

Revista Brasileira de Cartografia (2013) N^o 65/5: 939-949
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

AValiação DA VARIAÇÃO DOS ÍNDICES MORFOMÉTRICOS DE INFORMAÇÕES EXTRAÍDAS DE CARTAS TOPOGRÁFICAS E IMPLICAÇÕES PARA A LEITURA DO RISCO A ENCHENTES

Evaluation of the Variation of Morphometric Indices through Information Collected from Topographic Maps and Implications to the Map Reading Task of Flood Risk

João Vitor Meza Bravo¹ & Fernando Luiz de Paula Santil²

¹Universidade Federal do Paraná – UFPR

Setor de Ciências da Terra – Departamento de Geomática - Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
Caixa Postal 19001, 81531 – 990, Curitiba, Paraná, Brasil
jvmbravo@gmail.com

²Universidade Estadual de Maringá - UEM

Departamento de Geografia - Programa de Pós-Graduação em Geografia
Avenida Colombo, 3690, 87020-900 - Maringá, PR - Brasil
flpsantil@uem.br

Recebido em 17 de Agosto, 2012/ Aceito em 30 de Outubro, 2012
Received on August 17, 2012/ Accepted on October 30, 2012

RESUMO

As cartas topográficas são instrumentos utilizados por diversos profissionais das áreas de geociências, engenharias, ou até mesmo das ciências humanas. São produtos que têm de atender a sociedade como um todo e instrumentos primários para o desenvolvimento de trabalhos que tenham necessidade de espacializar a ocorrência de fenômenos geográficos. Desta maneira, no presente trabalho faz-se uma avaliação (relativa) no que se refere à variação dos índices morfométricos obtidos a partir de dados extraídos diretamente de Cartas Topográficas. Mais especificamente, trabalhou-se com cartas nas escalas de 1:50.000 e 1:25.000 da área exemplo, a bacia do Rio Marumbí (PR), que tem seu exultório na cidade de Morretes. É uma área de risco a enchentes e os índices avaliados são cruciais para verificação da probabilidade de se ocorrer eventos dessa natureza. Pode-se ressaltar que na generalização dos dados houve relevante perda de informações para a situação analisada, o que colocaria em risco a avaliação de um profissional planejador. O que se pretendeu fazer não foi exaltar possíveis erros que acometem o mapeamento sistemático brasileiro, mas sim dar indicativo de que as cartas topográficas não podem ser os únicos documentos utilizados para se trabalhar com a extração de feições para estudos ambientais.

Palavras chaves: Cartas Topográficas, Índices Morfométricos, Planejamento Ambiental, Enchente.

ABSTRACT

Several professionals use topographic maps in their professional activities. These products should be the solution for several problems related to spatial phenomena analysis and representation. Notwithstanding, we have adopted two scales - 1:50.000 and 1:25.000 - to estimate the morphometric indices and compare their values. Thus, we have evaluated the variation these indices during the topographic maps usage for the flood risk assessment in the Marumbi river basin (Morretes, Paraná State, BR), which had already suffered with flood disasters. The results pointed out that

professional decision would be affected by the scale selection task, because there are inconsistencies on data generalization. These inconsistencies triggered the variation of morphometric indices which could bring several problems for the environmental and territorial planning against flood.

Keywords: Topographic Maps, Morphometric Indices, Environmental Planning, Flood Risk.

1. INTRODUÇÃO

As cartas topográficas são produtos de geoinformação utilizados por profissionais de diversas áreas, cujas necessidades perpassam pelo entendimento de fenômenos espaciais. Nelas estão representadas as feições naturais e aquelas criadas pelo homem; elas representam, também, o relevo por meio das curvas de nível. São produtos que trazem consigo grande parte das informações utilizadas em outros mapas e são empregadas na exploração de energia, conservação dos recursos naturais, planejamento ambiental, cadastro rural e urbano e por exploradores leigos (USGS, 2003; MONMONIER, 1991; ESTES & MOONEYHAN, 1994; ROBINSON *et al*, 1995; KRAAK & ORMELING, 1998).

No caso das cartas topográficas brasileiras adota-se o modelo de construção e representação norte-americano. Contudo, aspectos importantes são negligenciados pelas agências oficiais brasileiras incumbidas da produção do mapeamento de base, como, por exemplo, a cobertura e a atualização. Essas são questões que acabam por minar a utilização desses documentos oficiais, o que facilmente seria resolvido com maior aporte de investimentos (ESTES & MOONEYHAN, 1994; MENDONÇA & SLUTER, 2011). Nesse sentido, Mendonça e Sluter (2011) afirmam que o mapeamento topográfico é dispendioso, porém, muito importante para a infraestrutura e desenvolvimento de qualquer país; além disso, é notável que, historicamente, países considerados desenvolvidos, como a Inglaterra e o seu *Ordnance Survey*, investiram montantes consideráveis no mapeamento sistemático. O Brasil, assim como vários países considerados em desenvolvimento (ESTES & MOONEYHAN, 1994), encontra-se mapeado, em sua totalidade, apenas na escala de 1:1.000.000, sendo que menos de 1% do território está representado em cartas na escala de 1:25000 (ARCHELA E ARCHELA, 2008). Isso impede, por exemplo, o avanço de pesquisas científicas e de obras como as do PAC – Programa de Aceleração do Crescimento (BRASIL, 2007), as quais dependem, em sua maioria, de informações espaciais.

