

ARTIGOS

CARTOGRAFIA DE ANÁLISE E DE SÍNTESE NA GEOGRAFIA

CARTOGRAPHY OF ANALYSIS AND SYNTHESIS IN GEOGRAPHY

Alfredo Pereira de Queiroz Filho

*Marcello Martinelli**

Resumo: Este artigo tem como objetivo discutir a cartografia de análise e de síntese dos pontos de vista da Cartografia Temática convencional e da Cartografia Temática assistida pelos Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Procura estabelecer as correspondências entre o vocabulário, os conceitos e práticas consagradas das referidas áreas, contribuindo para o uso integrado dos seus elementos fundamentais.

Palavras-chave: Cartografia de análise. Cartografia de síntese. Sistemas de Informações Geográficas. Cruzamento de mapas.

Abstract: This article has the purpose to discuss the analytical and synthetic cartography from the conventional Thematic Cartography and the assisted by Geographic Information Systems (GIS) Thematic Cartography view points. It tries to establish the correspondences between consecrated vocabulary, concepts and practices of the aforesaid areas contributing to the integrated use of its fundamental elements.

Key words: Analytical cartography. Synthetic cartography. Geographic Information Systems. Overlay maps.

* Professores do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). E-mail: aqueiroz@usp.br; cartotem@ig.com.br

1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos recentes, particularmente da informática e das telecomunicações, causaram um grande impacto na Cartografia. Com a significativa diminuição do custo de computadores, dos seus programas e da conexão com a Internet, aliada à criação de bases cartográficas e dados estatísticos no meio digital, os mapas se difundiram com velocidade e amplitude ainda maiores do que no período renascentista, quando a imprensa - de Gutenberg - foi utilizada para reproduzir mapas.

Entretanto, a decorrente facilidade de confecção dos mapas criou circunstâncias indesejáveis. Ainda que o número de pessoas que elabora mapas temáticos tenha aumentado substancialmente e a velocidade da sua produção tenha sido muito acelerada - o que a princípio é desejável -, muitos equívocos cartográficos têm sido gerados pela ausência de conhecimento dos fundamentos da Cartografia em geral, e da Cartografia Temática em particular.

Essa é uma das razões pela qual o relacionamento entre os profissionais de Cartografia Temática e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), nos seus primórdios, foi pouco harmonioso. Nos casos extremos, houve uma clara divisão entre as partes, criando uma falsa polarização entre o tradicional e o moderno, embasada por argumentos radicais de ambos os lados. Uma parte deles desqualificava o processo de elaboração de mapas no computador, afirmando que nenhuma interface gráfica permitia representar adequadamente a realidade espacial ou que seu uso empobrecia a capacidade de reflexão. Os argumentos dos usuários neófitos dos SIGs, em contrapartida, mencionavam que os conhecimentos da Cartografia Temática tinham perdido importância, pois os sistemas eram capazes de resolver os problemas de representação temática sem a orientação dos geógrafos ou outros estudiosos das mais variadas áreas de pesquisa.

O contexto desse artigo emerge do uso conjunto dos predicados das referidas áreas, pois se entende que a Cartografia Temática e os Sistemas de Informações Geográficas não só se complementam, como também se entrelaçam. Sua relação expressa muito mais a idéia de integração do que de substituição, assim como as circunstâncias profissionais dos autores desse artigo. Distintas gerações e especialidades estão unidas, com o propósito de reduzir eventuais resquícios de incompatibilidade entre os campos de conhecimento.

O objetivo é discutir a cartografia de análise e de síntese nos contextos da Cartografia Temática convencional e da Cartografia Temática assistida pelos Sistemas de Informações Geográficas. As principais questões que orientaram sua elaboração foram: o que são e quais as diferenças entre mapas de análise e de síntese? Quais são as operações que os caracterizam? O produto dos cruzamentos de planos de informações nos SIGs pode ser considerado mapa de síntese?

A principal contribuição do trabalho pode ser definida como a de uma proposta de tradução terminológica, que resgata conceitos e práticas consagradas da Cartografia Temática convencional e revela suas correspondências com os procedimentos dos Sistemas de Informações Geográficas.

2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A CARTOGRAFIA NA GEOGRAFIA

Para situar a questão dos mapas analíticos e de síntese na cartografia e o seu emprego na geografia é necessário resgatar momentos marcantes na história social da ciência dos mapas e da ciência do espaço social.

Um primeiro momento foi aquele que confirmou o homem como capaz, desde os primórdios de sua existência, de externar e registrar seu lugar de morada e seu modo de vida. Procedia, mediante expressões gráficas ou montagens de estruturas concretas, representações de seu espaço de vivência, onde exercia suas práticas sociais.

Passo a passo, com o acréscimo do saber organizado e das técnicas, a cartografia viveu forte desenvolvimento até chegar aos dias atuais, tendo a seu serviço um leque bastante amplo de conhecimentos científicos e de tecnologias bastante apuradas.

São reconhecidos memoráveis marcos dessa caminhada. Um que despontou, já em tempos não tão remotos, como motivador de um consistente avanço no seu afã de atender à demanda de mapas cada vez mais específicos, foi a afirmação de uma crescente solicitação desses mapas, por conta da sistematização dos vários ramos científicos operada no fim do século XVIII e início do século XIX.

Essa crescente busca de especialização na cartografia foi se cristalizando através de uma gradativa libertação do registro eminentemente analógico da superfície do terreno e dos objetos naturais e artificiais

instalados sobre aquela. Emergiram temas de estudo, oriundos do leque de ciências organizadas, cujas representações foram paulatinamente se acrescentando à topografia, que lhes garantia o suporte de localização, instituindo, assim, a cartografia temática.

Esses acréscimos foram primeiramente qualitativos, seja de aspectos concretos, como, por exemplo, o uso da terra, seja de manifestações sensíveis, porém invisíveis, como por exemplo, o magnetismo terrestre.

As representações quantitativas tiveram sua afirmação com certo atraso. Efetivaram-se somente a partir das contribuições trazidas por William Playfair, com as propostas de construção dos gráficos, que usara para ilustrar suas obras elaboradas no fim do século XVIII e início do XIX.

Com a revolução industrial operada desde a segunda metade do século XVIII até sua completa maturação, no final do XIX, assistiu-se a uma crescente busca e avaliação da mobilidade dos homens, das mercadorias, dos capitais, das informações, etc.. Com base nos gráficos de colunas trazidos por Playfair, que Minard os adaptara para representar quantidades movimentadas em trechos de determinado percurso, a cartografia temática, por obra deste último autor, transferiu em 1845, tais colunas, dispostas como largura de faixas, para a planimetria dos eixos viários sobre mapas, configurando, assim, a representação dos fluxos.

Pode-se dizer que, até aqui, a cartografia temática foi fiel ao raciocínio analítico promulgado em cada ciência na busca do conhecimento. Entretanto, várias concepções integradoras da realidade foram se desabrochando a partir da Geografia Regional de Paul Vidal de La Blache, estabelecida no final do século XIX, na França.

O estudo geográfico de La Blache se concluiu com uma classificação, com uma tipologia. O mestre estipulava o conceito de "Região" como uma unidade de estudo que exprimiria a forma dos homens organizarem o espaço terrestre. Região existiria de fato. O geógrafo as delimitava, descrevia e explicava. Região era a escala de análise, o âmbito espacial de estudo, com uma individualidade própria distinta das áreas circunvizinhas.

Pelos dados humanos colhidos na evolução da sociedade, a região era produto histórico que expunha as relações entre o homem e a natureza, o que constituiria o objeto de estudo da Geografia Regional.

Nesse contexto, a proposta da Geografia Regional de La Blache, recomendava a realização de estudos monográficos bastante completos de áreas selecionadas. Essas pesquisas, tendo a região como objeto de

análise, compunham-se de uma seqüência de itens temáticos, abrangendo todos os setores de exame, desde a natureza até os mais diferentes empreendimentos da sociedade. Como conclusão, anexava-se mapas referentes aos temas estudados, cuja sobreposição compunha, não só a síntese cartográfica das estruturas de relações entre os componentes da vida regional, como também a concepção da unidade homem - natureza. Revelar-se-ia, assim, a individualidade regional, de onde adviria o conceito de "gênero de vida".

No prefácio da primeira edição de seu atlas de 1894, o "Atlas général Vidal-Lablache: histoire et géographie", o autor dizia que pretendia dar uma visão raciocinada para cada território a ser estudado através do atlas. Iniciava a abordagem com o mapa político acompanhado pelo mapa físico, forma de entrever relações entre estes temas. Afirmava, ainda, que os traços que compunham a fisionomia dos territórios só adquiririam valor de noção científica quando vislumbrados no encadeamento do qual faziam parte. Completava o arrazoado ressaltando que a característica de um território resultava de um grande número de traços e da maneira que se combinavam e se modificavam, uns relacionados com os outros. Pode-se notar o empenho do autor em vislumbrar a síntese mediante a série de mapas que selecionava.

Em estudos mais completos, já na segunda década do século XX, Vidal entrevia certas cidades como agentes organizadores da região. Chamou este tipo de região de Região Nodal.

Com a chegada da Geografia quantitativa, na busca de uma renovação para a geografia, no fim década de 1960 e início da de 1970, congregando uma efetiva participação da matemática e da estatística com o apoio da informática e diretrizes voltadas à ação no planejamento, houve um esforço em se adentrar no campo dos métodos de análise multivariada. Ela foi amplamente trabalhada no mundo todo, empolgando estudiosos com seus resultados numéricos e objetivos, cuja interpretação possibilitaria a explicação da área objeto de estudo (MORAES, 1981).

