos convencionais.

Figura 1 - Elementos de uma Carta Topográfica

A informação analógica passou a ser concebida como informação digital, georreferenciada e armazenada na forma de *layers* com estruturas vetorial e matricial; a este conjunto de tecnologias para análise da informação espacial, tem sido atribuído o termo *Geoprocessamento* (veja, por exemplo, em CASTRO, 1993; CÂMARA et al., 1996; TEIXEIRA e CHRISTOFOLETTI, 1997; entre outros).

Estes recursos atingiram a análise de bacias hidrográficas no que diz respeito a morfometria do relevo. Os elementos altimétricos da carta topográfica, curvas de nível e pontos cotados, são manipulados em *Modelos Digitais de Elevação* (MDE) e algoritmos de interpolação que permitem a obtenção de informações relativas a declividade, a orientação de vertentes, a hipsometria, ao perfil topográfico, aos modelos tridimensionais, entre outras informações morfométricas. Do ponto de vista da atualização de cartas topográficas, Viadana (1995) desenvolveu metodologia digital que permite atualizações a partir da utilização de imagens orbitais.

O EXEMPLO DA BACIA DO RIO CORUMBATAÍ

Tomando-se como exemplo a Bacia do Rio Corumbataí, foi criado, no programa Autocad, um banco de dados digital dos elementos altimétricos e planimétricos da bacia. Com uma área em torno de 171.442 ha (obtida no IDRISI), a Bacia do Rio Corumbataí, localiza-se no Estado de São Paulo e envolve, na escala de 1:50 000, as folhas topográficas de São Carlos, Corumbataí, Leme, Itirapina, Rio Claro, Araras, São Pedro, Piracicaba, Limeira, conforme mostra a articulação das folhas na figura 2.

Os elementos altimétricos, curvas de nível com equidistância de 20 metros e pontos cotados, foram convertidos do formato *dxf* para o formato *dat*. Em seguida, foi gerada no programa Surfer, uma grade com resolução espacial de 500 metros. Pelo método de interpolação "krigagem" (*kriging*), foi possível processar o mapa hipsométrico da bacia, com intervalos altimétricos de 100 metros (Fig. 3) e o respectivo modelo tridimensional (Fig. 4), os quais evidenciaram o relevo de *cuestas* da região.

A partir do banco de dados digital dos elementos altimétricos, convertido no sistema IDRISI da estrutura vetorial (*vector*) para a estrutura matricial (*raster*) com resolução espacial (*pixel*) de 25 metros, foi possível obter a declividade (Fig. 5) e a orientação de vertentes com 4 faces (Fig. 6) e com 8 faces (fig. 7)⁴.

Em seguida, foram calculadas as áreas em hectares das respectivas classes de ocorrências das informações morfométricas, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1 - Área (em ha, em %) das informações morfométricas

HIPSOMETRIA			DECLIVIDADE		
(em metros)	(em ha)	(%)	(em %)	(em ha)	(%)
< 500	1.598	0.9	< 2	8.706	5.1
500 - 600	6.138	3.6	2 - 5	23.930	13.9
600 - 700	11.125	6.5	5 - 10	45.552	26.6
700 - 800	28.191	16.4	10 - 20	47.085	27.5
800 - 900	75.915	44.3	20 - 45	17.654	10.3
900 - 1000	45.885	26.8	> 45	3.156	1.8
> 1000	2.590	1.5	declividade nula	25.359	14.8
TOTAL	171.442	100	TOTAL	171.442	100

ORIENTAÇÃO DE VERTENTES					
(4 faces)			(8 faces)		
(em ha)	(%)	(em ha)	(em ha)	(%)	(%)
N	33.001	19.2	N	16.670	9.7
E	31.505	18.4	NE	17.718	10.3
S	42.967	25.1	E	19.689	11.5
W	31.996	18.7	SE	18.216	10.7
-	-	-	S	18.287	10.7
-	-	-	SW	18.727	10.9
-	-	-	W	19.960	11.6
-	-	-	NW	16.856	9.8
orientação nula	31.973	18.6	orientação nula	25.319	14.8
TOTAL	171.442	100	TOTAL	171.442	100

⁴ Estas informações morfométricas encontram-se disponibilizadas no site www.rc.unesp.br/igce/ceapla/atlas - Atlas Ambiental da Bacia do Corumbataí.