Além dos problemas relacionados à cobertura e atualização, o mapeamento sistemático brasileiro sofre de outras tantas mazelas. Por exemplo, é sabido que para a confecção das cartas topográficas brasileiras a generalização cartográfica ocorre de maneira arbitrária. Isso se deve ao fato de tais produtos terem sido construídos analogicamente e o que, naturalmente, impede que se tenha um padrão controlado de procedimento, desencadeando sérias consequências para a usabilidade (SLOCUM *et al*, 2001; van ELZZAKER, 2004) de tais produtos.

Nesse sentido é possível perceber que existem inúmeros problemas orbitando a integridade da qualidade da cartografia de base brasileira (MENDONÇA & SLUTER, 2011) e eles podem travar o desenvolvimento de ações estratégicas num contexto nacional, como, por exemplo, é o caso do planejamento contra riscos a acidentes ambientais.

Observa-se que, nos últimos anos, é notória a preocupação das autoridades com as áreas de risco, no território brasileiro (BRASIL, 2011). As catástrofes que acometeram a zona litorânea sudeste-sul do Brasil, na última década, tiveram destaque midiático, uma vez que foi grande o número de vitimados. Foram eventos relacionados à alta concentração de chuvas em determinados locais densamente habitados, nos quais fatores como alta declividade, solos rasos, rios com leitos encaixados na estrutura geológica, desmatamento, anomalias na precipitação, promoveram um cenário de calamidade e perigo (BRASIL, 2011; ULTRAMARI & HUMMELL, 2010; BESSA JUNIOR *et al*, 2011). Nesse contexto, pode-se pensar que estes fatos constituíram possíveis cenários nos quais seria praticável o apoio de informações espaciais atestadas por organismos oficiais, para auxiliar o gerenciamento e planejamento das ações contra o risco.

O Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil, por meio de suas diretrizes e objetivos, indica a necessidade de se criar um sistema nacional de monitoramento e prevenção de desastres, suficientemente sólido, capaz de oferecer subsídios para estudos de prevenção,

mitigação, preparação, resposta e recuperação de áreas suscetíveis a eventos catastróficos (BRASIL, 2012). Nesse sentido, é necessário que pesquisas científicas contribuam para com o suporte de conhecimento necessário para se implantar soluções robustas, que comportem as necessidades dos profissionais engajados no propósito de solucionar problemas de ordem pública. E é neste âmbito que a presente investigação se insere, buscando estudar possíveis implicações das falhas relativas ao desenvolvimento do mapeamento de base brasileiro nas ações de profissionais como os da defesa civil.

A hipótese que se levanta, portanto, é que a leitura dos profissionais incumbidos na tarefa de estudar fenômenos espaciais catastróficos é prejudicada, por conta da falta de critérios para a generalização das feições representadas nas cartas topográficas brasileiras. Esse fato degrada um importante serviço prestado à população, como já explicitado, o que implica na necessidade de compreender melhor os desdobramentos de tal ocorrência. Em suma, a tarefa desta investigação é discutir as possíveis interferências da utilização de cartas topográficas em escalas distintas, na realização de tarefas de leitura de mapas (BOARD, 1978; van ELZAKKER, 2004) feitas por profissionais que trabalham com o planejamento contra catástrofes, num caso muito específico, o do risco a enchentes.

Dessa maneira, para se atingir o objetivo aqui elencado, procurou-se mostrar por meio de exemplos o quão insatisfatórios podem ser os resultados quando tais profissionais utilizam cartas topográficas para as finalidades descritas sem o devido cuidado, como por exemplo, aquele relativo à escolha da escala ou mesmo, da verificação da veracidade das informações contidas nas cartas topográficas. Buscou-se o exemplo dos índices morfométricos, costumeiramente usados na análise das características físicas e do comportamento dinâmico de uma bacia hidrográfica (BRIELEY & FRYIRS, 2005; VILLELA & MATTOS, 1975; CHOW *et al.*, 1994), o que corrobora com as necessidades desta investigação. Eles serão analisados conforme sua variação que, por sua vez, é desencadeada pela mudança de escala. As escalas escolhidas para a comparação foram

1:25.000 e 1:50.000, uma vez que estas, segundo o IBGE (1998), são adequadas para o planejamento ambiental.

Entretanto, é importante sinalizar, ainda, que não se pretende questionar trabalhos que utilizaram esses produtos como base para suas explicações, mas sim revelar a importância da retificação e atenção ao se trabalhar com as informações contidas nesses documentos, como apoio à elaboração de mapas temáticos.

2 ÁREA DE ESTUDO

Para o desenvolvimento do presente estudo, precisou-se, num primeiro momento, escolher uma região de interesse relativo, cabível ao contexto de catástrofes naturais, como aquelas suscetíveis a enchentes. Não obstante, determinou-se como área e unidade de estudo a bacia hidrográfica do rio Marumbi, localizada entre as coordenadas geodésicas (25°27'S, 48°58'W) e (25°35'S, 48°46'W), no Município de Morretes, Estado do Paraná, Brasil (Fig. 1). Em suas intermediações situa-se uma importante unidade de conservação permanente, denominada Parque Estadual do Marumbi, e seu rio principal tem nascente na Serra do Marumbi e foz no Rio Nhundiaquara.

Sobre as características físicas dessa unidade de território, pode-se dizer que a bacia do rio Marumbi encontra-se numa área de relevo fortemente dobrado à sua montante e muito plano à sua jusante (KOZCIAK, 2005). Isso se dá pela particularidade que têm as bacias hidrográficas que se encontram na zona litorânea, onde as unidades morfológicas podem ser muito distintas. No caso da bacia do rio Marumbi tem-se duas importantes unidades morfológicas: a Serra do Mar e a Planície Litorânea. Percebe-se, nesse mesmo sentido, uma grande amplitude altimétrica, marcando-se, como ponto mais alto, a curva de 1520 metros e, o mais baixo, o Rio Nhundiaquara, quase ao nível do mar.

