

**PERSPECTIVAS DE ATUALIZAÇÃO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO
ATRAVÉS DE IMAGENS ORBITAIS**

J. C. L. d'Alge
Instituto de Pesquisas Espaciais
Ministério da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

N. A. Ferreira
Instituto Militar de Engenharia
Ministério do Exército
Praça General Tibúrcio 80, 22290 - Rio de Janeiro, RJ, Brasil

RESUMO

A existência de áreas ainda não mapeadas e a desatualização das cartas topográficas já editadas constituem os problemas básicos do mapeamento sistemático no Brasil. Para resolvê-los faz-se necessária a implementação de um plano cartográfico nacional eficiente, que inclua o uso de imagens TM-LANDSAT e HRV-SPOT como alternativa para atualização. Experiências anteriores indicam a viabilidade de atualização da planimetria das cartas 1:250.000 e 1:100.000 com pequenas restrições relativas à resolução espacial dessas imagens. Este trabalho apresenta uma proposta de metodologia para atualização de cartas apoiada no Sistema de Informações Geográficas em desenvolvimento no INPE.

ABSTRACT

The existing unmapped areas and the lack of revision of topographic maps are the basic problems regarding the systematic mapping in Brazil. An efficient national mapping program is required to solve these problems, including the use of TM-LANDSAT and HRV-SPOT images as an alternative for the revision of systematic mapping. Tests point out the viability of map revision at scales of 1:250,000 and 1:100,000, with some restrictions related to the spatial resolution of the images. This paper presents a map revision proposal supported by the Geographic Information System under development at INPE.

1. INTRODUÇÃO

Alguns anos após o lançamento do primeiro satélite da série LANDSAT já se investigava a possibilidade de atualização de cartas através das imagens do sensor MSS. No final da última década estudos constatavam que muitas das feições típicas das cartas topográficas eram identificáveis nas imagens MSS e podiam ser posicionadas com acurácia compatível com o padrão para mapeamento na escala 1:250.000, o que levou o Canadá a implementar um programa para atualização operacional dessas cartas topográficas (Gauthier, 1988).

O advento das imagens TM do LANDSAT-5 representou um avanço em termos de resolução espacial e espectral, bem como dos dados de efemérides e atitude do satélite, muito importantes no processo de correção geométrica das imagens. Diversas avaliações da qualidade geométrica das imagens TM mostram ser possível utilizá-las para escalas iguais ou menores que 1:100.000 (Welch et alii, 1985; Borgeson et alii, 1985; Machado e Silva & d'Alge, 1986; d'Alge, 1987; Bezerra & d'Alge, 1988).

Com o lançamento do satélite SPOT, a utilização das imagens pancromáticas do sensor HRV passou a representar um progresso significativo no que diz respeito à resolução espacial e à possibilidade de uso de pares estereoscópicos (Baudoïn, 1987).

É importante ressaltar que a qualidade geométrica das imagens não é o único requisito para atualização. O conteúdo informativo das imagens, que depende da resolução espacial e qualidade radiométrica, é o fator que determina a viabilidade de atualização sobre uma certa área. Algumas vezes o relevo torna difícil a identificação da rede viária e da hidrografia. Outra tarefa árdua é a definição precisa de arruamentos nas grandes regiões metropolitanas.

Resolvidos os problemas de qualidade geométrica e conteúdo informativo das imagens, há que se estabelecer um procedimento para a detecção das alterações e a consequente transferência das novas feições para as cartas. Considerando o estado da arte no desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas e a possibilidade concreta do uso de cartas na forma

digital, a restrição para a operacionalização de uma metodologia para atualização totalmente apoiada em computadores fica por conta da detecção automática das feições típicas das cartas topográficas. Esta tecnologia, apesar de ser largamente pesquisada e já haver produzido resultados interessantes, ainda guarda certa distância em relação à operacionalização (Dowman et alii, 1986; Graça, 1987). Por estas razões é interessante pensar numa metodologia de trabalho que envolva a detecção visual de feições sobre as imagens e a tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas.