Figura 2 - Topografia da Bacia do Rio Corumbataí, curvas de nível com equidistância de 20 m; articulação das folhas topográficas

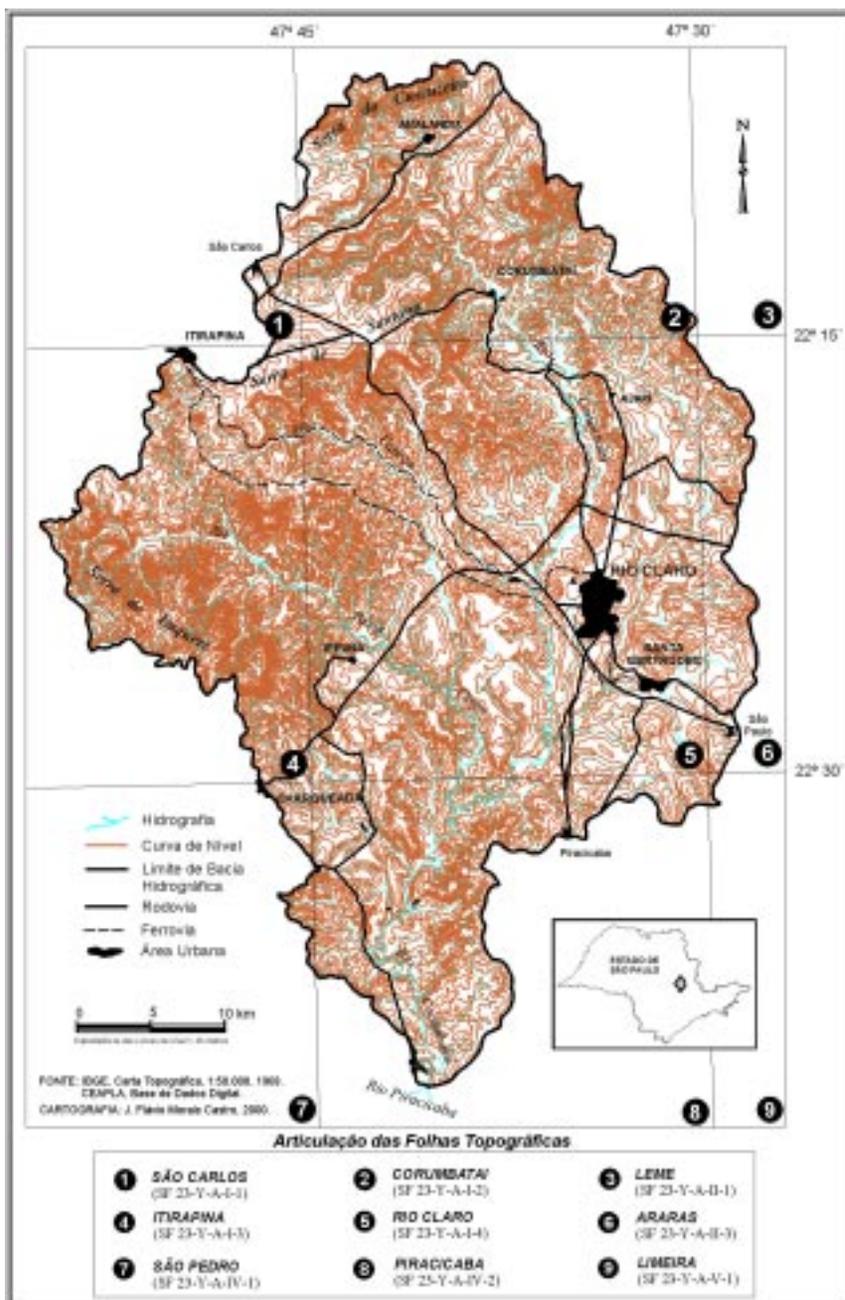


Figura 3 - Mapa Hipsométrico da Bacia do Rio Corumbataí