Essas informações devem ser observadas atentamente visto que é desta maneira que se comporta uma zona de risco de acidentes do tipo enchente, o que justifica a escolha desta área (CHRISTOFOLETTI, 1981; SUMMERFIELD, 1991; BRIERLEY & FRYIRS, 2005; KOZCIAK, 2005). A Figura 1 indica a localização da Bacia do Rio Marumbi, no destaque, e sua inserção no contexto do território brasileiro e do Estado do Paraná.

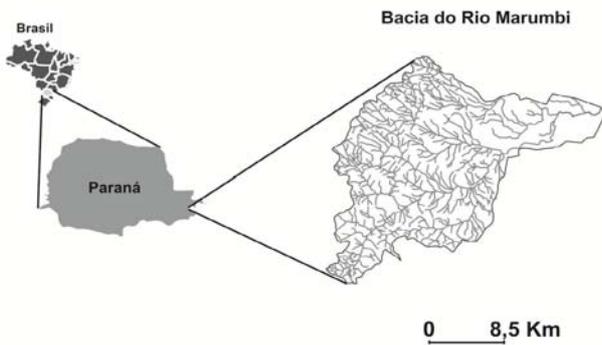


Fig. 1 – Localização bacia do Rio Marumbi.

3. MATERIAIS

Os materiais utilizados para desenvolvimento do estudo aqui proposto estão apresentados na Tabela 1. Logo em seguida, têm-se o software utilizado para a extração, tratamento e representação das informações geográficas de interesse, elencado na Tabela 2. A descrição dos procedimentos de manipulação desses dados está disposta no item a seguir.

4. PROCEDIMENTOS

Idealizou-se, num primeiro momento, as tarefas de leitura de mapas nas quais profissionais desempenham funções similares às análises desenvolvidas neste estudo. Para tanto, valeu-se daquelas descritas por Board (1978) e, também, das estudadas por van Elzaker (2004). Essas investigações serviram como base à seleção da visão profissional e, por conseguinte, do profissional, cabíveis ao contexto desta pesquisa, segundo as tarefas por ele desempenhadas e sua respectiva formação acadêmica.

Após a seleção de tarefas de leitura de mapas pertinentes às análises aqui desenvolvidas, iniciou-se a etapa de tratamento dos dados para atingir-se a finalidade da proposta. Assim sendo, por meio do software SPRING realizou-se o georreferenciamento das cartas topográficas (Tab. 1) e a organização do banco de dados geográficos (BDG). As cartas topográficas utilizadas estão disponíveis no site do Instituto de Terras Cartografia e Geociências do Estado do Paraná (ITCG) no formato TIFF. Após baixar as imagens converteram-se os arquivos para o formato SPG, o qual pode ser lido pelo software. Essa transformação ocorreu no aplicativo IMPIMA que vem no pacote SPRING.

Para o georreferenciamento utilizou-se um mínimo de 20 pontos de controle por carta. A distribuição desses pontos foi regular de forma a não tender a dispersão dos erros para um determinado quadrante assim como preconizam estudos na literatura (NOGUEIRA JÚNIOR, 2003; DALMOLIN, 2010).

Num segundo momento, foram vetorizados os elementos de interesse, no caso, a delimitação da bacia do Rio Marumbi, a drenagem e as curvas de nível; gerou-se esta última para se ter uma noção geral do modelado do terreno.

A digitalização ocorreu utilizando-se os seguintes parâmetros:

- Fator digitalização 0.15mm;
- Escala da visada (em tela) para vetorização 1:4000 (± 500);
- Topologia manual.

O fator de digitalização corresponde ao intervalo entre os pontos da linha a ser digitada. A topologia manual corresponde à criação de “nós” entre as feições que se cruzam ou tocam, manualmente pelo mapeador. A escala de visada escolhida permitiu que se tivesse maior precisão na vetorização das feições.

Houve a preocupação em se demonstrar as condições de tela no momento da vetorização das feições de interesse porque, como afirmam Kraak e Ormeling (1998), os fatores técnicos podem influenciar no processo de generalização cartográfica e que nesses fatores incluem a resolução do monitor e da tela de visada; buscou-se a mínima interferência desses aspectos para não comprometer a análise final.

Após a vetorização das feições de interesse, o que se propôs foi criar classes temáticas que nos auxiliassem na classificação da drenagem, segundo indica Strahler (1957). Essa classificação, que foi feita no software SPRING e é, também, de interesse para o desenvolvimento deste estudo, uma vez que é comumente utilizada para definir a ordem de uma bacia que, por sua vez, é crucial para a investigação das características fisiográficas dessas unidades, fornecendo indicativos importantes no que se refere ao porte do sistema hidrográfico.

4.1 Índices Morfométricos

Para o desenvolvimento das análises, selecionou-se, como já explicitado, índices morfométricos os quais terão seus valores comparados nas diferentes escalas, posteriormente,

Tabela 1: Materiais utilizados

Material	Datum	Fonte	Escala
Folha SG-22-X-D-II-3 SE	SAD 69	DSG	1:25.000
Folha SG-22-X-D-II-3 SW	SAD69	DSG	1:25.000
Folha SG-22-X-D-V-1 NE	SAD69	DSG	1:25.000
Folha SG-22-X-D-V-1 NW	SAD69	DSG	1:25.000
Folha SG-22-X-D-II-3	SAD69	IBGE	1:50.000
Folha SG-22-X-D-V-1	SAD69	IBGE	1:50.000

Tabela 2: Software utilizado

Software	Tipo
SPRING 5.0.6*	Livre

*Camara *et al* (1996)

como métrica à avaliação de um profissional idealizado para a finalidade aqui proposta. Os índices escolhidos representam medidas de características fisiográficas de uma bacia hidrográfica e são importantes aferições para o manejo e planejamento de ações adequadas a essa unidade de paisagem. Dessa maneira, escolheram-se aqueles que correspondem diretamente às necessidades desta investigação, ou seja, aqueles que expressam, sobremaneira, a possibilidade da ocorrência de enchentes.

