

ESCALA: ESTUDO DE CONCEITOS E APLICAÇÕES

Paulo Márcio Leal de Menezes

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Igeo - Dep Geografia – Laboratório de Cartografia (GeoCart)

Av Brig Trompowski SN - Cidade Universitária - Rio de Janeiro - RJ - 21941-590

Tel: (021)590-1308 R 39 - Fax: (021) 598-3280 - E-mail: pmenezes@igeo.ufrj.br

Ana Luiza Coelho Neto

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Igeo - Dep Geografia – Laboratório de Geohidroecologia (Geoheco)

Av Brig Trompowski SN - Cidade Universitária - Rio de Janeiro - RJ - 21941-590

Tel: (021)590-1308 R 39 - Fax: (021) 598-3280 - E-mail: alcoenet@igeo.ufrj.br

RESUMO

O conceito de escala é bastante simples, se for abordado apenas pelo aspecto cartográfico como uma transformação geométrica de semelhança, sem levar em consideração aspectos projetivos de distorção ou variação de escala ao longo de uma área. Problemas, dúvidas e interpretações inconsistentes podem advir, a partir do momento que se estende este conceito à outras áreas do conhecimento, por surgirem aspectos ambíguos e mesmo conflitantes, como pode ser observado em aplicações ambientais e geográficas.

As novas tecnologias surgidas, notadamente sistemas de informação geográfica (SIG), sensoriamento remoto e GPS, também introduziram algumas interpretações próprias sobre o conceito de escala, envolvendo o problema de multiescalaridade, resolução e generalização cartográfica. Serão apresentados e analisados os conceitos de escala cartográfica, escala geográfica e escala operacional, bem como os conceitos de resolução e os seus inter-relacionamentos. Serão ressaltados os conceitos de precisão e acuracidade e apresentada a generalização como elemento diretamente ligado à escala.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma discussão sobre o tema, destacando a sua importância para todos os trabalhos que envolvam algum tipo de representação da informação geográfica. Como conclusão o trabalho pretende não só deixar esclarecidos os diversos conceitos e inter-relacionamentos, mas também apresentar elementos para que sejam tratados com mais eficiência na aplicação aos mais diversos tipos de trabalhos, nas mais diversas áreas do conhecimento, sejam elas geográficas, cartográficas ou ambientais, notadamente as que envolvem o emprego das novas tecnologias citadas.

ABSTRACT

The concept of scale is very simple, if approached by the cartographic way and as a similarity transformation, with no projective considerations, aspects of distortion and scale variations of an area, represented by a map projection. There is problems, doubts and non consistent interpretations, if this concept is extend to others knowledge's areas, as geographic and environment.

The aim of this paper is present a discussion about scale, its importance to all geographic information representation, giving a structure among the differents concepts to clarify the associated interpretations.

The new technologies, geographical information systems, remote sensing and GPS, also has introduced self interpretations about this concept, mainly involving the use of documentes in several scales (multiscales), and resolution. It will be presented and analysed the concepts of cartographic, geographic and operational scales, as well as resolution and precision.

The conclusions of this paper intends to clarify the concepts of scale and its relationships, but also it presents ways to treat more efficiently its applications in all areas, noted cartographical, geographical or environmental.

1. INTRODUÇÃO

O termo escala, se analisado superficialmente, pode parecer ambíguo, possuindo significados diversos, em certos aspectos até divergentes entre si. É necessário em alguns casos, para se evitar quaisquer dúvidas, que o contexto onde esteja colocada, seja bastante claro, evitando assim, possíveis problemas de interpretação. É evidente, para todos que estejam familiarizados com as aplicações e interpretações diversas à que a escala está sujeita, dificilmente ocorrerá essa confusão.

A importância da escala é fundamental em pesquisas de cunho geográfico, cartográfico, ou ambiental, ou qualquer outra que se realize sobre o espaço físico de atuação de um fenômeno, espacializando a sua representação, e seus conceitos serão sempre aplicados em quaisquer desses estudos.

Em princípio, a escala pode ser abordada dentro de um contexto espacial ou em um contexto temporal. A escala temporal é importante para o estudo de uma grande quantidade de fenômenos, sendo muitas vezes aplicada em conjunto com a escala espacial, principalmente para a indicação de elementos ligados à fatores evolutivos e ambientais, como seus períodos de ocorrência e atuação.