Na promoção de uma renovação para geografia, proclamada a partir da década de 1970, na sua vertente crítica como uma Geografia Ativa, a região definia-se pela convergência e divergência de fluxos de toda espécie, delimitando-a como área de influência de uma cidade, um pólo regional, centro coordenador da organização espacial. Essa região tornou-se, assim, objeto de intervenção.

Mesmo na atualidade, com a forte expansão do capital hegemônico em toda parte do globo, a região persiste, mesmo cativa de mudanças aceleradas, porém ganhando o nobre crédito de articular a unidade entre a natureza e a sociedade e de confirmar a região como parte de uma totalidade (SANTOS, 1996).

Para corroborar a concepção da cartografia temática, envolvida, dentre outros setores científicos, também com a geografia, entra em cena um campo que se considera de vital importância, o da *cartografia de síntese*.

Sabe-se que a Cartografia de Síntese vinha sendo aplicada à Geografia desde o início de sua sistematização, quando colocada como ciência empírica, principalmente ao se preocupar com a conclusão de trabalhos científicos, no intuito de classificar os fatos referentes ao espaço, propondo tipologias formais. Estas eram obtidas a partir de análises por indução da realidade que se expunha ao domínio dos sentidos em seus aspectos visuais, mensuráveis, palpáveis.

Dentro de um contexto mais tradicional, além dos métodos gráficos e cartográficos, a síntese pode ser obtida também através de métodos estatístico-matemáticos, com resultados mais objetivos. Hoje, num plano mais avançado, a cartografia de síntese conta com um grande aliado - o Sistema de Informações Geográficas. Ele disponibiliza um conjunto de funções voltadas à integração de dados, dispostos em diferentes planos de informações ou *layers*, para se chegar a um mapa de síntese.

3 MAPAS DE ANÁLISE E DE SÍNTESE

3.1 Representações analíticas

As representações analíticas são aquelas que envolvem um raciocínio dirigido à análise do espaço geográfico, mobilizando procedimentos de classificação, de combinação e de busca das explicações sobre fatos ou fenômenos entrevistados nos mapas (Figura 1). Seriam construções racionais, cuja estrutura estaria expressa na legenda, organizada como um sistema lógico. As operações mentais empreendidas sobre mapas analíticos permitirão ao estudioso formular hipóteses sobre o que explicaria a geografia dos fenômenos. Entretanto, diante de uma crítica mais rigorosa, afirma-se que, eles por si só não seriam capazes de sugerir as causalidades ou de dar as explicações (RIMBERT, 1968; CLAVAL ; WIEBER, 1969).

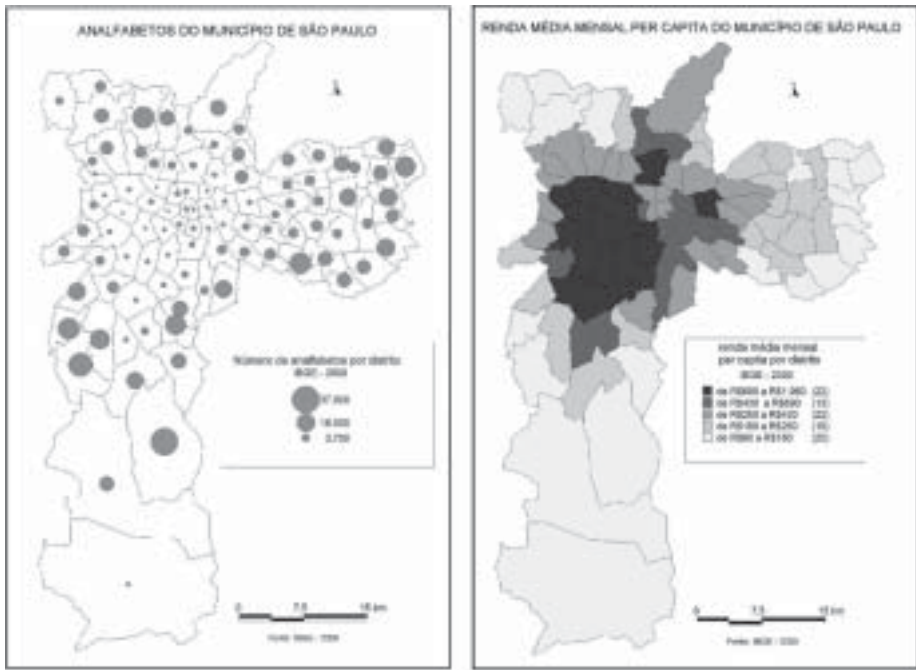


Figura 1: Exemplos de mapas de análise

Esses autores ainda dizem que o mapa analítico coloca à mostra direções dominantes, massas, agrupamentos, constelações e feixes que revelam a informação, da qual se pode tirar proveito. Ainda, o mesmo leva à colocação de uma série de questões, e são essas que pouco a pouco permitem chegar a novas descobertas. Recomendam ainda que, uma vez pronto o mapa, deve-se atentar para uma interpretação sistemática das configurações obtidas.

Pode-se verificar que é nesse nível de raciocínio que a realidade ou pelo menos alguns de seus componentes passam para uma abstração mediante lucubrações mentais que se expressam através de concepções intelectuais - os mapas. O perigo está em ocultar as estruturas e os valores sociais por trás do espaço abstrato "revelado" pela representação. É necessário atentar para que as regras rígidas da cartografia não deformem a realidade.

Rimbert (1968), em particular, afirma que entre os raciocínios de análise e de síntese se interporia uma etapa experimental, onde se testariam relações, variando determinados dados de análise (Figura 2). É

um momento experimental dos raciocínios envolvidos. É solicitado quando, ao procurar comparar duas séries de dados estatísticos, se questiona até que ponto certas particularidades de uma se reflete na outra. Porém, adverte que, mesmo uma multiplicidade destes testes não constituiria a síntese.

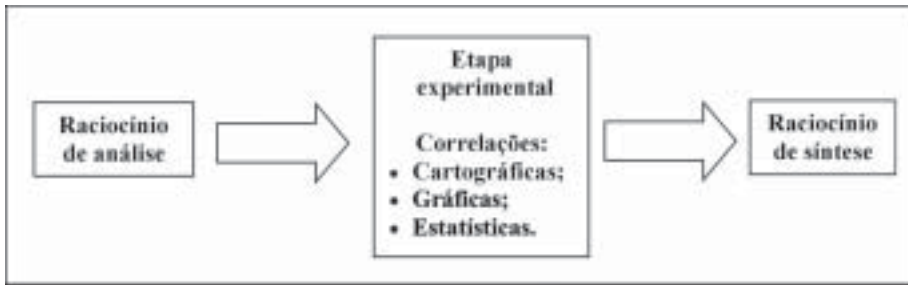


Figura 2: Representação gráfica da relação entre os raciocínios
Fonte: RIMBERT (1968)

Existem várias formas possíveis para verificar a correlação entre dados: as correlações cartográficas, as correlações gráficas e as correlações estatísticas.

De acordo com Schaefer (1953), as correlações cartográficas são processadas superpondo-se vários mapas isarítmicos transparentes para verificar se existem concentrações de fenômenos em certos lugares. Para saber se as concentrações indicam realmente relações ou simples convergências acidentais, é necessário recorrer ao campo ou à aplicação de um teste estatístico específico.

As correlações gráficas são executadas para comparar duas séries estatísticas, avaliando o grau de dependência entre elas, dispensando o controle cartográfico. Constrói-se um gráfico cartesiano com uma série em cada eixo. Se existir uma consistente correlação entre elas aparecerá uma concentração de pontos seguindo certo alinhamento. Caso contrário os pontos ficarão mais ou menos dispersos.

As correlações estatísticas definem coeficientes de correlação que podem ser expressos por gráficos de linhas, que irão indicar, de forma mais confiável, o tipo de relação que existe entre as duas séries. Se a linha for uma reta subindo da esquerda para a direita, trata-se de uma correlação positiva. Caso contrário, descendo, significa uma correlação negativa.

3.2 Representações de síntese

Para Claval e Wieber (1969), o mapa de síntese, teria como primeira função a de salientar as correlações, evidenciando conexões entre fenômenos distintos.

Os autores alertam que, nem sempre ao se superpor vários temas se consegue mostrar as ligações. Cada tema se perderia na confusão dos signos. Recomendam, então, superpor mapas temáticos simplificados, donde resultariam mais claras as relações espaciais. De qualquer forma, a síntese é uma necessidade, porém deve ser atendida de maneira que faça emergir, novas configurações que sejam completamente diferentes do que o resultado de uma simples soma das configurações elementares. Só assim, se obteria uma visão global da realidade (Figura 3).



Figura 3: Exemplo de mapa de síntese

O mapa de síntese, assim concebido, torna-se instrumento privilegiado do geógrafo que, na geografia humana, tem interesse nos estudos regionais. Entretanto, ele deve proceder seu uso com prudência, para que não aconteça de se obter configurações que não são as mais características. Atentar, assim, para não privilegiar fatos de ordem estática, nem dar muita importância às áreas homogêneas; ao contrário enfatizar mais os conjuntos funcionais ou polarizados.

Como um exemplo consistente desta cartografia pode ser citado aquele do mapa “Geossistemas do estado de São Paulo” elaborado por Troppmaier (2000). Representa a articulação espacial dos geossistemas no território paulista. O mapa mostra 15 unidades sintéticas identificadas e limitadas a partir da integração de elementos naturais e sócio-econômicos, como Clima, Geomorfologia, Solos, Água do solo, Classes de uso do solo, Hidrografia, Cobertura vegetal, Centros urbanos e Rede rodoviária. Dentre os 15 geossistemas, alguns mostraram forte vínculo com os compartimentos geomorfológicos, enquanto que outros exibiram relações, não menos importantes, com determinados aspectos ambientais.