Assim sendo, tem-se como uma primeira variável, o índice de densidade de drenagem que, segundo Cardoso *et al.* (2006), é o “*índice que indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia*”. O estudo desse índice, ainda segundo Cardoso *et al* (2006), indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa o sistema hidrográfico (STRAHLER, 1957). Para a avaliação geral da suscetibilidade à ocorrência de enchentes, índices os quais representam a forma da bacia são, também, necessários, pois, assim como indica Strahler (1957), por meio da análise dos aspectos descritos por esses elementos, tem-se um bom indicativo da dinâmica do fluxo de escoamento de uma bacia hidrográfica. Portanto, foram selecionados três índices mais, os quais descrevem as características de forma das bacias: o índice de circularidade, o fator de forma e o coeficiente de compacidade.

Nesse sentido, vale salientar que os índices aqui selecionados participam da maior parte das pesquisas que procuram compreender a dinâmica

de bacias hidrográficas. Estudos com esse foco podem ser referências para os modelos de dinâmica sistêmica, pois, quando se trabalha com esses elementos, o que se almeja é demonstrar o tempo de concentração dos fluídos numa determinada bacia. Os valores por eles representados são importantes para que se faça uma previsão de risco de acidentes ambientais decorrentes da dinâmica de fluídos pertencentes a uma dada bacia hidrográfica (STRAHLER, 1957; VILELLA & MATTOS, 1975). Os respectivos valores dessas métricas são calculados pelas seguintes equações:

Densidade de Drenagem

$$Dd = \frac{L_t}{A}$$

Sendo:

Dd = densidade de drenagem; L_t = comprimento total de todos os canais; A = área de drenagem

Índice de Circularidade

$$IC = \frac{12,57 * A}{P}$$

Sendo:

IC = Índice de Circularidade; A = Área da bacia; P = Perímetro da bacia.

Fator de Forma

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Sendo:

F = Fator de Forma; A = Área da bacia; L = Comprimento do eixo da bacia

Coeficiente de Compacidade

$$Kc = \frac{0,28 * P}{\sqrt{A}}$$

Sendo:

Kc = Coeficiente de Compacidade; P = Perímetro da bacia; A = Área da bacia.

5. RESULTADOS

Neste item, serão apresentados os resultados da seleção das tarefas espaciais desempenhadas por profissionais com as características adequadas ao contexto das análises aqui propostas, bem como o resultado da extração, tratamento e análise das informações e índices descritos anteriormente.

5.1 Profissional idealizado segundo as tarefas de leitura de mapas

Para se idealizar uma visão profissional que corresponda com as necessidades desta investigação é preciso compreender, num primeiro momento, quais questionamentos são feitos no

instante em que se observam características de uma região, as quais instiguem o entendimento do fenômeno estudado. Nesse sentido, van Elzakker (2004) entende que sempre existirão perguntas espaciais relacionadas com tarefas executadas na intenção de se responder tais questionamentos, os quais são advindos das necessidades do usuário de mapas. No caso dessa investigação, compreende-se que, em comunhão com o objetivo a ser alcançado, o profissional incumbido na tarefa de predizer eventos catastróficos questionará a possibilidade da ocorrência de enchentes na bacia hidrográfica, selecionada como área de estudo. Dessa maneira, para responder essa pergunta, ele utilizará de tarefas espaciais específicas, as quais servirão como base ao entendimento de sua visão do comportamento do fenômeno.

Segundo Board (1978) existem tarefas específicas as quais as pessoas desempenham por meio da utilização das representações cartográficas. Para embasar sua moção, ele elenca três tipos principais as quais ele denomina: navegação, mensuração e visualização. Para explicar a natureza de cada uma dessas tarefas, Board (1978) utiliza de verbos os quais definem as ações praticadas pelas pessoas, no contexto de uso dos mapas. Para ele, fica claro que as tarefas de leitura dos mapas são ações dependentes da finalidade para a qual foi criada a representação. Dessa maneira, para se estudar as tarefas de leitura de uma representação cartográfica, é necessário que se defina, primeiramente, o objetivo pelo qual foi desenvolvido o mapa (ROBINSON, 1952; van ELZAKKER, 2004).

No caso desta pesquisa, têm-se as cartas topográficas como o modelo de representação a ser investigado. Assim, sabe-se que estes documentos são de uso geral e irrestrito, e servem de base para toda e qualquer ação sobre a superfície do território, assim como já foi definido. Contudo, pela delimitação do contexto de uso investigado nesta pesquisa, o qual é definido para a leitura do risco a enchentes, entende-se que as tarefas de mensuração e visualização são as mais adequadas.

As tarefas de mensuração foram feitas segundo a aferição de medidas efetuadas sobre as informações de interesse para a análise do risco a enchentes. São tarefas que permitem que os profissionais envolvidos na tarefa de prevenir

eventos como estes, visualizem possíveis cenários de catástrofes (BOARD, 1978).