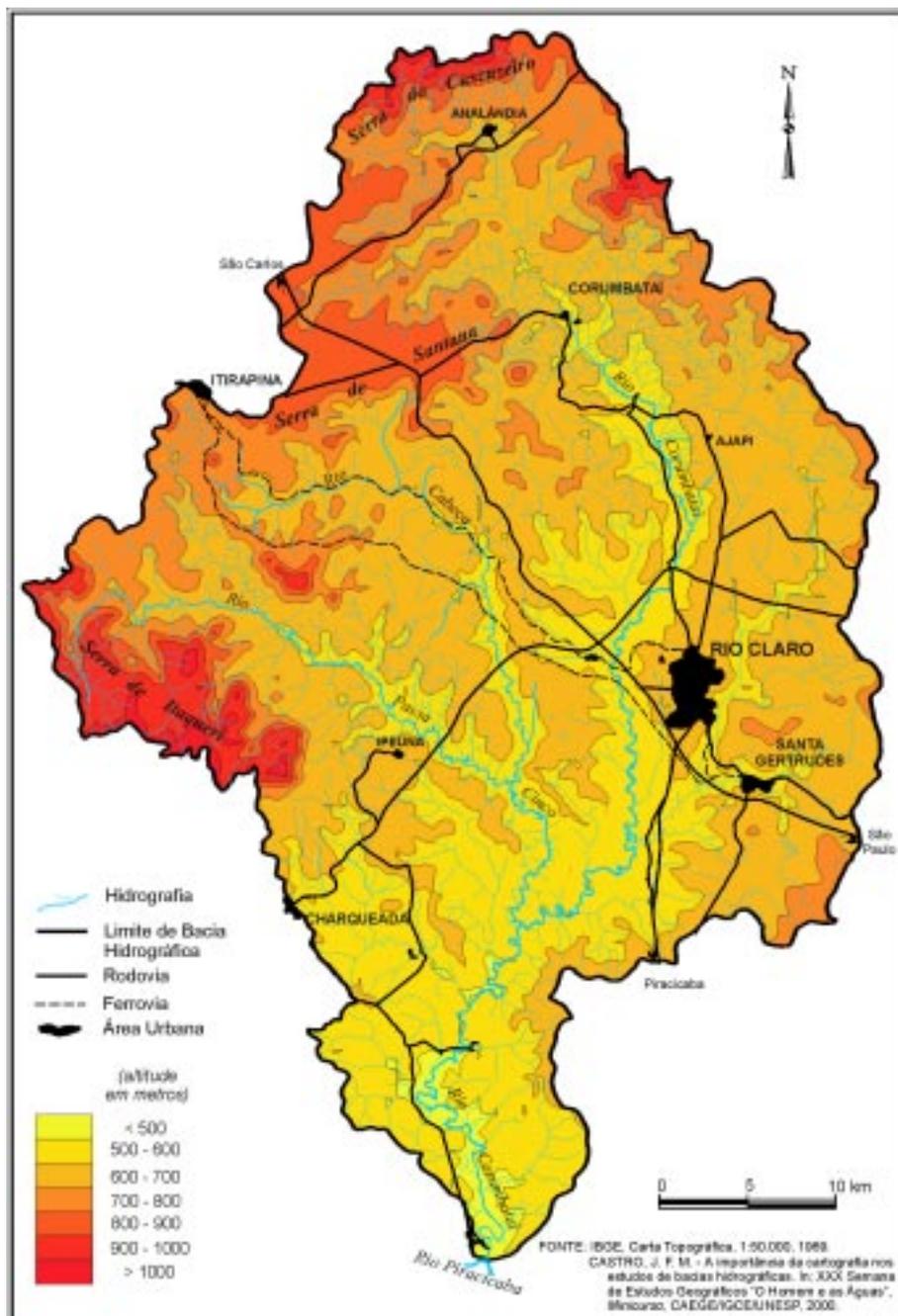


Figura 4 - Modelo Tridimensional do Relevo da Bacia do Rio Corumbataí

