

# O PROJETO DE AUTOMAÇÃO DA CARTOGRAFIA NO EXÉRCITO

Oswaldo Ari Abib

## 1. Introdução

A crescente demanda por informações geográficas atualizadas, associada à grande quantidade de dados fornecida pelos sensores remotos, posicionados em satélites artificiais, gerou a necessidade de outros processos de aquisição, gerenciamento, análise e exibição da informação geográfica, tornando-a disponível, em tempo hábil, e com um nível de atualização compatível.

Por outro lado, a efervescente indústria da Informática tem alcançado avanços tecnológicos significativos, sendo válido inferirmos que, a curto prazo, todas as atividades do ser humano estarão relacionadas a esta Ciência. Dentro deste progresso, na área de Informática, dois setores, entre outros, merecem destaque: a Infografia e o Banco de Dados Geográfico. O primeiro, relaciona-se à aquisição, gerenciamento e exibição de informações geográficas e o segundo cria as estruturas lógicas e físicas necessárias ao armazenamento e recuperação desses dados.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) procura atender às atuais necessidades, relacionadas à informação geográfica, com auxílio da Informática, principalmente, através dos recentes recursos acima citados.

Os sistemas comerciais, disponíveis, em geral, usam estruturas de CAD ("Computer Aided Design") já existentes, fazendo meras adaptações para a aplicação geográfica. Este enfoque contudo, não é eficaz, pois certas características típicas de CAD não se adaptam, perfeitamente, às aplicações geográfico-cartográficas, devido a que, nestas, os objetos são mais complexos e não, geometricamente, definidos, além de que os métodos e algoritmos são distintos.

Desde 1985, a DSG tem atuado no sentido de ver implantado, no âmbito de suas unidades subordinadas, novos métodos e processos de características digitais.

Como consequência desses esforços, foi incluído, na programação do triênio 1987/89, o Projeto de Automação da Cartografia — PAC que objetivava a implementação, a curto prazo, da Cartografia Digital, no Âmbito do Exército.

A filosofia de implantação deste sistema será compatível com os princípios básicos de um Sistema de Informações Geográficas, pois prevê-se a possibilidade de aquisição de dados das mais diferentes fontes, o gerenciamento e análise da informação, podendo-se atender a vários tipos de usuários, e, finalmente, o fornecimento destas informações, em diversas formas.

O SIG-DSG está sendo desenvolvido, concomitantemente, às fases de treinamento, desenvolvimento do projeto piloto e sistematização, previstas no programa de implantação do sistema.

## 2. Fases da Cartografia Convencional

Os trabalhos executados, atualmente, pela DSG seguem os

métodos convencionais, tendo-se, ao final, a carta impressa. As etapas deste processo são as seguintes:

### 2.1. Cobertura Aerofotogramétrica

As fotografias aéreas, da região a ser trabalhada, são tiradas atendendo-se a critérios técnicos específicos e de modo a que haja superposição entre fotos contíguas, com vistas a possibilidade de visão estereoscópica (terceira dimensão).

### 2.2. Trabalho de Campo

Nesta fase, são determinadas as coordenadas dos pontos de apoio, necessários ao relacionamento da fotografia aérea com o terreno. Além disso, é realizada a reambulação, que procura eliminar casos dúbios, existentes nas fotos, bem como levantar os nomes dos acidentes geográficos.

### 2.3. Aerotriangulação

Os pontos, anteriormente, determinados, são densificados em gabinete, fornecendo-se, ao final, no mínimo, quatro pontos, com coordenadas, por par de fotografias.

### 2.4. Restituição

Colocando-se os pares de fotografias nos aparelhos denominados restituidores e, após o relacionamento dos mesmos, com o terreno, as diversas feições são acompanhadas pelo operador e o seu traçado executado, nas mesas, através das pontas de grafite.