Nesse sentido, as tarefas de visualização, por outro lado, compuseram uma análise holística da “dinâmica” do sistema estudado, no caso, a bacia hidrográfica escolhida. Segundo Board (1978) essas tarefas são importantes para o entendimento da distribuição do fenômeno observado e acontecem de forma a integrar toda e qualquer informação representada para a configuração mental da imagem do fenômeno.

Pensando nestes aspectos, definiu-se que profissionais com o perfil adequado à realização de tais tarefas, geralmente, no contexto do Brasil, estão ligados às geociências e engenharias. Mais especificamente, para a análise do risco a enchentes por meio da metodologia aqui indicada, optou-se a visão do Geógrafo, profissional o qual tem em sua formação mecanismos de avaliação muito próximos àqueles aqui utilizados. Sua formação permeia disciplinas relacionadas ao planejamento e gestão do território; trabalha com fatores humanos e ambientais, bem como, os analisa de forma sistêmica, assim como define o parecer CNE/CES 492/2001. Dessa maneira, a visão que aqui será analisada é definida segundo o entendimento que tem este profissional, sobre o evento estudado.

5.2 Extração, tratamento, representação e análise holística das informações de interesse

Do georreferenciamento das cartas topográficas utilizadas neste estudo, bem como, da extração das informações de interesse, obteve-se as informações necessárias para efetuar-se o cálculo dos índices morfométricos. Nesse momento, um primeiro aspecto a ser observado por um profissional como o descrito no item anterior, é a diferença entre a quantidade de informação representada nas diferentes escalas analisadas. As Figuras 2 e 3 mostram essa perspectiva.

Nas figuras acima apresentadas é possível perceber que há um decréscimo na quantidade de informação. Esse decréscimo seria entendido como natural, ao passo que existe a redução de escala. Contudo, nas Tabelas 3 e 4 tem-se os valores do comprimento das classes de drenagem, segundo a classificação explicitada por Strahler (1957), bem como a quantidade de informação perdida em cada uma delas.

1:25.000

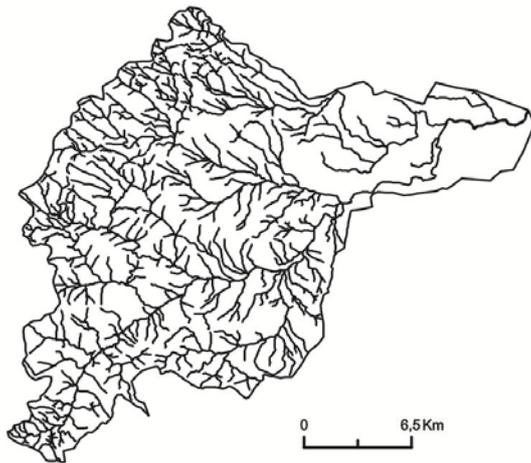


Fig. 2 – Informações extraídas das cartas topográficas na escala de 1:25.000

1:50.000

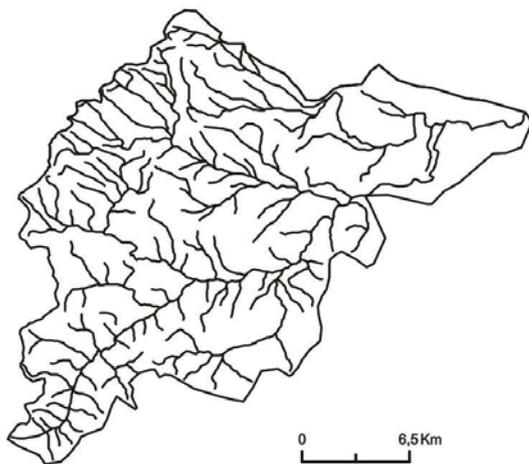


Fig. 3 – Informações extraídas das cartas topográficas na escala de 1:50.000

Tabela 3: Comprimento de drenagem (C_d) por classes de ordem nas diferentes escalas

Ordem	C_d nas cartas 1:25.000 (Km)	C_d nas cartas 1:50.000 (Km)
1ª	194.38	130.10
2ª	72.58	37.35
3ª	29.91	21.92
4ª	22.66	7.54
5ª	20.64	13.88
6ª	11.52	-
Σ	351.73	210.82

Tabela 4: Perda da informação por classes de ordem

Ordem	Perda de informação (%)	Perda de Informação (Km)
1ª	33.10	64.27
2ª	48.53	35.22
3ª	26.71	7.99
4ª	66.71	15.11
5ª	32.74	6.76
6ª	100	11.52
Perda total	40.07	140.89

Observando-se as Tabelas 3 e 4, é possível perceber que não há um padrão de generalização sendo adotado, pois os elementos das classes de ordem de drenagem não acompanham uma lógica de retração. Essa não uniformidade na redução traz inconsistência para a avaliação do profissional, o qual estará sujeito a cometer equívocos interpretativos. Ainda na Tabela 4, pode-se destacar como exemplo, o fato intrigante de que a classe de segunda ordem perdeu, relativamente, mais elementos que a drenagem de primeira ordem, contudo, seria mais plausível que se mantivesse na representação as drenagens mais importantes, como numa hierarquia de elementos (STRAHLER, 1957). No entanto, vale salientar que o resultado final da classificação da ordem da bacia não foi alterado drasticamente, sendo este um aspecto importante para uma avaliação mais abrangente (Tabelas 5 e 6).

Após uma primeira análise mais holística, tem-se o cálculo dos índices morfométricos, explicitado como tarefa de mensuração. Os respectivos valores aferidos estão representados nas Tabelas 5 e 6 e as análises destes nos itens subsequentes.