2. POSSIBILIDADE DE ATUALIZAÇÃO DE CARTAS APOIADA NO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DO INPE

2.1 DEFINIÇÃO DO PROJETO

2.1.1 SELEÇÃO DA ÁREA DE TRABALHO

Os parâmetros básicos para a escolha da carta topográfica a ser atualizada são a "idade" e o nível de atividades desenvolvidas na região com o passar dos anos. As imagens orbitais podem ser de grande valia no monitoramento e detecção de alterações significativas, ajudando a definir áreas prioritárias para atualização, o que vem de encontro a um desenvolvimento sócio-econômico coerente.

2.1.2 DEFINIÇÃO DOS PLANOS DE INFORMAÇÃO

Os planos de informação são definidos a partir das feições típicas das cartas topográficas que incluem os vários tipos de estradas, ferrovias, hidrografia, zonas urbanas, linhas de transmissão de energia, oleodutos, atividades de mineração e uma classificação sintética da cobertura vegetal e/ou uso da terra.

A interpretação visual feita sobre as imagens orbitais com o auxílio da carta topográfica existente produz resultados ainda mais úteis que os atualmente conseguidos através de uma interpretação totalmente automática. As técnicas de classificação automática baseadas nas características espectrais dos alvos não conseguem separar adequadamente algumas feições típicas que apresentam valores próximos de

reflectância (Turner & Stafford, 1986).

A definição dos planos de informação deve ser feita de acordo com as categorias previstas para o modelo de dados geo-relacional do SIG. Deste modo, a rede viária, as linhas de transmissão de energia e os oleodutos pertencem à categoria rede, enquanto a hidrografia é definida como uma categoria distinta por apresentar características de dados poligonais e de rede. Convém lembrar que um projeto pode incluir planos de informação de uma ou várias categorias (Erthal et alii, 1988).

2.1.3 SELEÇÃO DAS IMAGENS TM-LANDSAT E HRV-SPOT

Sempre que houver possibilidade é recomendável a utilização de composições coloridas processadas com a finalidade de realçar as feições de interesse aos trabalhos de interpretação e mapeamento. É oportuno lembrar que este procedimento é oneroso e não se apresenta perfeitamente definido, uma vez que o tratamento digital requerido pode variar de acordo com as características da região.

Resultados satisfatórios podem ser obtidos trabalhando-se com bandas isoladas convenientemente escolhidas (TM 3 e 4, HRV 2 e 3), um mínimo de tratamento radiométrico (contraste), e imagens de épocas que reflitam condições climáticas e ambientais distintas.

No caso do Brasil, as imagens têm que ser corrigidas geometricamente - pelo menos correção de sistema - para a projeção UTM, o que equivale a se fazer uso das imagens TM-LANDSAT atualmente disponíveis no INPE ou das imagens HRV-SPOT níveis 2A e 2B, ainda em fase de implementação.

2.2 CRIAÇÃO DOS PLANOS DE INFORMAÇÃO

2.2.1 ENTRADA DOS DADOS ANTIGOS NO SIG

A rede viária constitui o conjunto de feições mais sujeitas a alterações numa carta topográfica. Na hidrografia as principais mudanças restringem-se à construção de represas, à implantação de canais de irrigação e à retificação de trechos de rios. Para fins de simplificação e clareza, apenas o plano de informação

relativo à rede viária será doravante considerado.

O SIG permite a entrada de cartas através de uma mesa digitalizadora. Inicialmente é feita uma calibração entre os sistemas de coordenadas UTM e da mesa por meio de uma transformação afim plana definida a partir de quatro pontos de controle. As linhas que formam a rede viária são digitalizadas ponto a ponto ou via modo contínuo e armazenadas no plano de informação com representação vetorial.

