

1 INTRODUÇÃO

A passagem da Cartografia para o estágio tecnológico denominado digital forçou a formalização de processos para a automatização da produção, da utilização e da disponibilização de dados cartográficos em ambiente computacional. A generalização cartográfica é um dos processos que deve ter seus procedimentos formalizados para permitir sua expressão no ambiente computacional da cartografia digital. Na cartografia digital, o armazenamento, o processamento e a visualização de dados existem de forma distinta. Isto quer dizer que os dados estão organizados numa estrutura de dados que tem uma forma própria de ser administrada, e portanto, a sua utilização e visualização requer algum tipo de processamento. A estruturação dos dados cartográficos numa base de dados impõe alguns limites de seu uso em termos de tipos de informação que deles pode ser extraída e como a visualização pode ser realizada.

Na Cartografia Convencional, uma visualização é obtida pela geração de uma imagem estática. Todos os dados relativos à região representada estão apresentados graficamente no mapa. Na Cartografia Digital, os dados são organizados tendo por base alguma visão sistêmica; existe a possibilidade de realizar a seleção dos dados para gerar uma visualização. Os sistemas computacionais (programas e equipamentos), admitem certas manipulações que se refletem em termos visuais como ampliações e reduções de imagem. Do ponto de vista conceitual, as visualizações ampliadas numa tela de computador devem ter seu limite de ampliação determinado pela precisão da coleta de dados. Segundo o mesmo ponto de vista conceitual, as reduções produzidas numa tela de computador devem atender aos preceitos da comunicação cartográfica que são: legibilidade, clareza, conteúdo e hierarquia de informação. A realização de visualizações de dados em escala menor do que aquela para a qual os dados foram coletados produz, dentre outros, o efeito de aproximação dos símbolos cartográficos, o que prejudica a comunicação cartográfica por tornar a imagem sobrecarregada.

A generalização cartográfica se constitui num conjunto de conceitos e processos voltados para a detecção e tratamento dos problemas oriundos da redução de escala a que os dados podem estar sujeitos ao se produzir uma visualização. As reduções de bases de dados também podem ser tratadas como generalizações de dados de cartografia sem que haja, necessariamente, uma componente de visualização.

Da formalização do conhecimento acerca da generalização cartográfica surgiram modelos conceituais. O modelo conceitual de generalização cartográfica proposto por McMaster e Shea (MCMASTER e SHEA, 1992) é o mais aceito e o mais atual, pelo fato de ter sido proposto sob a consideração de que a Cartografia se encontra no estágio digital.

A Cartografia se caracteriza como uma ciência voltada à comunicação de informação georreferenciada. A classificação e a seleção da informação a ser veiculada como produto do processo cartográfico se constitui no controle da quantidade de informação a ser transmitida, de modo que do processo cartográfico resulte numa representação adequada ao propósito que motivou a sua produção. O volume de informação deve ser adequado ao propósito da representação. Este aspecto é importante pois dados desnecessários ocupam espaço de armazenamento e demandam gerenciamento. Apesar dos avanços tecnológicos que se pode perceber nos sistemas computacionais, em termos de capacidade de processamento e de armazenamento, as demandas por armazenamento, processamento e transmissão crescem paralelamente; os avanços são satisfatórios por curtos períodos de tempo e as reduções em volume de dados, em geral, são necessárias. A Teoria Matemática da Comunicação - TMC, ou Teoria da Comunicação de Shannon, se mostra como uma ferramenta capaz de auxiliar na realização da redução de volume de dados de uma representação preservando a quantidade de informação que os dados contêm. Na TMC se estabelece um sistema de comunicação onde existem informação transmitida e informação recebida. A recepção de informação similar significa comunicação deficiente, e a recepção de informação dissimilar significa comunicação mais eficiente. Um sistema de comunicação será tanto mais eficiente quanto menor for a ocorrência de similaridades. A determinação da similaridade a que os elementos de um sistema de comunicação estão sujeitos é