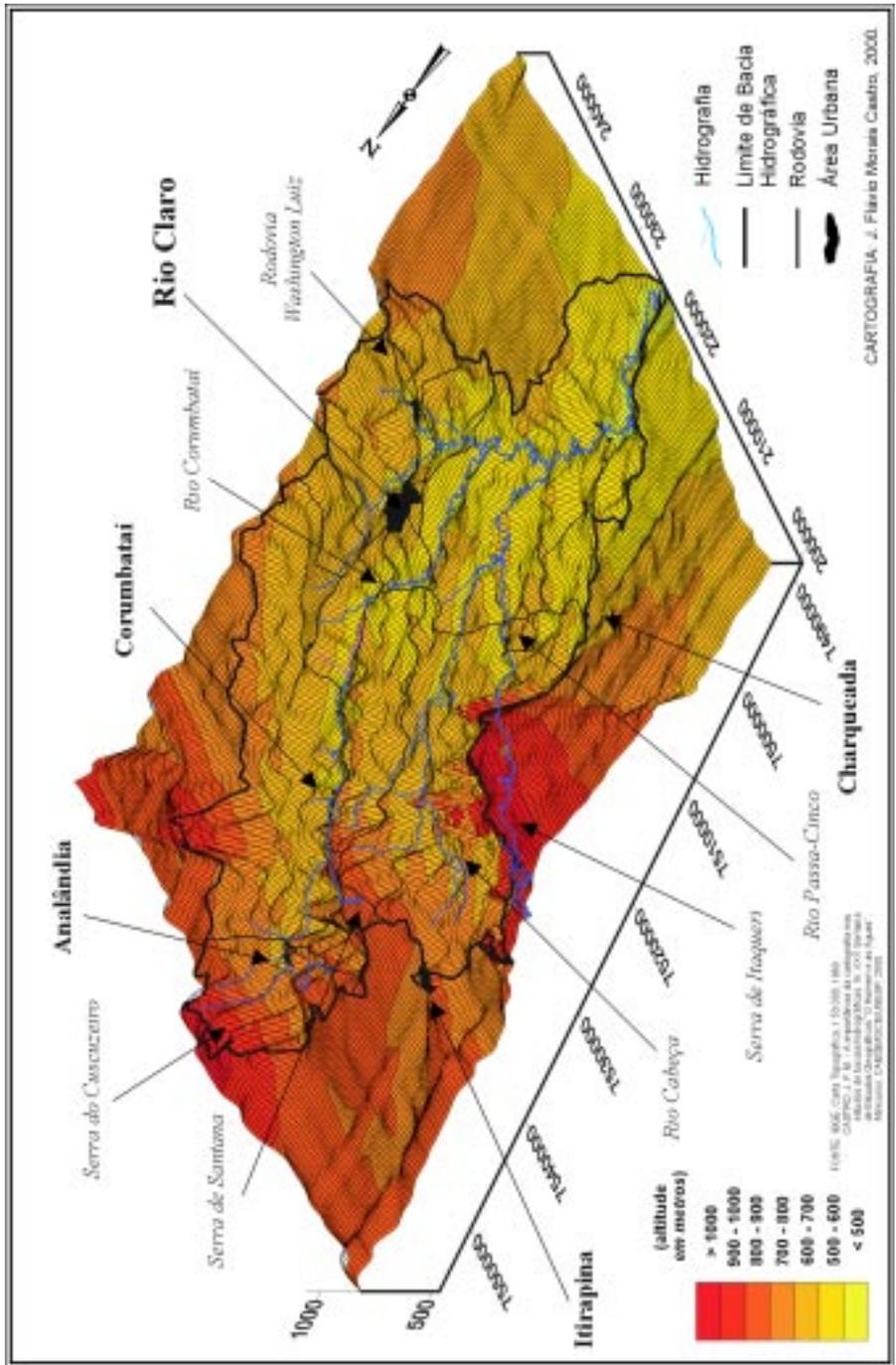
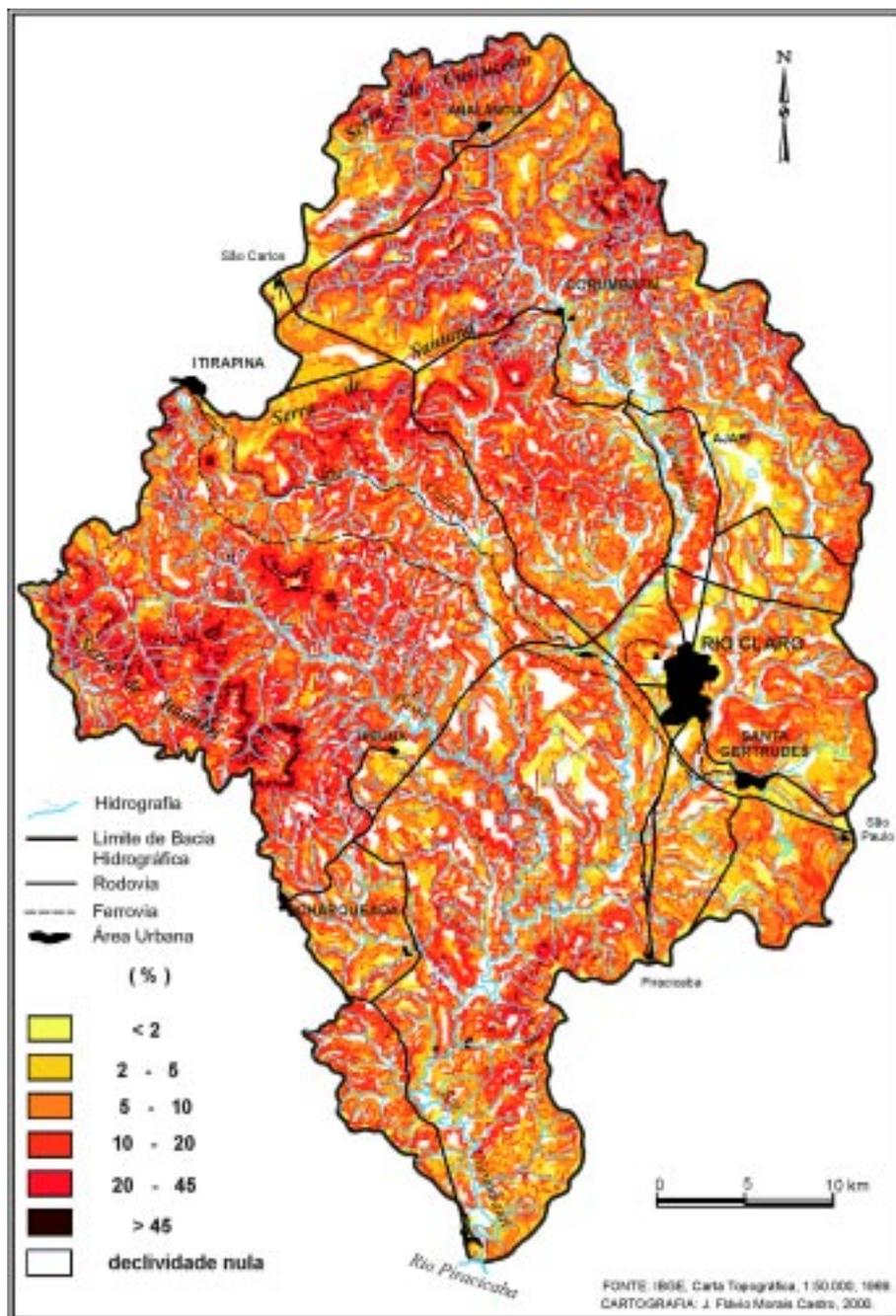
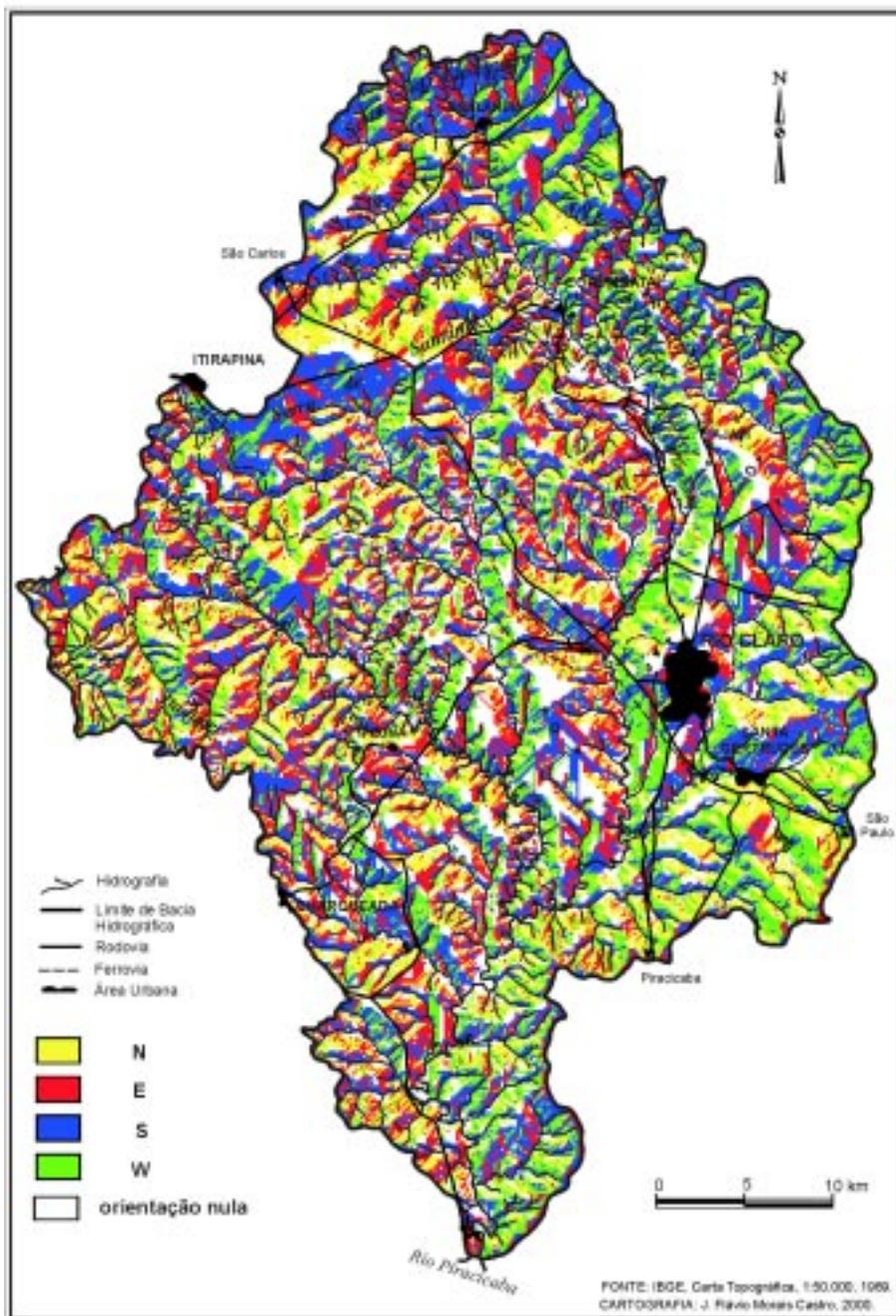