A caracterização de cada unidade espacial ficou patente por incluir inter-relações, desde muito fortes até imperceptíveis, entre os componentes que participam do geossistema para formar o todo. O autor pôde constatar que aqueles que se destacaram pela atuação são dominantes, comandando e direcionando o conjunto. (Figura 4).



Figura 4: Exemplo de mapa de síntese
 Fonte: Geossistemas do estado de São Paulo (Troppmaier, 2000)

No mundo da natureza conta-se com certa estabilidade, principalmente geológica em períodos longos, com remodelações e acomodações empreendidas em períodos mais curtos. Os mais curtos são de ordem climática e os mais curtos ainda são devidos aos ritmos periódicos da vida vegetal e animal, com e sem a presença do homem.

Especificamente, no âmbito da Geografia Física, o tema Clima despontou como um dos primeiros assuntos a buscar uma cartografia de síntese, sendo a de Köppen a inicial.

Em tempos mais recentes, destacou-se a classificação de Strahler, de 1951, baseada nas massas de ar e em seus movimentos. No contexto do Brasil, de estados e municípios selecionados, são conhecidos, dentre outros, os trabalhos de Edmon Nimer, Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, José Roberto Tarifa e Gustavo Armani (Figura 5).



Figura 5: Exemplo de mapa de síntese do clima do estado de SP de Monteiro

O tema Relevo, desde cedo, também teve contribuições em termos de mapas de síntese. Destacaram-se as de Preston James, Finch e Trewartha. Para o Brasil e estados, dentre tantos, pode-se citar como recentes, as sínteses de Jurandyr Luciano Sanches Ross e dele com co-autores.

Outro campo de pesquisa que realizou cartografia de síntese foi a ecologia, de onde se pode enfatizar, numa nova revisão, o mapa das

“Regiões ecológicas do estado de São Paulo”, composto por Helmut Troppmair.

Apesar de todo esse lastro metodológico, estabelecido com a evolução da ciência cartográfica, observa-se que, no ambiente acadêmico que explora a cartografia temática, existe ainda muita confusão sobre o que viria a ser uma cartografia de síntese.

Muitos a concebem, ainda, mediante mapas ditos “de síntese”, porém, não como sistemas lógicos, e sim como superposições ou justaposições de análises. Resultam, portanto, mapas muito confusos onde se acumula uma multidão de hachuras, cores e símbolos, até mesmo índices alfanuméricos, negando a própria idéia de síntese. A Figura 6 ilustra um mapa temático exaustivo com sobreposição de atributos e variáveis que seria equivocadamente interpretado como de síntese.



Figura 6: Exemplo equivocado de mapa de síntese

Na síntese, não se pode mais ter os elementos em superposição ou em justaposição - característica básica dos mapas analíticos exaustivos -, e sim a fusão deles em tipos - unidades taxonômicas. Isto significa que, no caso dos mapas, devem-se identificar agrupamentos de unidades espaciais elementares caracterizadas por agrupamentos dos seus atributos ou

variáveis. Ou ainda, obter agrupamentos de tais unidades em função de vários critérios e mapear os resultados obtidos (RIMBERT, 1968).

Para esclarecer o que vem a ser um raciocínio de síntese, toma-se de empréstimo o trabalho experimental feito por Gimeno em 1980, junto a escolares do ensino fundamental em Paris. Tratava-se de descobrir que agrupamentos poderiam se formar num conjunto de 42 dados elementares: sete objetos relacionados a seis atributos. A figura 7 ilustra a passagem do momento analítico, onde, numa matriz, cada objeto se relaciona a um ou mais atributos, para o de síntese, obtido com reiteradas permutações entre colunas e linhas da matriz, revelando três grupos de objetos caracterizados por três grupos de atributos. Assim, o tratamento gráfico dos 42 dados possibilitou que fosse revelada a seguinte informação: os objetos formam três grupos caracterizados por três grupos de atributos. O grupo de objetos "A" é caracterizado pelo grupo "I" de atributos; o grupo de objetos "B" é qualificado pelo grupo "II" de atributos (um só atributo); o grupo de objetos "C" é assinalado pelo grupo "III" de atributos.



Figura 7: Passagem do momento analítico para o de síntese.

Para empreender uma cartografia de síntese da geografia de uma área de estudo, tradicionalmente, sempre se considerou como ponto de partida a superposição e a combinação manual de vários mapas temáticos analíticos. Isso mostrou que, desde o começo, teria havido

certa tendência a determinado esforço em prol de se trabalhar dados, de forma multivariada.

Assim, conforme objetivos e campos de estudo estipulados, a cartografia de síntese pode ser realizada por métodos tradicionais, eminentemente gráficos e cartográficos ou por métodos estatístico-matemáticos, envolvendo dados qualitativos, ordenados ou quantitativos, referentes a entidades como, pontos, linhas e áreas.

Para os procedimentos estatístico-matemáticos, com o advento da informática, disponibilizaram-se muitos programas específicos e, mais recentemente, passou-se a contar também com a participação de funções específicas disponíveis nos Sistemas de Informações Geográficas.

4 PRINCIPAIS MÉTODOS DA CARTOGRAFIA DE SÍNTESE

4.1 Procedimentos convencionais

4.1.1 Métodos gráficos e cartográficos

Existe uma boa variedade de métodos gráficos e cartográficos que foram sendo desenvolvidos ao longo da busca de uma cartografia de síntese, principalmente no domínio da cartografia temática.

Bertin (1973; 1977), Bonin (1980), Gimeno (1980), Bord (1984), Bonin e Bonin (1989), Blin e Bord (1993) e discípulos colocam a cartografia de síntese como uma representação capaz de mostrar em mapa os agrupamentos de lugares caracterizados por agrupamentos de atributos. Consideram vários procedimentos: Superposição tricromática, Método cartográfico e Métodos matriciais.

Na Superposição tricromática trabalhar-se-iam mapas de atributos selecionados na mesma escala. Podem ser superpostos de três em três. Basta que sejam realizados em transparências, nas cores, azul (*cyan*), amarelo (*yellow*) e vermelho (*magenta*), as três cores primárias da síntese cromática subtrativa. A superposição permitiria delimitar conjuntos espaciais caracterizados por distintas combinações dos três atributos, revelados pelas cores secundárias resultantes.

No Método cartográfico, a síntese seria feita a partir de mapas analíticos, em três passos:

- 1) Coleção de mapas temáticos resolvidos em ordem crescente de valores cromáticos (um para cada atributo selecionado);

2) Mapas de síntese intermediários definindo um primeiro nível de agrupamento espacial;

3) Mapa de síntese final com os tipos de espaços.

Nos Métodos matriciais, a síntese seria obtida a partir de uma tabela de dados de dupla entrada: nas colunas seriam indicados os lugares, nas linhas os atributos e nas células, a presença ou ausência ou a classe de ordem ou, ainda, o valor absoluto ou relativo de tais atributos. Esta tabela é transcrita para uma forma gráfica, como um quadriculado, com células, as quais serão preenchidas de preto ou branco, para o primeiro caso, por uma ordem de valores visuais, no segundo e por tamanhos proporcionais, no último caso.

Para o caso de um exemplo cujos dados constituem uma série geográfica, forma-se uma matriz ordenável, que aceita permutações tanto das linhas como das colunas. Essas permutações serão feitas através de reiteradas aproximações entre as linhas e entre as colunas até se avizinhar as que mais se assemelham, obtendo-se uma segunda imagem - a matriz ordenada -, que deve ser interpretada. Isto significa individualizar sobre esta matriz, os agrupamentos de lugares que se formaram, sendo caracterizados por agrupamentos de atributos, orientando a construção da legenda. O agrupamento das células individuais sobre a matriz ordenada guiará a configuração dos agrupamentos no espaço, que serão delimitados sobre o mapa, correspondendo à síntese (Figura 8, na próxima página).

No campo da ecologia, o botânico Gaussen, na metade do século XX, também introduziu a síntese por métodos gráficos e cartográficos. Explorou a síntese cromática através dos mapas. Procedia atribuindo uma cor a cada fator ecológico representado, seguindo fielmente o aspecto conotativo da cor. A umidade seria representada em azul, o calor pelo vermelho e, a cada matiz definida, atribuir-se-ia uma variação de valor, do claro para o escuro, conforme a menor ou maior participação do fator.

Assim, ao se superpor um mapa das precipitações (em azuis) ao das temperaturas (em vermelhos), as regiões quentes e úmidas apareceriam em violeta, enquanto as áreas frias e secas ficariam praticamente em branco. As demais situações adquiririam cores e tonalidades intermediárias. Revelar-se-iam, assim, regiões naturais caracterizadas por regimes pluviotérmicos.

A partir da análise visual da nuvem de pontos resultante, agrupam-se os lugares segundo categorias definidas pela posição que ocupam no triângulo. Às vezes os agrupamentos não são tão fáceis de serem discernidos. Exige-se um controle mais apurado. As categorias, assim definidas, serão depois transferidas para o mapa, o qual representará a síntese de estruturas ternárias agrupadas em classes significativas. O gráfico triangular será sua legenda, dando transparência total ao raciocínio empreendido na construção do mapa.

Em geral, a cartografia de síntese trabalhada por métodos gráficos e cartográficos é explorada junto a situações estáticas. Mas é possível elaborá-la também para abordagens dinâmicas. Considere-se o exemplo que leva ao estabelecimento de tipos de evolução da população para o estado de São Paulo no período 1970/2000, com os dados de 1970, 1980, 1990 e 2000.