### 2.5. Gravação

O resultado da restituição é decomposto em tantos plásticos quantas serão as cores da carta. As feições existentes, em cada plástico, são percorridas pelo operador, tornando-se, em consequência, um negativo.

### 2.6. Impressão

Os negativos da fase anterior são responsáveis pela sensibilização das chapas que, nas máquinas 'off set', serão os originais para a impressão em cada cor.

As fases de cobertura aerofotogramétrica, trabalho de campo e aerotriangulação, já há algum tempo, usam o computador como apoio às suas atividades, permanecendo, entretanto, a restituição e a gravação sendo executadas pelos processos convencionais, e às vezes, até artesanal.

A cartografia automatizada veio alterar, profundamente, os processos destas duas últimas fases, seja pela aquisição digital dos dados, seja pela edição e preparação para a impressão, executadas, inteiramente, por computador.

### 3. PAC — Projeto de Automação da Cartografia

Nos seus 100 anos de existência, a DSG caracterizou-se pelo pioneirismo, no campo cartográfico, suprimindo o Exército com informações relevantes, relativas ao terreno, bem como participando, intensamente, do mapeamento sistemático nacional. Para a manutenção desta posição e frente à necessidade de atendimento premente a outros órgãos do Exército, a DSG precisava, urgentemente, penetrar na tecnologia digital, alterando os seus métodos e processos.

Frente a este quadro, foi remetido, ao escalão superior, um estudo para implantação, na DSG, das técnicas de automação cartográfica. Após estudos pertinentes e o levantamento dos recursos necessários, em DEZ 85, o Projeto de Automação da Cartografia — PAC, foi incluído no Plano Diretor do Exército — PDE, para o biênio 1987-89.

### 4. CCAuEx — Centro de Cartografia Automatizada do Exército

Ao longo deste período, coube, sinteticamente, ao PAC:

- definição da configuração global do sistema;
- aquisição dos equipamentos selecionados;
- absorção da tecnologia digital.

Paralelamente a estas atividades, verificou-se a necessidade da criação de uma Organização que concentrasse todos os recursos materiais e humanos existentes, que fosse a responsável pela sistematização da produção cartográfica, com a nova tecnologia, e implantasse o SIG-DSG nos moldes propostos neste trabalho.

Estas idéias foram transmitidas ao escalão superior, em diversos documentos, redundando na criação do CCAuEx, no final de 1987.

Em virtude deste fato, as missões atribuídas ao PAC foram incorporadas a esta Organização, inclusive recursos materiais e humanos. Desta forma, coube ao CCAuEX as atribuições de desenvolvimento e sistematização da nova tecnologia.

Para cumprir suas funções, foram fixados, para esta Unidade, as seguintes metas, a serem atingidas a curto e médio prazos:

- treinamento da nova tecnologia;
- desenvolvimento de projeto piloto, composto de:
  - digitalização de cartas topográficas;
  - restituição digital; tratamento de imagem de satélites;
  - processamento de DTM;
  - plotagem.
- especificação do SIG-DSG;
- produção cartográfica automatizada;
- desenvolvimento do SIG-DSG;
- apoio para o desenvolvimento de aplicativos militares;
- exploração do SIG-DSG.

Ao mesmo tempo, estão sendo desenvolvidos três projetos de vital importância para a sedimentação e descentralização dos novos métodos e processos:

- definição de especificações e acompanhamento do Convênio fixado com o INPE, cujos objetivos são os seguintes;
- desenvolver tecnologia em "hardware" e "software" nacionais, visando à substituição futura dos equipamentos importados;

- desenvolver equipamentos portáteis, para serem usados na frente de combate em apoio aos diversos escalões.
- análise dos equipamentos nacionais existentes, visando à aquisição de dados, 'off line', pelas DL.
- definição de especificações para o desenvolvimento de estações de trabalho, portáteis, para atender às unidades militares na frente de combate.