realizada por uma função de similaridade. A eficiência de um sistema de comunicação pode ser medida por meio da informação útil que é afetada pela ocorrência de similaridades. A determinação da similaridade entre os dados de um sistema de comunicação é realizada usando os próprios dados comunicados e uma função de similaridade.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Modelagem digital do terreno se constitui na operação de determinação das coordenadas tridimensionais de posições amostrais discretas da superfície terrestre capazes de tornar possível a obtenção do valor da altitude em outras posições da mesma superfície por interpolação. O resultado da modelagem digital do terreno é um Modelo Digital do Terreno - MDT, composto por um conjunto de coordenadas tridimensionais, pelo conhecimento da organização deste conjunto de coordenadas, e por um interpolador. A determinação da altitude de um ponto qualquer cujas coordenadas planas estejam contidas no limite planimétrico da superfície é realizada por meio de uma operação de interpolação. A operação de interpolação faz uso de valores altimétricos pertencentes a um conjunto de pontos tridimensionais cujas posições planimétricas definem uma determinada vizinhança.

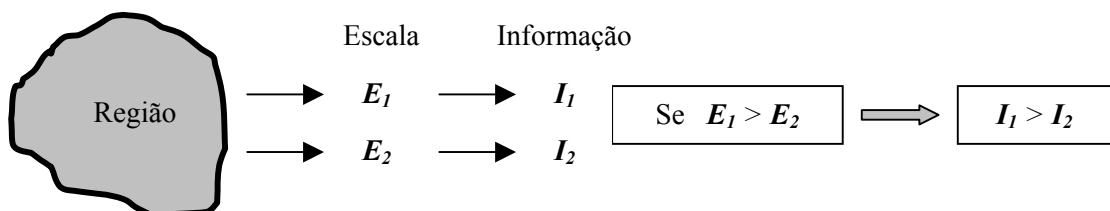
A resolução do MDT condiciona o detalhamento da representação da superfície. Para uma região qualquer, o detalhamento da sua representação está em razão direta com a resolução. Assim, quanto maior for a resolução do MDT, maior será o detalhamento da representação da superfície. Maior resolução implica amostragem mais densa, ou seja, implica em maior número de posições amostrais, ou o que é o mesmo, maior proximidade entre as posições amostrais.

A associação do valor da escala à determinação da resolução de um MDT implica numa redução da resolução com uma redução de escala. Desse modo, quanto maior for a escala de representação maior será a resolução de um MDT e maior será a densidade de pontos amostrais. Dados dois MDT de uma mesma região, terá maior resolução aquele que contiver a representação dos menores desníveis. Um MDT pode conter dados redundantes se destinado à representação da superfície em uma escala E_1 e pode ser insuficiente para representar a superfície em outra escala E_2 . Neste caso é

verdadeira a relação entre escalas $E_1 < E_2$. A mudança de uma escala de representação para outra pode implicar na realização da generalização cartográfica.

A consideração de que um conjunto de dados tem um montante de informação permite dizer que num conjunto de dados apropriados para uma escala E_1 há um montante de informação I_1 . O mesmo pode ser dito acerca de um conjunto de dados apropriados para representação numa escala E_2 com a quantidade de informação I_2 . Se a mesma região está representada em duas escalas e a relação $E_1 > E_2$ for verdadeira, então a relação $I_1 > I_2$ se verifica entre os conjuntos de dados, (Fig. 1.1). Pode-se considerar a variação do montante de informação entre as duas escalas como perda de informação. De acordo com o método de aplicação dos conceitos de entropia, similaridade, equivocação e informação útil da TMC, na forma como foram sistematizados por BJORKE (BJORKE ,1996), esta teoria pode ser aplicada à Cartografia.