Dentro do contexto espacial, a escala estará sempre presente à qualquer nível de estudos geográficos e cartográficos, sendo considerada como fator determinante para a delimitação de espaço físico, grau de detalhamento de uma representação ou identificação de feições geográficas. Dentro deste contexto, surgirão já alguns conceitos que serão opostos, como a escala geográfica e cartográfica.

Os mapas, dentro de um trabalho clássico e tradicional, representam um meio permanente de armazenamento da informação geográfica. A escala é o primeiro elemento cartográfico, ou transformação a ser considerada na entre a informação geográfica e a informação cartográfica. Toda representação cartográfica terá envolvimento com um ou mais fatores de escala, dependendo da projeção cartográfica adotada.

Os sistemas de informações geográficas, por sua vez, abrem uma perspectiva de incorporação à sua base de dados, de documentos em diferentes escalas e resoluções, através de mapas, informações e imagens, as vezes bastante diversas uma das outras. Caracteriza-se assim, a necessidade de trabalho com diferentes escalas integradamente. Como todas as informações em um SIG estão referenciadas à sistemas de coordenadas terrestres, pode-se criar, uma sensação de perigosa irrealidade, dando a aparência que o problema de escala é inexistente.

A incorporação de novas técnicas de aquisição de dados, tais como GPS, que teoricamente transforma o mundo real em uma grande mesa digitalizadora, também deve ser observada com cuidado, tanto devido ao volume de informações, como à própria precisão das observações e à conseqüente necessidade de aplicação de conceitos e processos de generalização cartográfica.

A observação de fenômenos sob diferentes escalas pode causar significativas alterações na sua interpretação, gerando portanto questionamentos sobre o impacto da observação de um fenômeno, visualizado sobre mudanças de escala e possíveis alterações que possam ocorrer na visualização, na sua forma de representação e sobre o próprio comportamento da escala com o fenômeno.

2. PERCEPÇÕES DE ESCALA

A escala, inicialmente, pode ser associada à todas as representações cartográficas em forma de mapas. Para se representar uma área da superfície terrestre, uma razão ou relação de escala deve ser adotada, definida pelas dimensões lineares da área no terreno e na representação. Desta forma existe uma razão matemática, topográfica e métrica associada.

Em termos geográficos, por sua vez, a percepção é espacial, dependente da amplitude da área em estudo. A visão dos fenômenos ou informações dentro da área, será afetada de alguma forma pelo conceito de escala.

2.1. Visão Cartográfica

Pela visão cartográfica, o conceito de escala é estabelecido pela razão de semelhança entre a representação e o mundo real. Analogicamente o conceito é perfeitamente captado, pela facilidade de tangibilidade exercida por um mapa. Em termos digitais porém, o conceito em certa forma pode inclusive tornar-se um problema sério, uma vez que a representação de um mapa pode se dar em coordenadas de terreno. Pode acontecer afirmações perigosas do tipo de não dependência à escala por parte de bases digitais (Goodchild & Quattrochi, 92). Uma vez que se trabalhe com um conjunto georeferenciado, ou seja, em coordenadas de terreno, as funções de aproximação e afastamento (*zoom in* e *zoom out*), existente em todos os sistemas computacionais, fornecem essa sensação de independência de escala, uma vez que pode gerar visualizações em uma série contínua de escalas. Entretanto, a obtenção das coordenadas de terreno foi efetuada através do georeferenciamento, em uma aquisição vetorial ou matricial, em uma escala pré-existente (mapas em diversas escalas). Assim a informação digitalizada está vinculada à todos os erros e à generalização que foi aplicada ao documento fonte.

Funções de aproximação (zoom in) não farão aparecer mais detalhes do que os captados no documento fonte. É bastante diferente e diverso do que é permitido em determinados sistemas (Atlas GIS, Geomedia), que a função executa uma mudança de documento, coerente em detalhes e generalização com a nova escala de visualização. Da mesma forma a função de afastamento pode trazer um detalhamento excessivo, podendo inclusive haver colapso na apresentação visual.

Escala cartograficamente maiores representam um nível de detalhamento maior que em escala menores, abordando por sua vez uma área geográfica menor. Isto, por sua vez, leva também ao estabelecimento de um nível de detalhamento da própria informação que esteja sendo representada. Assim a informação poderá ser visualizada segundo diferentes níveis de detalhamento, ocasionando diferentes possibilidades de interpretações. De uma certa forma, sob a visão cartográfica, não existe erro ou representação errada da informação, porém questiona-se até que ponto esta diferença entre as representações ou interpretações da informação, é aceitável.