A entrada de dados é complementada pelas operações de ajuste e poligonalização das linhas, sendo realizada a seguir a rotulação das feições de acordo com as classes fixadas para a rede viária na carta topográfica (auto-estrada, estrada pavimentada, estrada sem pavimentação, caminho, trilha, ferrovia). O SIG prevê também uma operação de edição para a correção de eventuais erros na etapa de digitalização (Erthal et alii, 1986).

É importante enfatizar que a entrada de dados via mesa digitalizadora é bastante custosa, requerendo um operador extremamente cuidadoso. Uma alternativa - ainda não disponível no SIG - é a utilização de digitalizadores de varredura ou "scanners", que armazenam os dados na representação "raster" ou de varredura. Esta opção, contudo, requer todo um sistema de "software" para resolver o difícil problema da transformação do formato "raster" para o vetorial no caso em que se tem uma imagem em tons de cinza. Apesar de existirem alguns sistemas dedicados a esta tarefa, a entrada de dados via mesa digitalizadora ainda é um procedimento eficaz, desde que criteriosamente aplicado (Peuquet & Boyle, 1983).

2.2.2 ENTRADA DOS DADOS NOVOS NO SIG

A primeira etapa para o levantamento da rede viária nova ou atual é a utilização das imagens TM ou HRV selecionadas, na forma de transparências positivas, no projetor PROCOM (Gregory Geoscience), que permite, através de ampliações precisas, a superposição de imagens em escalas pequenas (1:1.000.000 ou 1:500.000) com cartas em escalas grandes (1:25.000 a 1:100.000). O registro entre a imagem e a carta é importante para a criação do plano de

informação com os dados novos na mesma escala do que contém os dados antigos; além disso, tal procedimento permite ao fotointérprete usar como auxílio a informação já existente na carta.

Sempre que possível a imagem deve ser registrada com cartas numa escala maior que a carta a ser atualizada para garantir maior precisão no posicionamento das novas feições na escala final de trabalho. Deste modo, para atualização de uma carta 1:100.000 é interessante que sejam usadas as quatro cartas 1:50.000 correspondentes; no caso da carta 1:250.000, utilizam-se as seis cartas 1:100.000 (Turner & Stafford, 1986).

Uma vez feito o registro imagem-carta sobre a mesa digitalizadora, procede-se à criação do plano de informação que contém a rede viária atual. Após o procedimento de calibração a carta pode ser retirada da mesa, tendo início a etapa de digitalização das linhas que formam a rede viária na imagem, seguida pelas operações de ajuste e poligonalização.

A rotulação dos dados novos requer um trabalho de campo ou reambulação para que possam ser associadas à rede viária atual as mesmas classes já definidas na carta antiga. Mapas rodoviários confiáveis podem ajudar nesta tarefa. Cumpridas estas etapas, fica criado e rotulado o plano de informação que contém a informação da rede viária atual extraída das imagens.

2.3 MANIPULAÇÃO DOS PLANOS DE INFORMAÇÃO

2.3.1 CONVERSÃO DE DADOS NA REPRESENTAÇÃO VETORIAL

Um problema a ser considerado no caso do Brasil é a grande possibilidade da carta antiga estar referida à Córrego Alegre como datum horizontal, havendo então a necessidade de uma transformação para o SAD-69. Esta função encontra-se em fase de implementação no SIG.

Outra função importante do sistema é o módulo de transformações geométricas, que pode ser utilizado nos casos em que a carta antiga está na projeção de Gauss e não na projeção UTM. Neste caso, um novo projeto é criado, pois projeção é atributo de projeto no SIG.

Uma vez realizadas as transformações de datum e/ou projeção, o plano de informação da rede viária é convertido da representação vetorial para o formato "raster" para que possam ser iniciados os procedimentos de manipulação.