### 5. Conceito de SIG — Sistema de Informações Geográficas

Os SIG são sistemas que surgiram na década de 60 e foram projetados para adquirir, gerenciar, analisar e exibir dados vinculados a uma determinada posição geográfica.

Um SIG dispõe de dois tipos distintos de dados:

- dados gráficos — que constituem a entidade geométrica, materializada por pontos, linhas e áreas;
- dados não gráficos — que descrevem, quantitativa e/ou qualitativamente, a entidade geométrica.

Geralmente, um SIG típico realiza quatro funções básicas:

- aquisição;
- gerenciamento;
- análise;
- exibição de resultados.

A função de aquisição está relacionada com a conversão de informações analógicas em digitais. A coleta de dados é proveniente de diversas fontes, tais como, fotografias aéreas, ortofotos, levantamentos topográficos, imagens sensoriais, mapas, cartas, relatórios estatísticos e outras fontes de informações, por intermédio de reprodutores, fitas magnéticas, digitalizadores e entrada de dados via teclado.

O gerenciamento consiste na inserção, remoção ou modificação dos dados, sendo, normalmente, realizada através de um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados — SGBD. Comporta as seguintes tarefas:

- armazenamento dos dados;
- recuperação de informações;
- preservação da integridade dos dados;
- controle do processo.

A análise efetua o exame dos dados que contenham informações relacionadas, a fim de gerar novas informações que atendam às diversas visões externas, permitidas pelo sistema. Poderá realizar as seguintes tarefas:

- seleção e agregação de informações;
- controle da geometria e topologia;
- conjugação de informações temáticas;
- extração de informações estatísticas.

A função de exibição de resultados refere-se, principalmente, à representação dos resultados dos dados manipulados e poderá ser, exclusivamente, constituída por dados não gráficos.

Cabe ressaltar que o aspecto mais relevante do SIG é obtido através da manipulação de seus dados, possibilitando a interação entre as mais diversificadas áreas de aplicação, tais como, Sociologia, Economia, Agricultura, Recursos Naturais, Geopolítica e Militar, entre outras.

A modelagem dos sistemas de informações, atualmente é realizada através das seguintes abordagens:

- "top down" — neste caso os objetos são as próprias feições geográficas, tais como, rodovias, rios, edificações, etc., sendo representadas, graficamente, através de pontos, linhas ou áreas;
- "bottom down" — sob este enfoque, considera-se, como

objetos, as unidades elementares da representação gráfica (pontos, linhas ou áreas), sendo as feições geográficas simples componentes daqueles.

## 6. SIG — SGE

### 6.1 Descrição Geral

Tradicionalmente, o SGE tem fornecido ao Exército informações cartográficas pelos métodos convencionais, ou seja, em papel. Além disto, foram realizadas algumas incursões na Cartografia Temática, através da geração de mapas de transitabilidade de blindados, hidrografia, águas subterrâneas e informações militares, entre outros.

Com a introdução de técnicas digitais, procura-se atender as mais recentes necessidades do Exército, além das que já eram normalmente realizadas.

Desta forma, o SIG-SGE, mantendo a filosofia de um sistema integrado, com capacidade de aquisição e exibição de dados pelas mais diversas formas, tem como objetivos:

- agilizar a elaboração e atualização de documentos cartográficos, com melhor qualidade e com maiores confiabilidade, segurança e produtividade;
- apoiar o Estado Maior do Exército, EME, fornecendo-lhe suporte cartográfico compatível com as necessidades da Guerra Eletrônica e do Sistema de Informações Estratégicas;
- apoiar a Secretaria de Ciência e Tecnologia, SCT, fornecendo-lhe suporte cartográfico compatível com o desenvolvimento dos Sistemas de Armas;
- apoiar o Departamento de Ensino e Pesquisa, DEP, fornecendo-lhe suporte cartográfico compatível com as necessidades do Sistema de Ensino, em particular as dos Jogos de Guerra;
- apoiar o Sistema de Instrução, fornecendo-lhe suporte cartográfico compatível com as necessidades dos Simuladores para Adestramento da Tropa.