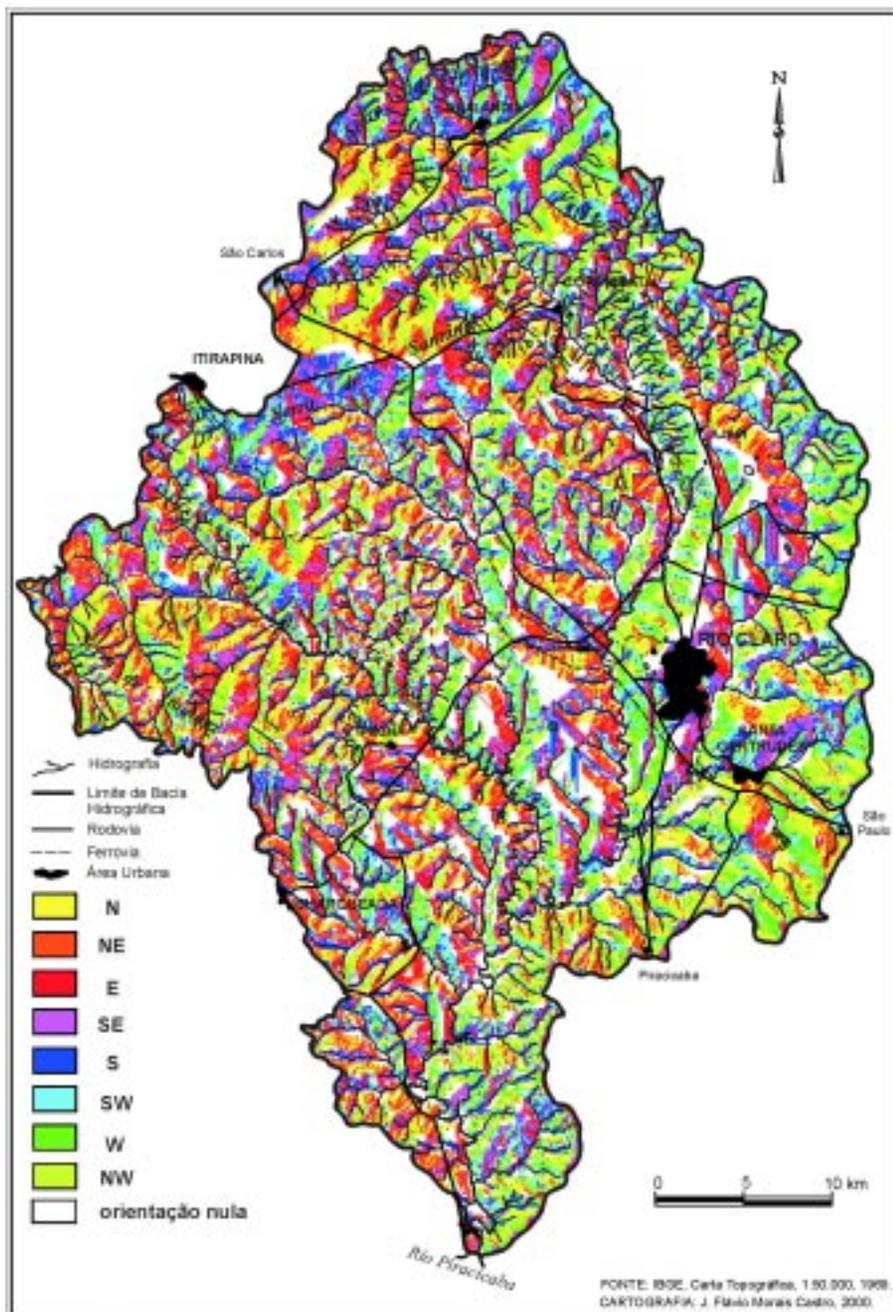
Figura 5 - Mapa de Declividade da Bacia do Rio Corumbataí