Para se chegar a esta síntese pode-se fazer um tratamento gráfico dos dados, que consiste em elaborar um diagrama evolutivo em *monolog* para cada unidade de observação. Depois de prontos, estes serão classificados visualmente, aproximando aqueles que mais se assemelham, procurando formar grupos com características similares de evolução. Cada grupo constituirá um "tipo" que será qualificado na legenda por um signo e respectivo epíteto expresso de forma concisa, como:

- Crescimento forte praticamente constante;
- Crescimento forte na primeira década seguido de decréscimos fracos e progressivos;
- Crescimento de médio a forte seguido de decréscimo na última década;
- Crescimento médio na primeira década seguido de crescimento um pouco mais forte;
- Crescimento médio quase constante.
- Crescimento fraco na primeira década seguido de quase estabilidade;
- Decréscimo forte na primeira década seguido de crescimento médio quase constante;
- Decréscimo médio na primeira década seguido de quase estabilidade.

Cada rubrica da legenda, assim especificada, receberá um signo, uma cor ou textura indicadora para ser lançada no mapa que expressará a síntese (Figura 9, na próxima página).

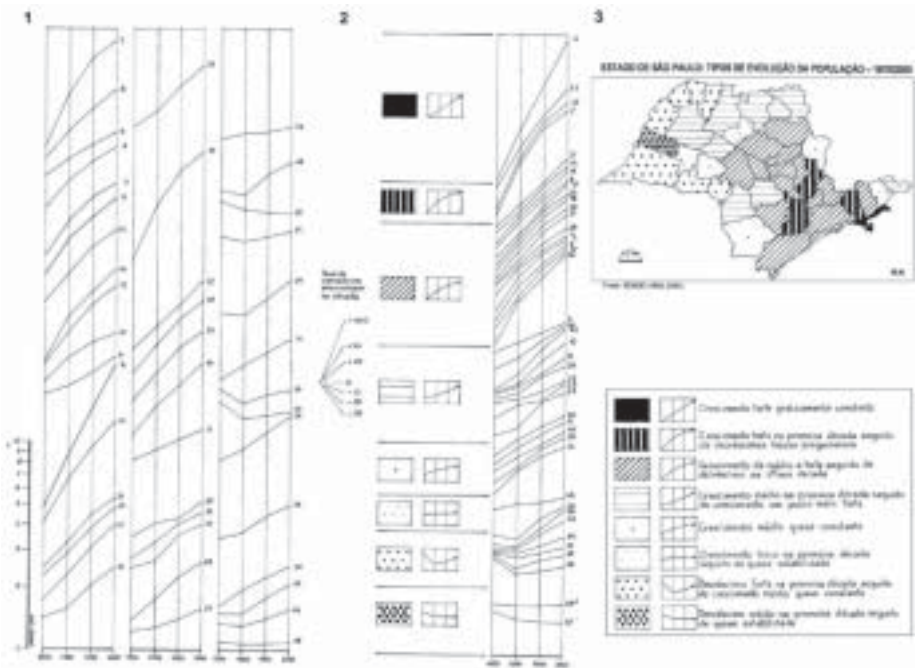


Figura 9: exemplo de método gráfico para a elaboração do mapa de síntese, “Tipos de evolução da população - 1970/2000”

4.1.2 Métodos estatístico-matemáticos

A síntese obtida através de métodos estatístico-matemáticos, com certeza, oferecerá resultados mais objetivos, menos sujeitos às interpretações visuais. Ingressar-se-á, assim, no domínio do tratamento e representação da informação quantitativa multivariada.

Essa forma de análise é denominada de multivariada, pois trata um conjunto de variáveis geográficas por meio de diversos atributos quantitativos. Abriu-se, assim, o campo dos mapas multivariados, que podem expressar uma síntese cartográfica.

Para manusear um conjunto razoavelmente grande de variáveis quantitativas caracterizadoras de unidades geográficas elementares, para o qual se deseja obter a síntese, é muito comum a adoção dos métodos da Análise fatorial (*Factor analysis*), complementada pelo da Análise de agrupamento (*Cluster analysis*).

A análise fatorial é bastante difundida e consiste num procedimento que faz o papel de comparar vários mapas temáticos de dados quanti-

tativos, absolutos ou relativos. Ela é utilizada em trabalhos que exigem o estudo de diversas variáveis ao mesmo tempo.

Parte-se de uma matriz de dupla entrada, que dispõe as unidades geográficas nas colunas e o nome das variáveis nas linhas. Nas células vão os respectivos valores. Calcula-se o índice de correlação (*Pearson product moment*) entre cada par de variáveis, estabelecendo os resultados numéricos numa matriz, que será simétrica. Em seguida, avalia-se a proporção da variação total em porcentagem entre as variáveis que se acumula em cada fator. Cada fator representa um grupo de variáveis. Mostra-se a seguir, as ponderações de cada uma das variáveis individualmente nos fatores, organizando uma matriz de unidades geográficas por fatores (bastam os dois primeiros). Os resultados desses tratamentos feitos até aqui podem ser visualizados por gráficos ou por mapas adequados a esse fim.

Agora é chegada a vez de se aplicar a Análise de agrupamento aos fatores, que se exhibe visualmente através de uma árvore de ligações, um dendrograma. Representa, portanto, uma classificação em base multivariada. Sobre o dendrograma se decide por certo nível de agregação para cortá-lo, de modo a obter um razoável número de grupos de unidades espaciais, tal que, em cada um haja uma aceitável cotação de mínima variância intra-grupos e de máxima variância inter-grupos (ver Figura 13). A cartografia dos grupos significa a síntese em mapa.

4.2 Procedimentos nos Sistemas de Informações Geográficas

Conforme Tomlinson (1972), um SIG é um tipo de sistema caracterizado pela natureza espacial das informações. Segundo Marble *et al* (1984), Burrough (1986) e Aronoff (1989) os SIGs são sistemas voltados à aquisição, análise, armazenamento, manipulação e apresentação de dados referenciados espacialmente. Para Rodrigues (1990), os SIGs podem ser entendidos como modelos do mundo real úteis a certo propósito. Subsidiaram o processo de observação, de atuação e de análise dos fenômenos da superfície terrestre.

Considerando o propósito deste artigo, é importante realçar - dentre os inúmeros aspectos dos SIGs - dois modelos que são utilizados em distintos níveis, os conceituais e de dados. Os modelos conceituais dos fenômenos geográficos são usualmente denominados como campos ou objetos.

De acordo com Câmara (1986), o modelo de campos enxerga o mundo como uma superfície contínua, sobre a qual os fenômenos geográficos variam conforme padrões distintos de distribuição. O modelo de objetos representa o mundo como uma superfície ocupada por objetos identificáveis, com geometria e características próprias.

Esses modelos conceituais são representados matematicamente pelos modelos de dados geográficos, denominados como vetorial ou matricial (*raster*). Eles definem a forma pela qual o fenômeno será representado, identificado, medido ou registrado.

Embora os campos sejam usualmente representados no formato matricial e os objetos expressos na forma vetorial, isso não implica que haja uma regra. Num mapa de solos, por exemplo, a classe latossolo vermelho-amarelo é considerada como campo – pois é tratada como uma superfície contínua –, mas pode ser representada pelos modelos de dados matricial ou vetorial.

Os procedimentos mais comuns de análise espacial dos SIGs estão diretamente relacionados com os modelos de representação de dados geográficos. De acordo com Burrough; McDonnell (1998), as principais formas de análise de dados para o modelo objeto são as operações sobre seus atributos, distância/localização e sobre sua topologia. A forma mais importante de análise de dados proporcionada pelo modelo de campos é a álgebra de mapas (Tomlin, 1990).

Tendo em vista a amplitude de cada um desses meios de análise, optou-se por restringir os exemplos de mapas de síntese nos SIGs aos procedimentos mais usuais dos geógrafos, como a álgebra de mapas e o tratamento estatístico de dados, apresentados e discutidos sumariamente nos próximos itens.

4.2.1 Álgebra de mapas

As álgebras de mapas são procedimentos matemáticos realizados a partir de operações booleanas. Elas são, em essência, estruturas algébricas que utilizam operações lógicas E, OU e NÃO, e operações da teoria de conjuntos, tais como soma, produto e complemento. São assim denominadas em homenagem a George Boole, matemático inglês, que as definiu, em meados do século XIX.

Os SIGs utilizam esses operadores lógicos para realizar cruzamentos entre dois ou mais planos de informação (*layers*). A grande vantagem do uso dessa estrutura é a sua simplicidade e aplicabilidade, pois são análo-

gas ao tradicional método de sobreposição de mapas empregando mesas de luz, mencionado no item anterior.

Segundo Câmara (2001), são exemplos dessas operações:

- Operação lógica do tipo A AND B, que retorna todos os elementos contidos no conjunto de intersecção entre A e B;
- Operação A NOT B, cujo resultado consiste nos componentes contidos exclusivamente no conjunto A;
- Operação A OR B, que retorna todos os elementos contidos tanto em A, como em B;
- Operação A XOR B, cujo resultado indica todos os componentes contidos em A e B, não incluídos na intersecção de A e B.

Os dois principais exemplos de álgebra de mapas, aqui abordados, são os mapas de síntese realizados com dados qualitativos e com dados quantitativos. Embora, nos dois casos, seja necessária a conversão dos mapas em representações numéricas (formato matricial), as operações qualitativas se diferenciam das quantitativas, pois seus valores numéricos não representam um valor, ponderação ou peso dos respectivos atributos.