2.3.2 MANIPULAÇÃO NA REPRESENTAÇÃO "RASTER"

Na manipulação entre os planos de informação que contém as redes viárias antiga e atual pode-se utilizar a função de sobreposição, que inclui as operações de interseção e união - E e OU lógicos. O resultado da interseção dos dois planos de informação seria a parte da rede viária antiga que permanece inalterada até a data da atualização. Para detectar as alterações - estradas novas e estradas não mais existentes - há que se implementar operações de diferença entre os planos de informação. Deve-se esclarecer que toda a manipulação realizada respeita as classes estabelecidas na rotulação.

3. RESTRIÇÕES E PERSPECTIVAS DA METODOLOGIA PROPOSTA

A grande restrição de uso do SIG para a atualização relaciona-se à saída dos dados. O sistema já permite a colocação de legendas e texto, mas ainda não resolve o problema da transformação da representação "raster" para o formato vetorial no caso em que as feições são definidas como polígonos abertos (rede viária), tornando impraticável a saída de dados numa plotadora vetorial. É óbvio que este problema estaria resolvido com a possibilidade de utilização de uma plotadora "raster".

Não obstante, as restrições apontadas, além de servirem de estímulo para os próximos desenvolvimentos, de forma alguma comprometem os esforços dispensados no sentido de viabilizar uma metodologia para atualização do mapeamento sistemático com a ajuda do Sistema de Informações Geográficas do INPE.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUDOIN, A. Premier bilan des traitements et de l'utilisation des images SPOT par L'Institut Géographique National. SPOT 1 Premiers resultats en vol. CNES, Toulouse, pp 41-47, 1987.
- BEZERRA, P.C.R.; D'ALGE, J.C.L. Subsistema TM precision: avanços e perspectivas. In: V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, outubro de 1988.
- BORGESON, W.T.; BATSON, R.M.; KIEFFER, H.H. Geometric accuracy of LANDSAT-4 and LANDSAT-5 Thematic Mapper images. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 51(12):1893-1898. 1985.
- D'ALGE, J.C.L. Qualidade geométrica de imagens TM do LANDSAT-5. In: XIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Brasília, julho de 1987.
- DOWMAN, I.J.; GUGAN, D.J.; MENEGUETTE, A.A. Techniques for mapping and revision using digital imagery from space. In: IV Symposium on Mapping from Modern Imagery, Edinburgh, Scotland, 1986.
- ERTHAL, G.J.; OLIVEIRA, M.O.B.; FELGUEIRAS, C.A.; CÂMARA NETO, G.; PAIVA, J.A.C. O banco de dados geográficos do INPE. In: I Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, Rio de Janeiro, abril de 1986.
- ERTHAL, G.J.; ALVES, D.S.; CÂMARA NETO, G. Modelo de dados georrelacional: uma visão conceitual de um Sistema de Informações Geográficas. In: I Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, Petrópolis, abril de 1988.
- GAUTHIER, J.R.R. Map revision with satellite imagery: a powerful alternative. In: XVI ISPRS Congress, Kyoto, Japan, 1988.
- GRAÇA, L.M.A. A concept for automatic change detection in revision of topographic maps by means of digital image processing and pattern recognition techniques. M.Sc. thesis in Photogrammetry, Enschede, The Netherlands, 1987.
- MACHADO E SILVA, A.J.F.; D'ALGE, J.C.L. Avaliação da qualidade geométrica das imagens TM-LANDSAT. In: Simpósio Latino-americano de Sensoriamento Remoto, Gramado, agosto de 1986.
- PEUQUET, D.J.; BOYLE, A.R. Raster scanning, processing and plotting of cartographic documents. University of California, Santa Barbara, USA, 1983.
- TURNER, A.M.; STAFFORD, D.R. Operational revision of national topographic maps using LANDSAT images - The Canadian experience. In: IV Symposium on Mapping from Modern Imagery, Edinburgh, Scotland, 1986.
- WELCH, R.; JORDAN, T.R.; EHLERS, M. Comparative evaluations of the geodetic accuracy and cartographic potential of LANDSAT-4 and LANDSAT-5 Thematic Mapper image data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 51(9):1249-1262. 1985.