**Figura 6 - Mapa de Orientação de Vertentes (4 faces)
da Bacia do Rio Corumbataí**



**Figura 7 - Mapa de Orientação de Vertentes (8 faces)
da Bacia do Rio Corumbataí**



A qualidade do produto cartográfico gerado pelo processamento anteriormente exposto, possibilita mesmo que em pequena escala, interpretações relevantes por parte da realização da leitura dos documentos representados nas figuras 2, 3, 4, 5 e 6. No caso dos mapas da topografia e da hipsometria da bacia hidrográfica do rio Corumbataí (Figs. 2 e 3) é possível reconhecer no contexto geral da representação, que a citada bacia fluvial se enquadra na tipologia da drenagem obsequente e subsequente.

Esta tipologia de drenagem consiste em um conjunto de canais fluviais cujas cabeceiras dos principais cursos se instalam na cumeada do sistema de *cuestas* ou junto a elas no flanco do *front*, com o principal eixo potâmico encaixando fortemente e percolando paralelamente ao ressalto topográfico das formações arenéticas-basálticas e ao contato imediato com a depressão que constitui o principal elemento da denudação.

No alto curso do Corumbataí e de seus afluentes torna-se evidente o encaixe a promover através da regressão erosiva, a forma peculiar dos canais que exibem pequenos *canyons* que do alto dos festões descambam na direção dos terrenos alçados em topografias mais modestas, em relação aos setores das nascentes dos mananciais ou dos chamados "olhos d'água".

Em função do gradiente existente, variando de altitudes superiores a 1.000 metros até a cota com valores inferiores a 600 metros, a drenagem interposta apresenta-se, a grosso modo, com o padrão dendrítico, cujos canais ao atingirem a área de contato com o *front* das *cuestas* e a depressão imediata, desenvolvem uma tipologia típica das planuras por onde vertem através de sucessões meândricas.

Outros detalhes da geomorfologia fluvial local podem ser destacados pela observação imediata dos citados mapas, como por exemplo a densidade de pequenos flúvios, que decorrem da conjugação de vários elementos, dentre eles o efeito orográfico condicionando maiores índices de precipitações pluviais, em relação aos exíguos afluentes dos principais rios da bacia hidrográfica mencionada, nos extensivos leitos de médio e baixo cursos fluviais. Ainda se faz notar em inúmeros casos junto as cabeceiras, a eminência de captura fluvial.

A dinâmica fluvial imposta principalmente por estas condições, explica a locação da grande quantidade de portos de areia, estabelecidos ao longo dos leitos arenosos dos rios Corumbataí, Passa-cinco, Cabeça e Ribeirão Claro, justificada pela quantidade e qualidade do material retrabalhado e transportado pela corrente hídrica. No mapa topográfico (Fig. 2) destaca-se ao observador, mesmo que em escala reduzida, formações geomorfológicas bem definidas: o rendilhado da borda do planalto ocidental paulista; vales extremamente truncados e encaixados e domos com drenagem radial e formas peculiares das intrusões básicas decorrentes dos derrames terciários e também planícies amplas ao norte e oeste da cidade de Rio Claro.