4.2.1.1 Álgebra de mapas com dados qualitativos

Como já foi mencionado, a essência dos procedimentos da mesa de luz e da álgebra de mapas é muito parecida. Na mesa de luz, os distintos mapas de uma mesma região - representados sobre transparências e na mesma escala - são sobrepostos. Dessa forma, o pesquisador pode visualizar novas conformações espaciais e cores, ou níveis de cinza, nas áreas onde há superposição de classes diferentes.

Nos SIGs, o processo de álgebra de mapas com dados qualitativos é semelhante, exceto pela codificação numérica de cada uma das rubricas de um mapa. No mapa geológico, por exemplo, cada ocorrência é associada a um número diferente, como, por exemplo, cristalino = 1 e sedimentar = 3 (Tabela 1). Esse número ou identificador da rubrica não representa uma nota, peso ou valor, e é selecionado pelo pesquisador nas operações de entrada de dados ou de reclassificação.

Esse mapa, composto por atributos numéricos, é visualizado por meio de uma tabela de cores¹. Ao invés de representar esses números na tela

¹ As paletas contendo distintos níveis de cinza ou cores são comumente denominadas como "tabela de cores" entre os usuários dos SIGs.

do computador, a interface do SIG os converte e exibe as cores ou níveis de cinza correspondentes de uma paleta. Por exemplo: a rubrica cristalino, associada ao número 1, corresponde à primeira cor ou nível de cinza de uma tabela de cores. Como a paleta utilizada, na Figura 10, representa níveis de cinza e é ordenada, o cristalino corresponde ao cinza claríssimo. Da mesma forma, a classe sedimentar, associada ao número 3, equivale ao cinza claro.

Dessa maneira, as operações lógicas - ou de soma -, entre os mapas são realizadas numericamente, mas os resultados são visualizados, automaticamente, de acordo com a tabela de cores escolhida. O usuário pode criar novas paletas ou adotar tabelas de cores previamente definidas para visualizar os mapas, sem que isso altere seus atributos numéricos.

Mapa	Classe	Tabela de cores do SIG	
		Número	Valor visual
Geologia	Cristalino	1	Cinza claríssimo
Geologia	Sedimentar	3	Cinza claro
Relevo	Planalto	11	Cinza claro médio
Relevo	Planície	15	Cinza médio
Uso e cobertura do solo	Culturas	21	Cinza médio escuro
Uso e cobertura do solo	Florestas	24	Cinza escuro

Tabela 1: Relação das rubricas temáticas, cores ou níveis de cinza e números

A Figura 10 ilustra o cruzamento dos planos de informação (*layers*) de acordo com os dados da tabela 1. O mapa do relevo possui duas rubricas, planalto e planície, associadas aos números 11 e 15 respectivamente. Quando cruzadas com as classes da Geologia, a resultante é um mapa que contém distintos contornos e níveis de cinza. O planalto cristalino, como o próprio nome diz, representa as áreas onde ocorre o cristalino e, simultaneamente, o planalto. Corresponde ao número 12, que consiste na soma dos seus valores de origem (cristalino = 1 + planalto = 11), e é visualizado no respectivo nível de cinza (12) da tabela de cores. O planalto cristalino, por sua vez, quando cruzado com os usos e coberturas da terra (culturas = 21 e floresta = 24), gera duas novas áreas (I e II), com níveis de cinza 33 e 36, respectivamente.

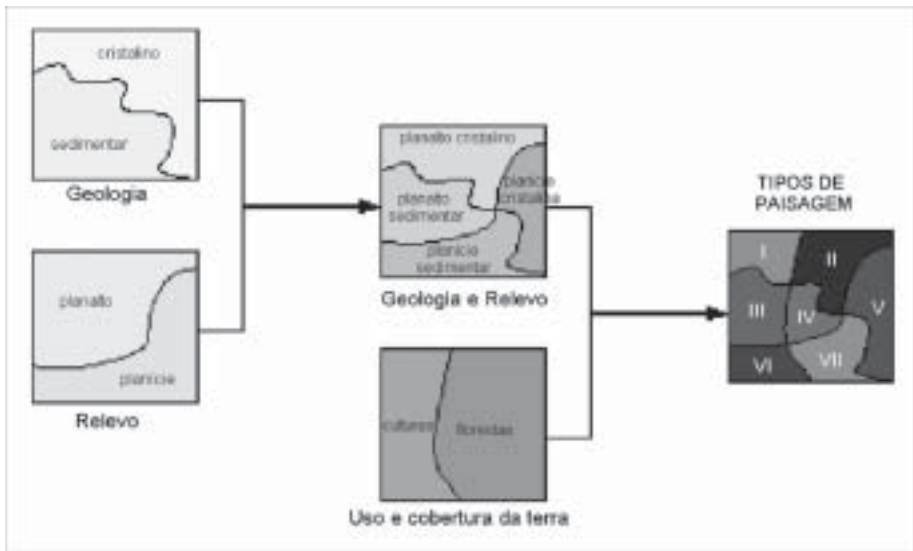


Figura 10: Esquema de elaboração de mapa de síntese qualitativo

O resultado do cruzamento é um mapa com sete tipos de paisagem distintos, que expressam a sobreposição dos contornos espaciais dos mapas utilizados. A definição da legenda desse mapa de síntese consiste em atribuir epítetos aos tipos de paisagem resultantes.

Um exemplo de legenda pode ser observado a seguir:

PAISAGENS NATURAIS

- II. Paisagem de florestas em planaltos cristalinos (nível de cinza = 36).
- IV. Paisagem de florestas em planaltos sedimentares (nível de cinza = 38).
- V. Paisagem de florestas em planícies cristalinas (nível de cinza = 40).
- VII. Paisagem de florestas em planícies sedimentares (nível de cinza = 42).

PAISAGENS CULTURAIS

- I. Paisagem de culturas em planaltos cristalinos (nível de cinza = 33).
- III. Paisagem de culturas em planaltos sedimentares (nível de cinza = 35).
- VI. Paisagem de culturas em planícies sedimentares (nível de cinza = 39).

4.2.1.2 Álgebra de mapas com dados quantitativos

O segundo exemplo de mapa de síntese é o mapa de vulnerabilidade à erosão, também caracterizado pela soma dos atributos. Será aqui

considerado como um mapa de síntese aplicada, pois atribui pesos às variáveis (ver mais detalhes no item Considerações Finais). Ele foi extraído de Queiroz Filho *et al* (1999), que o empregou como parte da metodologia para realizar uma proposta de zoneamento do Parque Estadual de Guajará Mirim - RO, e será descrito a seguir.

Esse mapa de vulnerabilidade à erosão foi elaborado a partir da adaptação da metodologia proposta pelo INPE (1996), que desenvolveu um modelo baseado no conceito de ecodinâmica de Tricart (1997). Essa análise morfodinâmica das unidades de paisagem natural é feita a partir da relação dos processos de morfogênese/pedogênese. Quando predomina a morfogênese, prevalecem os processos erosivos modificadores das formas de relevo (unidade instável) e, quando predomina a pedogênese, prevalecem os processos formadores de solos (unidade estável).

As etapas realizadas para a geração de uma carta de síntese foram:

- Compilação e/ou produção da base cartográfica (Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Cobertura vegetal);
- Elaboração de tabelas associando as classes temáticas aos valores de vulnerabilidade de erosão;
- Conversão dos dados vetoriais (mapas temáticos digitalizados) para o formato matricial;
- Cruzamento dos mapas temáticos.

Essas tabelas, que quantificam os dados dos mapas, foram criadas segundo um modelo que estabelece classes de vulnerabilidade à erosão. As classes são distribuídas entre as situações de domínio dos processos de pedogênese (valores próximos de 1,0), passando por situações intermediárias (valores próximos de 2,0) e situações de preponderância dos processos de morfogênese (valores próximos de 3,0).

O modelo é aplicado a cada uma das classes separadamente, ou seja, à Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Vegetação. Após a criação dessas tabelas, os mapas temáticos foram exportados do formato vetorial para o matricial. O passo seguinte foi substituir o valor dos polígonos (atributo), das variadas classes, pelos respectivos valores de vulnerabilidade das tabelas.

A atividade posterior foi o cruzamento dos mapas (*overlay*). Nesta operação booleana, os atributos de cada mapa foram sendo somados a cada cruzamento (sobrepostos dois a dois), até que todos os temas

tivessem sido cruzados. A Figura 11 ilustra o processo para a geração de uma carta de síntese com dados quantitativos.

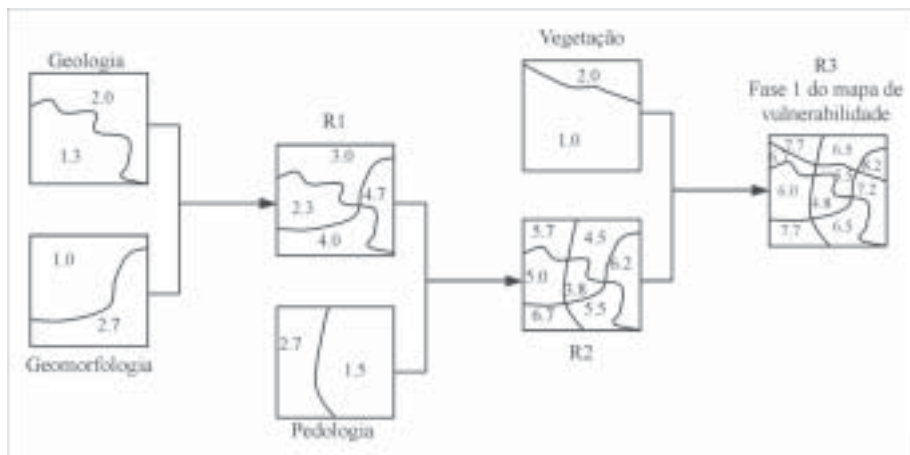


Figura 11: Representação do cruzamento de mapas com dados quantitativos (fase 1)
 Fonte: Queiroz Filho *et al* (1999)

O resultado dos cruzamentos (R3) é um mapa que contém a soma de todos os valores de vulnerabilidade à erosão dos mapas temáticos da região. Para concluir o processo, conforme ilustra a Figura 12, é necessária a divisão dos valores totais por 4 (número de mapas cruzados), para a obtenção da média dos valores de vulnerabilidade (R4). Esses valores são substituídos por unidades, conforme as classes correspondentes da tabela 2, e a carta de vulnerabilidade é gerada (R5).