### 6.2 Fases

O desenvolvimento de projeto do SIG-SGE está sendo realizado através das seguintes fases:

- Análise das necessidades;
- Definição do Modelo Conceitual;
- Estudo das Ferramentas Disponíveis;
- Definição do Projeto Físico; Desenvolvimento do Projeto Físico;
- Implantação do Projeto Físico;
- Testes de Aceitação;
- Documentação.

### 6.3 Funções

#### 6.3.1 Aquisição de Dados

A aquisição de dados, no SIG-SGE, será realizada através da digitalização, restituição ou de dados extraídos da interpretação de imagens de satélites.

A digitalização visa a aproveitar as informações analógicas dos documentos cartográficos já existentes. Essas informações serão digitalizadas, através da varredura automática dos originais cartográficos, por intermédio de um "Scanner". Caso ocorram conflitos, nesse tipo de aquisição, esses serão sanados, através da digitalização manual, utilizando-se mesas digitalizadoras.

A restituição, conforme o tipo de equipamento e fotograma, poderá ser realizada, analógica ou analiticamente, no que diz respeito as orientações interior e relativa; já a orientação absoluta será efetuada sempre analiticamente.

Os fotogramas poderão ser provenientes ou de fotografias aéreas ou de imagens de satélites.

Os dados oriundos da restituição serão armazenados, digitalmente, e, sempre que possível, com os símbolos e/ou convenções correspondentes à feição que estiverem mapeando.

Os dados resultantes da interpretação de imagens de satélite, poderão ser utilizados na atualização das informações de áreas já cartografadas ou no levantamento geométrico de áreas de feições, com características peculiares, que irão compor um determinado tema.

#### 6.3.2 Gerenciamento

O gerenciamento, no SIG-SGE, visa a inserir os dados, que foram adquiridos através da digitalização, da restituição ou por intermédio da interpretação de cenas obtidas por sensores remotos, na base de dados, conectando-lhes as informações qualitativas ou quantitativas correspondentes. Essa função deverá ser capaz de efetuar a atualização ou remoção das informações da base de dados, tanto no que diz respeito aos dados gráficos, como também aos dados tabulares.

Os procedimentos relativos à função Gerenciamento, geralmente, serão interativos e serão realizados através de um editor gráfico e de um sistema gerenciador de banco de dados.

#### 6.3.3 Análise

A função Análise, no SIG-SGE, deverá efetuar as solicitações feitas pelos diversos usuários do sistema, por intermédio da linguagem de manipulação de dados do sistema de gerenciamento de banco de dados, extraindo e/ou gerando, dessa forma, as informações correspondentes às diversas visões. Por exemplo, um determinado usuário poderá estar interessado, apenas, na representação gráfica de uma área, dispensando as informações tabulares.

O acesso ao Banco de Dados, em equipamentos com características semelhantes ao do CCAuEx, poderá ser efetuado através de atributos descritivos ou pela indicação da feição, na tela da estação de trabalho.

As visões dos diversos usuários serão representadas, fisicamente, através de uma interface padrão, especificada, conjuntamente, pelo SGE e pelos usuários.

#### 6.3.4 Exibição dos Resultados

O SIG-SGE deverá exibir os resultados, decorrentes da análise, através de documentos cartográficos ou em arquivos, com formato padrão, armazenados em mídias magnéticas.

O SIG-SGE gerará, para cada aplicação, um conjunto de arquivos inerentes à mesma.

Os documentos cartográficos poderão ser cartas produzidas por processos eletrostáticos, fotolitos ou mesmo desenhos cartográficos, gerados através de "plotter" de penas.

### 6.4 Modelo Conceitual

A modelagem do SIG-SGE foi realizada através da abordagem "top down". O método adotado na descrição das feições geográficas foi o modelo Entidade-Relacionamento.