Por outro lado, a escala é o principal fator da generalização cartográfica. Em princípio, uma escala menor será sempre menos detalhada que uma escala maior. A escala menor sempre representará uma maior área geográfica do que a contida em uma escala maior. Quanto ao nível de detalhamento, a representação em escala maior sempre terá um nível de detalhamento maior que a escala menor.

2.3. Percepções de Escala

A percepção de escala é diferente, conforme seja abordada por diferentes usuários, como também até pelo tipo de fenômeno que esteja sendo representado. Para alguns fenômenos geográficos, por exemplo os ambientais e geocológicos, a informação só será percebida se visualizada em uma escala, dentro de sua área de atuação, ou dentro do seu contexto espacial, integrada com outras informações e percebidas por suas propriedades e pelos seus relacionamentos. Dessa forma, muitas vezes pode ocorrer que a generalização, em vez de simplificar, possa adicionar mais informação ao mapa. Nesse aspecto a escala representa um limite de informação que pode ser incluída no mapa, bem como um nível de realidade que pode ser visualizado.

Esta diferenciação ocorre principalmente devido ao processo de generalização da informação. Em princípio, quanto menor a escala cartográfica, maior será o grau de generalização aplicado, buscando-se a clareza e legibilidade da representação. Como a redução de escala é aplicada à qualquer representação cartográfica, pode-se inferir que os processos de generalização também serão aplicados à todas essas

representações. Assim, quanto mais generalizada for uma representação, mais distante da realidade poderá estar.

2.3 – Padrão de Precisão

O padrão de precisão de um mapa é relacionado ao valor do erro gráfico, 0,2 mm associado à uma determinada escala. Este valor é no entanto caracterizado como o valor final obtido através de uma propagação dos erros, durante todo o processo de construção do mapa, a partir da fase de aquisição de dados. Confunde-se muitas vezes o erro gráfico como um padrão de precisão para aquisição de dados. Evidentemente, se existe uma propagação de erros associada ao processo de construção do mapa, a precisão da fase inicial de aquisição terá, necessariamente, de ser mais precisa que a precisão final definida pelo erro gráfico. Associar o erro gráfico como precisão da aquisição é um erro inaceitável, pois deixa de considerar todas as fases intermediárias do processo de construção, tais como transformações projetivas, processos fotogramétricos, de sensoriamento remoto (georeferenciamento), desenho, digitalização, impressão, etc.

Em termos de avaliação da precisão de uma base cartográfica, a legislação brasileira define o padrão de exatidão cartográfica (PEC), para estabelecer uma classificação dos diversos documentos cartográficos.

3. DEFINIÇÕES DE ESCALA

3.1. Escala Cartográfica ou topográfica

A primeira e mais imediata definição para escala é dada pela conotação cartográfica, através de uma simples razão de semelhança, indicando a razão entre comprimentos no mapa e seu correspondente no mundo real. Pode ser considerada como a transformação geométrica mais importante que a informação geográfica é submetida. Todas as demais transformações terão alguma ligação com esse processo.

3.2 - Resolução

Bastante relacionado à escala cartográfica está o conceito de resolução, apesar de terem significados bastante diferentes. Segundo (Goodchild, 91), pode ser definida “como o menor objeto ou feição que pode ser distinta em um conjunto de dados”. Essa conotação de menor ou limite, que associado ao erro gráfico, estabelece a aproximação com a escala de um mapa ou carta.

O valor do erro gráfico aceito no Brasil é de um círculo com 0,2 mm de diâmetro. Este é o menor valor punctual que a vista humana pode distinguir. Em termos lineares, para um mapa na escala 1: 50 000, o

valor estabelecido para o erro gráfico é de 10 metros. Isto quer dizer que o valor de 10 m é o menor valor linear distinto nesta escala, ou seja, não existe possibilidade de se obter, por exemplo, coordenadas com precisão inferior à 10 m, em um mapa nessa escala.

Tendo-se porém uma imagem, cuja resolução espacial seja de 30m x 30m (Landsat TM), isto significa que objetos ou elementos menores que 30m x 30m não serão representados na imagem. No caso de uma imagem Spot X, a resolução é de 10m x 10m. Pode-se verificar que existe uma relação possível entre o conceito de resolução e erro gráfico. A imagem Spot citada, possui uma compatibilidade com a escala 1: 50 000 e menores, não ocorrendo isto com escalas maiores, uma vez que o tamanho do pixel é fixo em unidades do terreno, não permitindo uma melhor definição, por mais que seja ampliada a imagem.