As considerações abordadas acima ganham maior respaldo com a observação do modelo tridimensional do relevo da bacia do rio Corumbataí apresentado na figura 4. Além do aspecto didático, concorre também para a fixação das idéias expostas neste texto para o plano real. Nos limites territoriais fixados por uma linha perimetral, têm-se a representação do conjunto potâmico e das áreas adjacentes, indicando o sistema de serras nas porções setentrionais e ocidentais do documento cartográfico, como dispersor de água fluvial.

A jusante da cidade de Rio Claro é nítido a ampliação do vale que aflui na direção do Rio Piracicaba. Em contrapartida, a rede fluvial de montante emerge sobre terrenos cuja topografia apresenta vale truncados, com interflúvios que se destacam a exemplo de socacos e, nas cabeceiras o dendilhamento dos festões que dão conta dos anfiteatros sulcados pelas pequenas ramificações que se precipitam das encostas. Nestas situações os rios aventados coroam a linha de *cuestas* com cachoeiras,

quedas-d'água e corredeiras que precedem os caldeirões dos médios cursos e as praias fluviais que evoluem do material derruído das vertentes.

A análise da bacia hidrográfica citada neste artigo se completa conforme as sumárias interpretações aqui relatadas, pela informação gerada na figura 5 sob o título "Mapa de declividade da bacia do Rio Corumbataí". A destacada movimentação do relevo onde se instalam as nascentes fluviais aliada ao dado estrutural e climático, promovem as situações descritas anteriormente.

Nos mapas de orientação de vertentes (Figs. 6 e 7) pode-se aventar a respeito da plotação de fatos da superfície terrestre a ter como exigência a intensidade de insolação em relação ao tempo decorrido (horas, dias, meses, etc.), como exemplo cita-se: determinados tipos de cultivos, associados ao dado pedológico, climático e hidrológico, ou ainda, a localização de moradias ou estabelecimentos de produtos armazenados para fins específicos.

CONCLUSÕES

Enfim, é evidente a necessidade de disponibilizar dados topográficos digitais na rede de computadores, oferecendo acesso rápido a informações atualizadas, padronizadas e precisas, como suporte técnico para variadas pesquisas em inúmeras áreas da ciência, tornando o processo de análise, planejamento e gerenciamento do espaço mais dinâmico. O processo de tomada de decisões exige soluções rápidas e precisas para problemas que envolvem grande volume de dados e elevado grau de complexidade.

REFERÊNCIAS

ARGENTO, Mauro Sergio Fernandes; CRUZ, Carla Bernadete Madureira. Mapeamento Geomorfológico. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (Org.). **Geomorfologia - Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1996. cap. 9, p. 265-282.

CÂMARA, Gilberto; CASANOVA, Marco A.; HEMERLEY, Andrea S.; MAGALHÃES, Geovane Cayres; MEDEIROS, Claudia Maria Bauzer. **Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas**. Campinas: UNICAMP, 1996. 193 p.

CASTRO, José Flávio Morais. **Aplicação de um Sistema de Informação Geográfica na Temática da Morfodinâmica**: o exemplo do estudo da Bacia do Rio Mogi - Cubatão/SP. 1993. 161 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

CASTRO, José Flávio Morais; MAGALHÃES, Mônica G. Menezes de. Apresentação de uma Carta Topográfica utilizando recursos de Multimídia. **Revista Geografia e Ensino**, Belo Horizonte, v. 6, n. 1, p. 73-76, 1997.

GUERRA, Antonio Teixeira. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.

LOMBARDO, Magda Adelaide; CASTRO, José Flávio Morais. O uso de maquete como recurso didático. **Revista Geografia e Ensino**, Belo Horizonte, v. 6, n. 1, p. 81-83, 1997.

TEIXEIRA, Amandio Luís de Almeida; CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Sistemas de Informação Geográfica**: Dicionário Ilustrado. São Paulo, HUCITEC, 1997.

VIADANA, Maria Isabel C. de Freitas. **Atualização de Cartas Topográficas Utilizando Imagens Orbitais**: Metodologia Alternativa para Microcomputadores. 1995, Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Pompeu Figueiredo de Carvalho pela elaboração do abstract.

Recebido em fevereiro de 2002

Aceito em abril de 2002