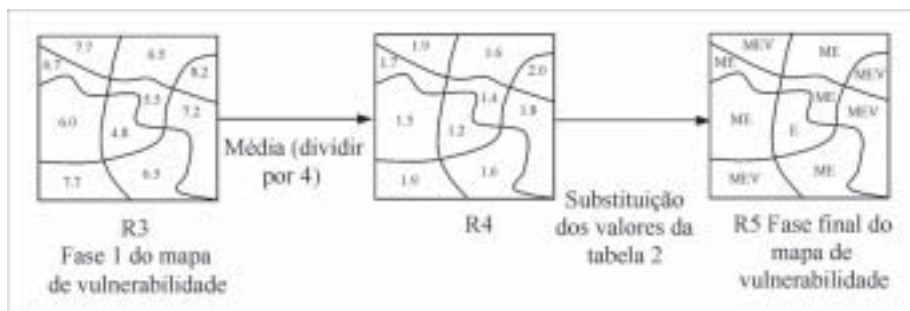


Figura 12: Atribuição de unidades taxonômicas (fase 2)
 Fonte: Queiroz Filho *et al* (1999)

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA			UNIDADES TAXONÔMICAS GRAU DE VULNERABILIDADE
U1	↑ V U L N E R A B I L I D A D E ↓	3.0	↓ E S T A B I L I D A D E ↓	VULNERÁVEL (V)
U2		2.9		
U3		2.8		
U4		2.7		
U5		2.6		
U6		2.5		
U7		2.4		
U8		2.3		
U9		2.2		
U10		2.1		
U11		2.0		
U12		1.9		
U13		1.8		
U14		1.7		
U15		1.6		
U16		1.5		
U17		1.4		
U18		1.3		
U19		1.2		
U20		1.1		
U21		1.0		

Tabela 2: Representação da vulnerabilidade/estabilidade das unidades taxonômicas
 Fonte: INPE (1996)

Em resumo, a carta de vulnerabilidade à erosão é um mapa de síntese aplicada, por causa da atribuição de pesos, produzido a partir de dados quantitativos. O produto do cruzamento de distintos tipos de informações (*layers*) salienta correlações que evidenciam a conexão entre fenômenos e a percepção de novas configurações espaciais. Seu resultado não expressa a simples soma de configurações elementares, mas o agrupamento de unidades taxonômicas em função de vários critérios.

4.2.2 Tratamento estatístico de dados nos SIGs

A manipulação estatística dos atributos dos mapas é considerada idêntica nos processos convencionais e no ambiente dos SIGs. Embora a velocidade, a interatividade e a variedade de programas para tratamento de informações sejam distinções inquestionáveis, a essência dos procedimentos para produção de mapas de síntese pode ser considerada similar em ambos os meios.

De acordo com Landim (2000), a análise multivariada integra uma área da estatística que trata das relações entre as variáveis. Nesse tipo

de análise, os valores das diferentes variáveis de um mesmo indivíduo devem ser interdependentes e consideradas simultaneamente.

Os métodos mais utilizados nos mapas de síntese podem ser resumidos em análise fatorial e análise de agrupamentos (*cluster*). Embora sejam operações complexas do ponto de vista teórico e operacional, essas análises são realizadas por diversos tipos de programas de estatística, como Minitab, SAS, S-Plus e Statistica; pelas extensões das planilhas de cálculo, como WinSTAT do Excel, além dos SIGs, como o Idrisi, Spring e o Philcarto.

Para ilustrar o processo de elaboração dos mapas de síntese com tratamento estatístico de dados quantitativos, optou-se pelo método da análise de agrupamento do PhilCarto². Esse programa foi selecionado por dois critérios fundamentais: é gratuito e tem interface na língua portuguesa. Os dados utilizados foram da população economicamente ativa do estado de São Paulo, segundo as regiões administrativas, em 1991, e das Subprefeituras do município de São Paulo, usados nos cursos de Cartografia Temática, do Departamento de Geografia (FFLCH - USP).

As etapas requeridas para a análise multivariada foram as seguintes:

- Importação e manipulação da base cartográfica. Os dados produzidos pelo IBGE, no formato Shape (do programa ArcView), foram convertidos para o formato do PhilCarto com o programa Xphil (também gratuito e obtido no mesmo endereço);
- Criação do arquivo de dados numa planilha (usou-se o Excel);
- Manipulação do programa PhilCarto.

O programa PhilCarto oferece duas alternativas para a análise multivariada. No módulo PRO, opção MULTI, além da análise de agrupamentos (*cluster analysis*) - que é explorada no artigo -, é possível realizar a análise fatorial, por meio de técnicas das componentes principais e a análise fatorial das correspondências.

A operação da análise de agrupamentos é muito simples. Após selecionar as variáveis que serão analisadas e definir se os dados são absolutos (opção: correspondências) ou relativos (opção: medidas), é necessário usar a seta do *mouse* para "cortar" a árvore e decidir pelo número de agrupamentos.

² O programa PhilCarto pode ser obtido gratuitamente em <<http://philgeo.club.fr/Index.html>> Acesso em: 5 mai. 2007.

Nessa função, as unidades espaciais são agrupadas conforme a proximidade entre os valores das suas variáveis. Os grupos assim formados possuem mais elementos que se assemelham do que se diferenciam. Esse agrupamento é visualmente representado por meio de um dendrograma ou árvore de ligações, que contém os grupos de unidades espaciais estabelecidos pelo programa. Recomenda-se posicionar o cursor em vários setores dessa árvore, para que o usuário experimente visualizações alternativas dos mapas finais com número adequado de grupos de unidades espaciais (Figura 13).

TIPOS DE QUALIDADE DE VIDA DAS SUBPREFEITURAS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

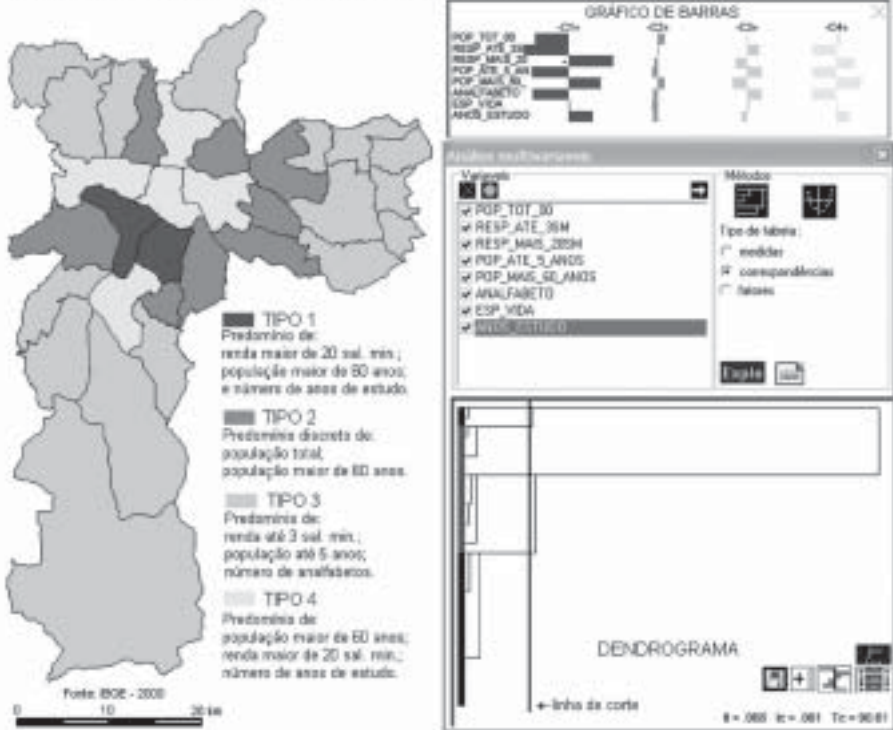


Figura 13: Mapa dos tipos de qualidade de vida das Subprefeituras do município de São Paulo

Na Figura 13, as Subprefeituras do Município de São Paulo foram agrupadas nos tipos de qualidade de vida 1, 2, 3 e 4. Esses tipos são caracterizados pelo predomínio das médias de certas variáveis, ilustra-

do pelo gráfico de barras³. As variáveis utilizadas foram: população total em 2000, número de responsáveis por domicílios que ganham até 3 salários mínimos, responsáveis que ganham mais de 20 salários mínimos, número de pessoas até 5 anos de idade, número de pessoas acima de 60 anos, número total de analfabetos, esperança de vida e número de anos de estudo.