FIGURA 1.1 - RELAÇÃO ENTRE ESCALA DE REPRESENTAÇÃO E MONTANTE DE INFORMAÇÃO PARA OS DADOS DE UMA REGIÃO



Esta Tese trata da generalização da representação da superfície topográfica por meio de grades retangulares regulares mediante a aplicação dos conceitos de entropia, similaridade, equivocação e informação útil da TMC. A partir de uma grade retangular regular realiza-se a remoção de seções verticais de terreno a partir da detecção de um grau de similaridade entre pares de seções. A consideração de que um par de seções verticais paralelas do terreno mantém algum grau de similaridade pode indicar que uma delas pode ser removida do conjunto de dados necessário para representar a superfície sem que haja prejuízo da representação. Uma redução de volume de dados tem implicações no volume de armazenamento e no tempo de processamento e de transmissão de dados, embora possa resultar em perda de informação.

1.2 OBJETIVO PROPOSTO

Nesta Tese aplica-se a TMC ao problema de generalização de representação da superfície topográfica por meio de grade retangular regular. A superfície é considerada como composta por seções verticais paralelas do terreno e o relacionamento entre desníveis entre pontos de duas seções verticais paralelas do terreno. Utilizando-se o desnível entre pontos pertencentes a duas seções verticais determina-se o grau de similaridade entre estas duas seções. A avaliação do grau de similaridade que duas seções apresentam permite decidir acerca de sua relevância na representação da superfície. Para a realização deste trabalho a similaridade entre um par de pontos menor do que 0,05 é considerado como dissimilar, isto é, é tornado igual a zero. Desse modo, um par de seções pode ser considerado similar e pode-se considerar que uma destas seções é desnecessária para a representação da superfície. Por outro lado, quando o desnível entre os pontos de duas seções verticais paralelas do terreno for acentuado, considera-se que ambas as seções são importantes para a representação da superfície. A caracterização do que são desnível pequeno e desnível grande deve ser feita com base na escala de representação. O mesmo pode ser dito para a avaliação das declividades das faces do MDT.

Como objetivos propostos com a realização desta Tese tem-se:

- Verificar a aplicabilidade dos conceitos de entropia, similaridade, equivocação e informação útil da TMC ao problema da representação da superfície topográfica por meio de grades retangulares regulares;
- Avaliar o relacionamento da orientação da grade com a quantidade de dados necessários para representar uma superfície por meio de uma grade retangular regular, usando os conceitos da TMC;
- Realizar a remoção de seções verticais paralelas do terreno tendo por base um conceito de similaridade proposto e usado na aplicação da TMC; e
- Aplicar a TMC para a redução de volume de dados de uma representação de superfície por meio de grade retangular regular como operador de generalização cartográfica.

1.3 APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 8 capítulos. O primeiro capítulo consta da presente introdução ao problema de generalização de uma representação da superfície topográfica usando conceitos da TMC. No segundo capítulo apresentam-se os modelos conceituais de generalização cartográfica, o modelo de McMaster e Shea (MCMASTER e SHEA, 1992) e por fim o relacionamento que se pode observar entre generalização e TMC. No terceiro capítulo aborda-se a representação da superfície topográfica com ênfase em malhas regulares. No quarto capítulo trata-se dos conceitos de entropia, similaridade, equivocação e informação útil da Teoria Matemática da Comunicação propriamente dita, explicitando o conceito de entropia, similaridade, equivocação e informação útil e seu relacionamento com a Cartografia. Os capítulos 2, 3 e 4 formam a parte de revisão da literatura. A proposição da Tese é apresentada no Capítulo 5, onde o problema é definido e as soluções mostradas. Os materiais utilizados são apresentados no Capítulo 6. No sétimo capítulo são descritos os experimentos e as análises realizadas. No oitavo capítulo são apresentadas as conclusões e recomendações. Nos Apêndices são apresentados o processo de rotação de uma grade retangular regular, o processo de interpolação de superfícies proposto por Doytsher e Hall (DOYTSSHER e HALL, 1997), o cálculo da declividade de uma face da grade retangular regular e, por fim, são apresentados alguns resultados dos processamentos.