Por outro lado, um processo de digitalização matricial (*rasterização*), ou a aquisição via *scanners*, de um documento cartográfico, também associa uma resolução, em termos de dpi (*dots per inch*). Um mapa em formato matricial, digitalizado à 600 dpi, terá um pixel com 0,04 mm. Isto significa que em uma polegada quadrada, existirão 600 x 600 pixels (picture elements). em termos cartográficos, este valor, está abaixo do erro gráfico, sendo portanto teoricamente compatível. Existem porém implicações de erros instrumentais, que fazem com que a resolução, para tratamento cartográfico seja bem mais rígida, (em torno de 1000 dpi), bem como as especificações instrumentais para a aquisição.

3.3. Escala Geográfica

O conceito de escala geográfica se contrapõe ao conceito de escala cartográfica, sendo traduzida pela amplitude da área geográfica em estudo. Esse conceito estabelece que quanto maior a extensão da área, maior será a escala geográfica associada. Assim é mostrado o conceito antagônico existente com a escala cartográfica: quanto maior a escala geográfica, menor será a escala cartográfica aplicada.

3.4 – Escala Operacional

O último conceito a ser estabelecido é o de escala operacional. Este conceito relaciona-se diretamente com a escala geográfica de atuação ou de operação de um determinado fenômeno. Por exemplo, a escala operacional da poluição ambiental de uma fábrica isolada, será menor que a escala operacional de um distrito industrial como um todo.

Cabe a consideração que a escala operacional de alguns fenômenos pode aumentar sensivelmente, levando-se em conta a sua ocorrência temporal. Por exemplo, um breve período de tempo de lançamento de esgoto “in natura”, (horas ou dias), terá uma área de

atuação bastante menor do que se considerado um período de tempo maior (semanas ou meses).

Os dois conceitos iniciais, escala cartográfica e resolução, possuem uma definição geométrica precisa, não deixando margem à dúvidas quanto ao seu emprego. O seu principal problema é o relacionamento para se determinar a melhor a escala mais coerente para representar as diversas informações geográficas.

Já para os conceitos subsequentes, existe uma razoável carga de subjetividade. Como fazer para se estabelecer uma boa definição do que seja uma escala grande ou pequena, para uma determinada ocorrência. Dependendo do fenômeno, o que pode ser definido como escala grande para um, pode perfeitamente ser escala pequena para o outro. Isto é particularmente verdadeiro para fenômenos ambientais ou geocológicos.

Uma boa conjugação das propriedades da informação, suas características geométricas e subjetivas, permitirão a definição integrada dos conceitos emitidos, estabelecendo qual a melhor escala, associada com a escala geográfica e operacional da melhor forma de visualização,

4. IMPACTOS DA ESCALA

Talvez o maior problema para a representação da informação geográfica cartograficamente, seja a consideração da escala que permitirá a sua visualização com um mínimo de perda, ou com perdas não significativas da informação, causadas pela generalização que será, em qualquer situação, aplicada à informação. A consideração de um único fenômeno simplifica o problema, porém existe um sério agravamento, quando se consideram diversos fenômenos que se interrelacionem, possuindo diferentes escalas operacionais, em conseqüência diferentes escalas geográficas de atuação e que possam ter sido adquiridas de fontes diversificadas, em diferentes escalas e resolução.

4.1. Problemas a considerar

Surgem então problemas outros, que devem ser resolvidos, visando a criação de uma estrutura mais formal e menos subjetiva, procurando estabelecer um gerenciamento efetivo e objetivo, para a manipulação da escala. Nesse particular, os seguintes aspectos deverão ser considerados (Quattrochi & Goodchild, 97):

- Invariância de escala – traduzindo as transformações cujas propriedades não variam com a escala. Por exemplo, pode-se citar as transformações de coordenadas, com a digitalização; localização nominal de fenômenos, através de suas coordenadas. É indispensável a determinação das propriedades dos

sistemas sócio-bio-físicos, determinando quais são invariantes em escala.

- Capacidade de mudança de escala – definindo quais as transformações que podem agregar e desagregar a informação, uma vez que os dados sejam lógicos, corretos e geograficamente compatíveis.

- Impacto da escala – determinação de métodos que possam avaliar o impacto da mudança de escala, em função de perda ou ganho de informação. Este é um dos problemas essenciais, uma vez que os processos de generalização podem causar uma sensível mudança na informação.