5.3 Avaliação da diferença nos valores de Densidade de Drenagem – tarefa de visualização

Quando comparadas as Tabelas 5 e 6, os valores referentes à área da bacia diferem pouco, porém o perímetro sofre uma mudança considerável. Essa mudança interferiu diretamente nos valores dos índices, o que não poderia ocorrer, uma vez que a essa informação

Tabela 5: Índices e parâmetros quantitativos nas cartas com escala de 1:25000

Perímetro	59.1Km
Área	104.70Km ²
Densidade de Drenagem	3.35
Índice de Circularidade	0.37
Fator de Forma	0.30
Coefficiente de Compacidade	1.61

Tabela 6: Índices e parâmetros quantitativos nas cartas com escala de 1:50000

Perímetro	78.2Km
Área	106.72Km ²
Densidade de Drenagem	1.97
Índice de Circularidade	0.21
Fator de Forma	0.31
Coefficiente de Compacidade	2.11

não é passível de grandes mudanças, mesmo na redução de escala. Observa-se, também, que, assim como visto nas Figuras 2 e 3, há uma redução notável na quantidade de informação representada. Esses fatores unidos podem provocar confusão na leitura do fenômeno por parte do profissional.

Num outro viés de análise, segundo Maia *et al* (2009), “*a densidade de drenagem varia diretamente com a extensão do escoamento superficial e fornece uma indicação sobre a eficiência da drenagem natural da bacia*”. Além disso, Maia *et al* (2009) ressaltam que as bacias bem drenadas tendem a estar mais sujeitas a cheias e alagamentos.

Cardoso *et al.* (2006), em seu estudo de caso acerca da bacia do Rio Debossan (RJ), encontraram o valor de 2,35 Km/Km² para o índice de densidade de drenagem e consideraram-no um valor médio. Villela e Mattos (1975) classificam índices de densidade de drenagem (Dd) como sendo baixos, caso os valores destes sejam $d < 0,5 \text{ km/km}^2$; classificam-nos como “altos”, caso o valor da Dd seja $e > 3,5 \text{ km/km}^2$. Unindo as considerações de Villela e Mattos (1975) com as de Cardoso *et al* (2006), pode-se inferir que a diferença nos valores encontrados para a bacia do Rio Marumbi (PR) são significativas. Nesse sentido, pode-se apontar, também, que o comprimento dos vetores que representam a drenagem nas cartas com escala 1:50.000 o valor da densidade de drenagem 1.97 km/km², pode ser classificado como “médio”, e o valor de 3.35 km/km², encontrado na drenagem das cartas em escala 1:25.000, como sendo “alto”.

A variação nos valores (Dd) implica em um esquema de planejamento diferente para as situações apresentadas nas cartas com diferentes escalas, o que indica que o profissional terá problemas para desempenhar a tarefa de visualização do fenômeno ao compará-las. Assim sendo, caso queira fazer um estudo mais detalhado da área e, por conseguinte, visualizar o fenômeno a contento de suas necessidades, este profissional deverá utilizar de outros documentos para aferir um valor da densidade de drenagem mais próximo ao real e coerente com seu propósito.

5.4 Avaliação da diferença nos valores do Índice de Circularidade, Fator de Forma e Índice de Compacidade – tarefa de visualização

Ao se deparar com os valores correspondentes aos índices que relacionam a forma da bacia com a dinâmica do fluxo dos fluídos, o profissional encontrará, mais uma vez, barreira a uma correta visualização. Nas Tabelas 5 e 6 há uma considerável discrepância nos valores destes índices, o que implica numa possível confusão ao se analisar seus significados.

Nesse sentido, pode-se dizer que o coeficiente de compacidade relaciona a forma da bacia hidrográfica com um círculo. Isso diz respeito à distribuição da área de drenagem e, segundo Cardoso *et al* (2006), “*quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade*”. Valores do coeficiente de compacidade próximos a 1 indicam uma bacia mais circular, menos suscetível às enchentes, e valores significativamente superiores a 1, uma bacia mais alongada, tipologia mais suscetível às enchentes. Esse coeficiente está intrinsecamente ligado ao valor do fator de forma, que relaciona a forma da bacia com a de um retângulo e dá um forte indicativo da interferência estrutural (geológica). Essa interferência estrutural pode determinar a velocidade do fluxo da água, uma vez que rios com leitos rochosos, geralmente, participam de regiões muito dobradas e, por conseguinte, têm maior velocidade de descarga (CHRISTOFOLLETTI, 1981; SUMMERFIELD, 1991). Segundo Villela e Mattos (1975), uma bacia com fator de forma menor do que uma segunda bacia, cujos valores de área são idênticos, tem menores chances de sofrer enchentes. Quanto ao índice de circularidade, pode-se dizer que valores mais próximos a 1 descrevem bacias mais abertas (circulares) as quais têm menor probabilidade de sofrer com enchentes e valores menores do que 1, indicam bacias mais estreitas, alongadas, nas quais há maior expectativa da ocorrência de enchentes.