Como mostra o gráfico de barras da Figura 13, o tipo de qualidade de vida 1 (cinza escuro) se destaca pelo predomínio de renda maior do que 20 salários mínimos; no tipo 2 (cinza médio), há um discreto predomínio da população total e da com mais de 60 anos; o tipo 3 (cinza claro) destaca-se pela preponderância da população que ganha até 3 salários mínimos, da população de até 5 anos de idade e do número total de analfabetos e, o tipo 4 (cinza claríssimo), caracteriza-se pela prevalência da população com mais de 60 anos, renda acima de 20 salários e número médio de anos de estudo mais elevado.

Embora o grau de dificuldade para realização desse procedimento seja muito baixo, é primordial que os fundamentos da interpretação dos resultados sejam compreendidos. Para auxiliar a interpretação, deve-se visualizar os perfis médios das classes. Esse procedimento é válido para demonstrar quais as “características estatísticas” dos grupos de subprefeituras, obtidos a partir da decisão do operador em fazer o corte na árvore. O gráfico de barras opostas indica os desvios padrão de cada grupo em torno da respectiva média.

É importante salientar que o PhilCarto também possui outro dispositivo útil para a elaboração de um mapa de síntese. No caso particular do usuário possuir uma série de dados que são estruturas ternárias formadas por três componentes colineares de uma série de lugares, cuja soma seja constante, igual a 100%, há a possibilidade de se usar um diagrama triangular. Da mesma forma que a proposta de Martinelli (1992 e 2003a e

³ Deve-se observar que: cada agrupamento espacial do mapa possui um gráfico de barras (uma barra para cada uma das variáveis). O eixo central do gráfico representa a média da variável em relação ao restante das unidades espaciais do mapa. A partir desse eixo central, cada barra parte para a direita ou para esquerda. Se a barra for representada à direita do eixo central, significa que a média das unidades do grupo é superior à média do todo. Caso a barra estiver à esquerda do ponto central, mostra que a média das unidades do grupo é inferior à média do todo. O tamanho da barra representa o desvio padrão de cada grupo.

2003b), o usuário dispõe os três componentes em cada eixo do triângulo, numa escala de 0 a 100%. Com a inserção, no interior do triângulo, dos pontos que representam as estruturas sócio-profissionais dos lugares, forma-se uma nuvem de pontos, sendo possível dividi-la manual ou automaticamente a fim de identificar grupos de lugares com estruturas similares, definindo-se, assim o número, o epíteto e o signo representativos dos grupos legendados (Figura 14).



Figura 14: Mapa dos tipos de estruturas da população economicamente ativa SP- 1991

É possível notar, na Figura 14, que o grupo 1 (cinza claro) é caracterizado por um relativo equilíbrio entre a população economicamente ativa dos setores primário e terciário das Regiões Administrativas do Estado de São Paulo. O grupo 2 (cinza médio) é caracterizado por um predomínio do terciário, mas também um equilíbrio entre primário e secundário. O grupo 3 (cinza escuro) é caracterizado pela predominância do setor terciário, seguida pelo secundário, e com um setor primário muito pouco expressivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme mencionado na introdução do trabalho, as principais questões que orientaram seu desenvolvimento foram: o que são e quais as

diferenças entre mapas de análise e de síntese? Quais são as operações que os caracterizam? O produto dos cruzamentos de planos de informações nos SIGs pode ser considerado mapa de síntese? A contribuição esperada seria o estabelecimento das correspondências entre os procedimentos da Cartografia Temática convencional e daqueles dos Sistemas de Informações Geográficas.

Embora outros autores tenham tratado do assunto, os conceitos de mapas de análise e de síntese discutidos nesse trabalho foram extraídos das propostas de Rimbart (1968) e Claval e Wieber (1969). No entanto, estabelecer a correspondência entre os procedimentos cartográficos, utilizando obras que foram escritas há mais de trinta anos, não é uma atividade simples. As pesquisas posteriores, a diversidade de aplicações e a utilização das novas possibilidades de tratamento digital de dados dotaram essa questão de grande dinamismo, que tem demandado um constante cotejo e revisão dos seus elementos e características basilares.

Os principais aspectos que influenciam na correlação entre os procedimentos da Cartografia Temática convencional e aqueles dos Sistemas de Informações Geográficas são:

- Questão semântica;
- Diversidade de meios para gerar os mapas de síntese;
- Controvérsias sobre a referência ao mapa de síntese como sinônimo de cruzamento de mapas;
- Distintas especificidades dos mapas de síntese.

O problema semântico do substantivo feminino síntese é que ele possui mais de quinze acepções, expressando seus usos em diversas áreas do conhecimento. Muito usados nas metodologias científicas, os vocábulos análise e síntese representam na cartografia os níveis de raciocínio empreendidos na pesquisa para se chegar aos respectivos mapas. Os mapas de análise indicam a representação de temas, no mais das vezes unitários, que expressam componentes de um fenômeno ou indicam partes do problema estudado. Os mapas de síntese, em contrapartida, se caracterizam pela ausência de componentes isolados, pois expressam a fusão dos elementos temáticos conforme uma metodologia ou sistema lógico. O raciocínio de síntese, portanto, deve partir do elementar para o global, o holístico.

Outro problema que agrava essa questão semântica decorre da expressão "síntese parcial", utilizada com frequência nas referências

bibliográficas consultadas. Concorda-se com Rimbert (1968), pois se acredita que o mapa de síntese não representa, necessariamente, o mapa final de uma pesquisa, nem a síntese final da realidade (hipotética). É muito comum que haja sínteses parciais, elaboradas com conjuntos distintos de dados, sempre como uma etapa intermediária de pesquisa que pode contribuir para a síntese final.

O segundo aspecto que influencia a correspondência terminológica decorre da diversidade de procedimentos para a realização dos mapas de síntese. O levantamento bibliográfico e a vivência profissional dos autores desse artigo revelaram que os meios mais utilizados para a elaboração do mapa de síntese são: a mesa de luz, a álgebra de mapas, o diagrama triangular e a análise multivariada. Também há referências ao método das principais componentes, utilizado freqüentemente no Processamento Digital de Imagens, embora pouco empregado para a produção dos mapas de síntese.

Conforme ilustra a Tabela 3, as principais conseqüências operacionais dessa diversidade de formas para a elaboração de mapas de síntese podem ser resumidas em:

- Uso de diferentes tipos de dados: os qualitativos e os quantitativos, representados por números relativos ou absolutos;
- Níveis de interpretação: a complexidade de interpretação dos mapas, ao longo do processo de síntese, varia de acordo com o procedimento;
- Contornos espaciais: embora o mapa de síntese produza agrupamentos de unidades espaciais ou tipologias, alguns procedimentos alteram e outros “preservam” os limites originais das rubricas analisadas.

Procedimentos	Tipos de dados		Interpretação dos resultados	Mudança dos contornos
	Qualitativos	Quantitativos		
Mesa de luz	Permite	Não permite	Complexa	Sim
Álgebra de mapas	Permite	Permite	Variável	Sim
Diagrama triangular	Não permite	Permite	Simples	Não
Análise multivariada	Não permite	Permite	Simples	Não

Tabela 3: Características operacionais dos procedimentos para produção do mapa de síntese

Conforme a Tabela 3, o mapa de síntese com dados qualitativos pode ser realizado pela mesa de luz ou pelo procedimento correspondente

dos SIGs, a álgebra de mapas. Esses dois meios colaboram para a sobreposição, mas pouco auxiliam no agrupamento dos temas ou na denominação das unidades taxonômicas. O mapa resultante costuma caracterizar-se como um complexo mosaico de contornos espaciais, muito distintos dos limites dos mapas temáticos que inicialmente foram sobrepostos. Essa é uma das razões que torna a interpretação dos cruzamentos de dados qualitativos mais subjetivo, reforçando a necessidade de uma metodologia bem estruturada, capaz de orientar integralmente o raciocínio de síntese.

A álgebra de mapas também pode gerar um mapa de síntese usando dados quantitativos. Como ficou demonstrado pelas Figuras 11 e 12, cada classe que compõe um mapa temático recebe um valor que a quantifica em relação à erosão. Embora também se caracterize por um mosaico de contornos espaciais, a interpretação do mapa final é muito mais simples, pois basta converter os dados numéricos do mapa final nas classes de vulnerabilidade, para que possam ser utilizados como insumo para o zoneamento do uso e cobertura da terra⁴ (ver exemplo na tabela 2).

O diagrama triangular e a análise multivariada requerem dados quantitativos para a produção do mapa de síntese. Esses procedimentos utilizam o critério estatístico de agrupamento, relacionado à proximidade ou similaridade dos valores das suas variáveis. Como as unidades espaciais são agrupadas a partir das suas características numéricas, seus contornos não são fracionados, como acontece na álgebra de mapas. O mapa resultante sempre expressará os conjuntos formados pelas unidades espaciais originais.

Nesses procedimentos, os programas colaboram para o estabelecimento interativo do número de classes taxonômicas, por meio de gráficos de barras ou do diagrama triangular, facilitando a interpretação dos resultados. Embora esses dois tratamentos estatísticos sejam muito mais simples de executar do que a de álgebra de mapas, é importante ressaltar que o uso do diagrama triangular e da análise multivariada não dispensa o conhecimento metodológico para orientar a operação e a interpretação dos dados.

⁴ Esse mapa de vulnerabilidade foi utilizado como um dos componentes do mapa de zoneamento do Parque Estadual de Guajará Mirim - RO.

O terceiro componente que influencia a correspondência entre os procedimentos da Cartografia Temática e dos SIGs é o uso do mapa de síntese como sinônimo de cruzamento de mapas. A correspondência desses termos não é exata, uma vez que há cruzamentos que geram mapas de síntese, mas existem os que produzem somente a sobreposição de temas, característica dos mapas de correlação e complexos (Libault, 1975).