- Definição da escala como parâmetros de processos geocológicos ou ambientais, levando à determinação do nível de erros associados aos modelos, causados pela não utilização de escalas adequadas aos dados e informações.

4.2. Multiescalaridade de Informações

Em relação à multiescalaridade, deve-se verificar o nível de alteração que cada base de informação deve sofrer para a criação de uma base única, compatível com todas as informações analisadas. A integração das informações em diferentes escalas sob essa base única fatalmente ocasionará erros e perdas de informações em diferentes níveis. Um correto conhecimento dos erros e sua significância relativa (entre as informações) e absoluta (ao mundo real), é indispensável para a consistência da informação.

Em princípio o problema da integração de múltiplas escalas em uma única base de informações é um dos mais sérios quando se trata de informações ambientais ou geocológicas. Processos geocológicos operam simultaneamente em diferentes escalas operacionais, que por sua vez irão influenciar, na montagem do processo de inter-relacionamento, na localização, padrão e na própria escala operacional do conjunto.

4.3. Abordagem Hierárquica

Por outro lado, dados podem traduzir diferentes informações, se apresentados em diferentes escalas. O estudo desenvolvido por (Allen e Star, 82), estabeleceu a significância dessa afirmativa, através do estabelecimento de um modelo hierárquico, interligando a espacialidade e a operacionalidade de um fenômeno. Cada nível da hierarquia possui características própria, não definidas pela simples soma das partes individuais. Podem assumir propriedades inerentes ao novo espaço geográfico a que estejam sendo agregados. Por exemplo, uma folha está agregada à um ramo ou uma árvore, enquanto uma mata está associada à cobertura vegetal ou ao uso do solo da área. Assim, um modelo que seja aplicada ao

elemento menor dentro da hierarquia, em princípio não poderá ser aplicado ao de nível superior, pois possuem propriedades distintas, como são distintas as suas escalas operacionais.

5. CONCLUSÕES

Evidentemente, a primeira e mais óbvia conclusão que se pode tomar pela análise apresentada no trabalho, é sobre a importância da escala em todos os trabalhos e documentos que exijam a representação ou apresentação gráfica da informação geográfica.

O estudo integrado dos conceitos subjetivos e objetivos (escala geográfica e operacional e escala cartográfica e resolução) deve ser elaborado para permitir a determinação da melhor escala de representação de diversos tipos de informação geográfica, com perdas mínimas de informação, causadas pela generalização cartográfica que será aplicada.

A utilização em SIG, de documentos fonte em diversas escalas, levanta o problema de multiescalaridade, cabendo portanto, um estudo também integrado e inter-relacionado, sobre resolução, generalização cartográfica e melhor escala de representação integrada das informações.

Não se pode estabelecer um padrão para definir diretamente a escala média, para este tipo de estudo, tendo em vista que as diferentes escalas devem ser avaliadas em conjunto. Porém, pode-se e deve-se estabelecer uma metodologia de estudo tanto da documentação fonte como das características e propriedades da informação geográfica no seu ambiente real, proporcionando resultados sobre a melhor estrutura de representação. Deve-se integrar também nesse estudo os problemas advindos da generalização cartográfica.

6. BIBLIOGRAFIA

Allen, T. F. H. e Starr, T. B., 1982, Hierarchy: Perspectives for Ecological Complexity, University of Chicago Press, Chicago, 287 pag

Ehleringer, J. R. e Field, C. B., 1993, Scaling Physiological Processes: Leaf to Globe, Academic Press, San Diego

Goodchild, M. F. e Quattrochi, D. A., Scale, multiscaling, remote sensing and GIS, *Scale in Remote Sensing and GIS*, Lewis Pub, CRC Press, Boca Raton, 1997

Lam, N. e Quattrochi, D. A., 1992, On the issues of scale, resolution, and fractal analysis in the mapping sciences, In Prof Geographer, 44, 88-98

Ling, B., 1997, Multiscale nature of spatial data in scaling environmental models, In Scale in Remote Sensing and GIS, Lewis Pub, CRC Press, Boca Raton, 406 pag

Menezes, P. M. L., 1997, Notas de Aula de Cartografia, não publicadas, UFRJ, Dep. de Geografia, Rio de Janeiro, 353 páginas

Turner, M. G., et al, 1989, Effects of changing spatial scale on analysis of lanscape pattern, In Landscape Ecology, 3, 153-162