Visando melhor representar as feições geográficas, com características semelhantes, as entidades foram grupadas da seguinte maneira:

Grupo 1 — Sistema Viário

- 1.1 Rodovias
- 1.2 Ferrovias
- 1.3 Hidrovias
- 1.4 Obras de Arte
- 1.5 Pontes
- 1.6 Terminais Terrestres
- 1.7 Terminais Portuários
- 1.8 Terminais Aéreos

Grupo 2 — Hidrografia

- 2.1 Feições Lineares
- 2.2 Feições Planares
- 2.3 Vaus
- 2.4 Travessias

Grupo 3 — Limites, Marcos e Pontos de Apoio

- 3.1 Limites
- 3.2 Marcos
- 3.3 Pontos de Apoio

Grupo 4 — Áreas

- 4.1 Florestas
- 4.2 Áreas Cultivadas
- 4.3 Áreas Governamentais
- 4.4 Solos

Grupo 5 — Construções

- 5.1 Educação
- 5.2 Saúde
- 5.3 Comunicações não Direcionadas
- 5.4 Comunicações Direcionadas
- 5.5 Água e Esgoto
- 5.6 Postos de Distribuição ou Depósito de Combustíveis
- 5.7 Instalações Especiais
- 5.8 Instalações Militares

Grupo 6 — Emissários

- 6.1 Dutos
- 6.2 Linhas

Grupo 7 — Divisão Política e Geográfica

- 7.1 Municípios
- 7.2 Estados
- 7.3 Regiões

A altimetria não faz parte da base de dados. Ela consta de um arquivo isolado, no formato Modelo de Elevação do Terreno.

As informações, não incluídas na base de dados, somente serão representadas graficamente.

## 7. Conclusões

O SIG-SGE está, ainda, na fase embrionária e deverá sofrer várias modificações, até atingir um estágio operacional. Atualmente, encontra-se na fase de definição do projeto físico.

Em breve, pretende-se especificar a saída dos produtos que serão gerados pelo SIG-SGE através da adoção de formatos de arquivos padrões, tais como, DLG (Digital Line Graphics), DEM (Digital Elevation Model) e outros que venham a ser estabelecidos pela comunidade cartográfica nacional.

O SIG-SGE deverá, futuramente, incorporar elementos de topologia, a fim de adequá-lo à orientação de objetos.

Visando acelerar o processo de aquisição e exibição de dados digitais, o CCAuEx está recebendo os seguintes equipamentos:

- Scanner/Photoplotter, capaz de digitalizar, automaticamente, por varredura, qualquer documento gráfico, bem como exibi-lo por meio da geração de fotolitos;
- Estação, com capacidade de processamento de imagem de satélite, visando à elaboração de documentos temáticos, assim como atualização de cartas;
- Restituídor analítico, com possibilidade de restituição tridimensional de imagem de satélite da série SPOT.

## 8. Referências Bibliográficas

1. ABIB, O.A. Especificação para um Sistema de Cartografia Apoiada por Computador, Dissertação de Mestrado, IME, Rio de Janeiro, 1987.
2. CHEN, P.P. The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data. ACM Transactions on Database System, 1 : 9, 1976.
3. CRAIN, I.K.; MACDONALD, C.L.; COMEAN, M.A.; RIZZO, B.R. Trends in Data Structures in GIS. 19th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Michigan, 1985.
4. DATE, C.J. Introdução a Sistemas de Banco de Dados, Editora Campos, Rio de Janeiro, 1986.
5. GUPTILL, S.C. The Impact of Computer Graphics, Data Manipulation Software and Computing on Spatial Data Structures, Harvard University, 1981.
6. KOBAYASHI, I. Cartographic Databases, Lecture Notes in Computer Science — Pictorial Information Systems, 1980.
7. TUSCO, C. Base de Dados de um Sistema de Informações Cartográficas, Dissertação de Mestrado, IME, Rio de Janeiro, 1988.