O ato de cruzar mapas, na mesa de luz ou nos SIGs, não define o resultado como síntese. Rimbart (1964) cita um célebre exemplo que ilustra a sobreposição de informações que não se correlacionam. O cruzamento do mapa de geologia com o de distribuição dos votos, da região oeste da França, possibilitaria a equivocada constatação de que o granito é religioso e, o calcário, não religioso.

Os SIGs, assim como os outros procedimentos, são instrumentos utilizados para realizar a síntese, e não sua metodologia. As maneiras de concebê-los e explorá-los estão vinculados a uma postura metodológica, isto é, a uma visão de mundo, aquela pela qual o pesquisador optou, seja para o conhecimento da realidade, seja para uma aplicação prática.

O último aspecto da discussão aborda as especificidades dos mapas de síntese. Entende-se oportuno discernir entre os procedimentos aplicados e não aplicados, ou seja, diferenciar as atividades de cunho predominantemente acadêmico das majoritariamente dirigidas a uma finalidade aplicada. Os mapas de zoneamento, de vulnerabilidade e de fragilidade se enquadrariam na categoria dos mapas de síntese aplicada, cujas variáveis recebem pesos específicos, dirigidos aos seus objetivos. Os mapas de síntese não aplicados - gerados, por exemplo, pela álgebra de mapas de dados qualitativos -, seriam orientados para o conhecimento geral, integrado ou holístico de uma região, sem demandar, *a priori*, uma ação ou intervenção no espaço representado.

Não existe uma ordem de produção definida entre esses dois tipos, pois o não aplicado não é elaborado antes do aplicado, e vice versa. Ambos os mapas de síntese podem ser produzidos a partir das mesmas bases cartográficas e se caracterizam por uma legenda eminentemente qualitativa (tipos, grupos, etc.), mas um não é pré-requisito do outro. O que os diferencia é a quantificação dos temas, ou seja, a atribuição de valores ou pesos às variáveis. No mapa de síntese aplicada as variáveis são agrupadas conforme um objetivo específico, ao passo que as variá-

veis são agrupadas somente com base em um objetivo geral no mapa de síntese não aplicada.

Em suma, a cartografia de análise e de síntese são muito importantes na Geografia. Elas não perderam relevância com o desenvolvimento tecnológico, pois seu emprego pode auxiliar em muito na construção de uma estrutura conceitual das atividades nos Sistemas de Informações Geográficas. Essas diferentes instâncias colaboram para evidenciar a utilização consciente dos mapas e a sua relação com as distintas etapas da pesquisa.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à profa. dra. Ligia Vizeu Barrozo e ao prof. dr. Ailton Luchiari pelas discussões e sugestões no processo de concepção e redação do texto.

REFERÊNCIAS

- ARONOFF, S. **Geographic information system: a management perspective**. Ottawa: WDL Publications, 1989.
- ASSOCIATION POUR L'ATLAS DE LA FRANCE DE L'EST. **Atlas de la France de l'Est**. Strasbourg: Librairie Istra, 1960.
- BÉGUIN, M. "Tendances diverses de la représentation cartographique: l'exemple de la cartographie de la population active". **Annales de Géographie**, 90 (501): 513-534, 1981.
- BÉGUIN, M. e PUMAIN, D. **La représentation des données géographiques : statistique et cartographie**. Paris: Armand Colin, 1994.
- BERTIN, J. **La graphique et le traitement, graphique de l'information**, Paris: Flammarion, 1977.
- BERTIN, J. **Sémiologie graphique: les diagrammes, les réseaux, les cartes**. 2ª ed. Paris, Mouton: Gauthier-Villars, 1973.
- BLIN, E. e BORD, J.P. **Initiation géo-graphique ou comment visualiser son information**. Paris: Sedes, 1993.
- BONIN, S. "Novas perspectivas para o ensino da cartografia". **Boletim GOIANO de Geografia**, 2(1): 73-87, 1982.
- BONIN, S. **Initiation à la graphique**. Paris: ÉPI, 1975.
- BORD, J. P. "Analyse trichromatique d'après les cartes d'utilisation du sol dans l'est algérien", **Mappemonde**, 86(2): 8-13, 1986.

BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Oxford University Press, 1986.

CÂMARA, G., CASANOVA, M., HEMERLY, A., MAGALHÃES, G., MEDEIROS C. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográficas**, Campinas: X-Escola Brasileira da Computação, UNICAMP, 1996.

CLAVAL, P. e WIEBER, J-C. **La cartographie thématique comme méthode de recherche**. Paris: Les Belles Lettres, 1969.

COLE, J. P. e KING, C. A. M. **Quantitative geography. Techniques and theories in geography**. London: John Wiley and Sons Ltd, 1968.

COLE, J. P. **Geografia quantitativa**. Rio de Janeiro: IBGE, 1972.

CONRATH, C. **Les espaces du développement inégal**. Paris: PUF, 1984.

CUENIN, R. **Cartographie générale** (tome 1). Paris: Eyrolles, 1972.

DHIEB, M. "Le traitement d'une série de données multivariées par une méthode graphique: le fichier-matrice", Journées cartographiques tunisiennes, 1985, **Géographie et développement**, (8-9): 7-30, 1989.

DI BIASE, D. W. et al. "Multivariate display of geographic data: applications in earth science". In: Mc. EACHREN, A. M. e TAYLOR, D.R. F. (ed.) **Visualization in modern cartography**, Oxford: Elseiver, 1994.

ESTÉBANEZ, J. **Tendencias y problemática actual de la geografía**. Madrid: Editorial Cincel, 1983.

FERREIRA, M.C. "Mapeamento de unidades de paisagem com sistemas de informação geográfica: alguns pressupostos fundamentais". **Geografia**, 22 (1): 23-36, 1997.

FUR, A. **Pratiques de la cartographie**. Paris: Armand Colin, 2000.

GEORGE, P.; GUGLIELMO, R.; LACOSTE, Y.; KAYSER, B. **A geografia ativa**. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1968.

GERARDI, L. H. O. e SILVA, B. C. N. **Quantificação em geografia**. São Paulo: Difel, 1981.

GIMENO, R. **Apprendre à l'école par la graphique**. Paris: Retz, 1980.

INPE **Curso de Sensoriamento Remoto aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos: Ministério da Ciência e Tecnologia, 1996.

LANDIM, P.M.B. **Análise estatística de dados geológicos multivariados**. Laboratório de Geomatemática, DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Texto Didático 03, 128 pp. 2000. Disponível em < <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/multivariados.pdf> > Acesso em: 08 de abr 2007.

LENCIONI, S. **Região e geografia**. São Paulo: Edusp, 2003.

LIBAULT, A. **Geocartografia**. São Paulo: Nacional/USP, 1975.

MARBLE, D.F.; CALKINS, H.W.; PEUQUET, D.J. **Basic readings in geographic information systems**. New York: SPAD Systems, 1984.

- MARTINELLI, M. "Orientação semiológica para as representações da geografia: mapas e diagramas". **Orientação**, (8): 53-62, 1990.
- MARTINELLI, M. **As representações gráficas da geografia: os mapas temáticos**. São Paulo: Edição do autor, 1999.
- MARTINELLI, M. **Gráficos e mapas, construa-os você mesmo**. São Paulo: Editora Moderna, 1998.
- MARTINELLI, M. **Os mapas da geografia e cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 2003a.
- MARTINELLI, M. **Cartografia temática: caderno de mapas**. São Paulo: Edusp, 2003b.
- MORAES, A.C.R. **Geografia: pequena historia critica**. São Paulo: Hucitec, 1981.
- OZENDA, P. **La cartographie écologique et ses applications**. Paris: Masson, 1986.
- QUEIROZ FILHO, A. P. ; GUIMARÃES, S. C. P. ; FERNANDES, L. C. . Proposta de Zoneamento do Parque Estadual de Guajará Mirim - RO. In: **GIS Brasil 99**, 1999, Salvador - BA. Anais do V Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento da América Latina, 1999.
- RIMBERT, S. (org.). **Dessine-moi une carte...quelques explorations cartographiques par Sylvie Rimbert**. Strasbourg: Presses Universitaires de Strasbourg, 1994.
- RIMBERT, S. **Carto-graphies**, Paris: Hermes, 1990.
- RIMBERT, S. **Leçons de cartographie thématique**. Paris: SEDES, 1968.
- RIMBERT, S. **Cartes et graphiques**. Paris: SEDES, 1964.
- RODRIGUES, M. Introdução ao geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, São Paulo, 1990. **Anais**. São Paulo: EPUSP, 1990.
- ROSS, J.L.S. "Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental". **Revista do Departamento de Geografia**. (9): 65-76, 1995.
- SCHAEFER, F.K. "Exceptionalism in geography: a methodological examination". **Annals of Association of American Geographers**, (43): 226-249, 1953.
- SMITH, D.M. **Patterns in human geography**. Middlesex: Penguin Books, 1977.
- SOUZA, M.A.A. "Regionalização: tema geográfico e político - o caso paulista". **Boletim Paulista de Geografia**, (50): 103-134, 1976.
- TOMLIN, C.D. **Geographic Information Systems and Cartographic Modeling**. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs. 1990. 249 p.
- TOMLINSON, R.F. Introduction to symposium edition. In: **Geographical Data Handling**, Ottawa, 1972. **Proceedings**, (1). Ottawa: IGU/UNESCO, 1972.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro : IBGE, 1977, 91 p.
- VARLET, J. "Traitement graphique en géographie urbaine, L'exemple de Tulle". **L'information Géographique**, (44): 161-167, 1985.