Nesse sentido, Cardoso *et al.* (2006), ao estudarem a morfometria da bacia do rio Debossan, acharam valores de 1.58 para o coeficiente de

compacidade e, 0,39 para o fator de forma. Com base nisso, classificaram-na como tendenciosa à forma alongada, justificando essa assertiva ao indicar que o coeficiente de compacidade havia se afastado do valor 1 e o fator forma fora “baixo”. Tomando-se por base essa classificação, os valores encontrados para tais índices, correspondentes à bacia do rio Marumbi (PR), nas cartas em escala 1:25.000, indicam que esta bacia tem de tendência a ter forma alongada. O mesmo ocorre com os valores desses índices na escala 1:50.000, os quais atingiram valores considerados tendenciosos à indicação de “alongamento”. Tais aferições parecem não afetar a leitura geral da situação do formato da bacia, contudo ao atentar-se para os valores do coeficiente de compacidade isoladamente, o profissional teria preocupações distintas ao analisar a bacia nas diferentes escalas. Ao passo que este profissional visualizaria um pequeno risco a enchentes na escala de 1:25.000, na escala de 1:50.000 essa informação seria diferente, sendo o risco demasiadamente aumentado; isso, pois os valores encontrados diferem quase que em 0.5 unidades.

5.5 Prováveis problemas decorrentes das análises

Ao se analisar esses índices, fica claro que existirão problemas na comparação das situações exibidas pelos documentos nas diferentes escalas. Esse fato incita uma discussão relevante ao contexto de planejamento territorial o qual está ligado à escolha correta dos documentos e, principalmente, da escala de trabalho (LAM & QUATTROCHI, 1992). Segundo Estes & Mooneyhan (1994), a escolha correta da escala de trabalho é um dos fatores preponderantes para que se obtenha sucesso nos estudos ambientais e/ou de planejamento; o que pode ser observado pelas diferenças dos valores dos índices morfométricos e suas respectivas interpretações.

No caso da bacia do rio Marumbi, as escolhas erradas dos documentos e da escala de trabalho acarretariam sérias consequências. Não só as tarefas de leitura de mapas seriam prejudicadas, mas também haveria impacto direto à área urbana do município de Morretes (PR). A Figura 4 mostra, em vermelho, a cidade de Morretes. Destaque maior deve ser dado à posição na qual se encontra:

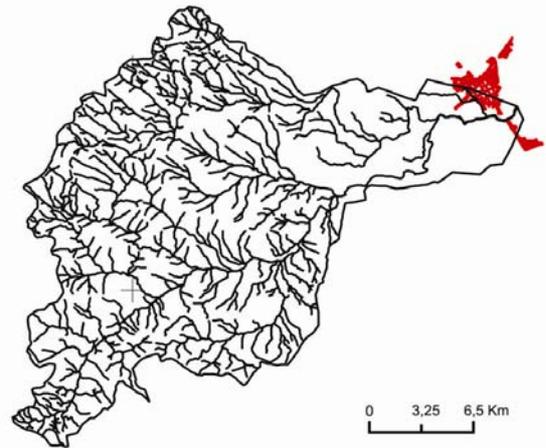


Fig. 4 - Localização da cidade de Morretes, exultório da bacia do Rio Marumbi.

exatamente na área de descarga final da bacia, região mais propensa a sofrer com inundações.

Nesse sentido, outro aspecto a ser considerado nas análises é que os rios perdem suas características quando as suas condições, que são delineadas pela estrutura de rochas da região, são mascaradas pela generalização. Esse fato faz com que o profissional tenha uma leitura distinta nas situações apresentadas pelas cartas em diferentes escalas. Isso acontece, pois, por exemplo, se a condição estrutural forte fosse mantida na representação generalizada, ele saberia que a velocidade final do fluxo seria alta em ambas as ocasiões. Dessa maneira, rios que são controlados pela estrutura geológica estão sujeitos ao escoamento dos fluídos pelo seu leito de forma rápida (CHRISTOFOLETTI, 1981; SCHUMM, 1977). No caso da bacia hidrográfica do rio Marumbi, ao observar-la à sua jusante, onde o controle estrutural e a declividade são baixos, o profissional entende que essa porção estaria sujeita a receber todo o volume de água que não percolou nas áreas onde o solo é mais raso, à montante. Assim, ele encontraria nesses sinais diferentes informações e, por conseguinte, tomaria decisões distintas.

Não longe, equívocos como os apresentados para o estudo morfométrico da bacia do rio Marumbi podem ser observados em outras regiões e com outros documentos. Dessa maneira, desastres como os assinalados neste trabalho poderiam ser evitados se as informações contidas nos documentos de base utilizados no Brasil fossem seguras e de fácil leitura. As cartas

topográficas, portanto, não atingem por completo seus objetivos, uma vez que os dados existentes nelas são passíveis de serem julgados fidedignos ou não, o que compromete sua usabilidade (van ELZAKKER, 2004; SLOCUM *et al*, 2001).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cartas topográficas são os documentos que devem representar fidedignamente as feições contidas na superfície terrestre. O quadro de desatualização e inconsistência do mapeamento de base brasileiro interfere energeticamente nos resultados de pesquisas que buscam compreender fenômenos que ocorrem na superfície e subsuperfície; interferem também na execução de obras de infraestrutura e todas aquelas que dependem de variáveis espaciais.

A caracterização dos índices morfométricos da bacia do Rio Marumbi (PR), nas escalas de 1:25.000 e 1:50.000, mostrou ser verdadeira a inconsistência na redução da informação nos produtos avaliados e, também, a existência da interferência desses fatores na leitura destes documentos. Por meio da análise holística das situações representadas pelas cartas topográficas nas diferentes escalas, indicaram-se como esses erros podem trazer sérios problemas à leitura do fenômeno feita por profissionais que dependem desses produtos oficiais para desempenharem suas funções. A utilização de um cenário de análise fictício foi um artifício para se demonstrar o quanto são afetadas as tarefas de leitura de mapas (BOARD, 1978) pela inconsistência na redução da informação, contida nas representações avaliadas.

Por outro lado, ressaltou-se que é necessário, ao se utilizar desses documentos, complementar as informações neles contidas por meio de práticas como, por exemplo, utilização de fotografias aéreas atualizadas, imagens de satélite com resolução compatível à necessidade do trabalho, bem como saídas a campo, para eventuais confirmações. Assim, não se descartou o uso desses produtos, mas sim, apontaram-se eventuais problemas ocasionados pela desatualização e inconsistência neles presentes.

REFERÊNCIAS

ARCHELA, R. S.; ARCHELA, E. 2008. Síntese Cronológica da Cartografia no Brasil. **Portal da Cartografia**, vol.1, n. 1, 2008.

BRASIL. **Parecer CNE/CES 492/2001**. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, de 4 de julho de 2001.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 6025, de 22 de janeiro de 2007, que institui o Programa de Aceleração do Crescimento- PAC, o seu comitê Gestor, e dá outras providências**. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, de 22 de janeiro de 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório de Inspeção Área atingida pela tragédia das chuvas Região Serrana do Rio de Janeiro**. Brasília: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2011

BRASIL. **Decreto-Lei 12.608 de 10 de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC**. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, de 10 de abril de 2012.

BESSA JÚNIOR, O.; DOUSTDAR, N. M.;CORTESI, L. A. Vulnerabilidade de municípios do Paraná aos riscos de desastres naturais. **Caderno IPARDES**, vol. 1, n. 1, 2011.

BOARD, C. Map reading tasks appropriate in experimental studies in cartographic communication. **The Canadian Cartographer**, vol. 15, 1978.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Geomorphology and River Management – Applications of river styles framework**. Oxford: Blackwell Publishing, 2005. 398p.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied Hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1994. 584p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 313p.

CONCAR. Legislação Cartográfica. Disponível em <www.concar.ibge.gov.br>, acessado em abril de 2013.

ELZAKKER, C. P. J. M. Van. **The Use of Maps in the Exploration of Geographic Data**. Tese de doutoramento, Netherlands Geographical Studies 326, ITC, Utrecht/Enschede. 2004.

- ESTES, J. E.; MOONEYHAN, D. W. Of Maps and Myths. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, vol. 60, n. 5, 1994. pp. 517-524.
- ORDNANCE SURVEY. Site <<http://www.ordnancesurvey.co.uk/oswebsite/>>, acessado em março de 2013.
- SLOCUM, T. A.; BLOK, C.; JIANG, B.; KOUSSOULAKOU, A.; MONTELLO, D. R.; FUHRMANN, S.; HEDLEY, N. R. Cognitive and Usability issues in Geovisualization. **Cartography and Geographic Information Science**, vol. 28, n. 1, 2001. pp. 61-75
- CAMARA, G.; SOUZA, R.C.M; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, May-Jun 1996.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.
- DALMOLIN, Q. **Ajustamento por Mínimos Quadrados**. 3ª Edição, Curitiba, 2010. 179p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Noções Básicas de Cartografia**. 1998. Disponível em <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/cartografia/nocoas_basicas_cartografia.pdf>, acessado em abril de 2013.
- INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS DO PARANÁ (ITCG). Disponível em <www.itcg.pr.gov.br>, acessado em abril de 2011.
- KOZCIAK, S. **Análise determinística da estabilidade de vertentes na bacia do rio Marumbi – Serra do Mar – Paraná**. Tese de doutoramento. Curso de Pós-Graduação em Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, 2005.
- KRAAK, M. J.; ORMELING, F. J. **Cartography, visualization of spatial data**. London: Longman, 1998. 222p.
- LAM, N. S.; QUATTROCHI, D. A. On the issues of scale, resolution, and fractal analysis in the mapping sciences. **The Professional Geographer**, vol. 44, n. 1, 1992. pp. 88-98.
- MAIA, P. H. P.; CRUZ, M. J. M.; SAMPAIO, M. C. Zoneamento dos aquíferos do Estado da Bahia. **Brazilian Journal Aquat. Sci. Technol.**, v. 13, n. 1, p. 45-52, 2009.
- MENDONÇA, A. L. A.; SLUTER, C. R. Análise da relação entre ensino e pesquisa em ciências geodésicas e a cobertura do mapeamento sistemático brasileiro. **Revista Brasileira de Cartografia**, Edição Especial 40 anos, nº 63, 2011.
- MONMONIER, M. **How to lie with maps**. Chicago: The University of Chicago Press, 1991. 176p.
- NOGUEIRA JÚNIOR, J. B. **Controle de qualidade de produtos cartográficos: uma proposta metodológica**. Presidente Prudente, 2003. Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Pós-graduação em Ciências Cartográficas da FCT/UNESP. 147p.
- ROBINSON, A. H. **The Look of Maps**. Madison: University of Wisconsin Press, 1952.
- ROBINSON, A. H.; MORRISON, J. L.; MUEHRCKE, P. C.; KIMERLING, A. J.; GUPTILL, S. C. **Elements of Cartography**. New York: John Wiley & Sons, 1995. 674p.
- SCHUMM, A. S. **The fluvial system**. New York: John Wiley & Sons, 1977. 338p.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **American Geophysical Union**, v. 38, p. 913-920, 1957.
- SUMMERFIELD, M. A. **Global geomorphology—an introduction to the study of landforms**. New York: John Wiley & Sons, 1991. 537p.
- ULTRAMARI, C.; HUMMELL, B. M. L. Espacializações das vulnerabilidades socioambientais no sul brasileiro. **REDES**, vol.15, n.1, 2010.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Topographic Mapping booklet (online version,), 2003. Disponível em <<http://egsc.usgs.gov/isb/pubs/booklets/topo/topo.html>>, acessado em outubro de 2011.