

# SISTEMA DE ATUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA APOIADO POR COMPUTADOR

Rogério Gonçalves Guimaraes<sup>1</sup>  
Nilton Nobuhiro Imai<sup>1</sup>  
Erivaldo Antonio da Silva<sup>1</sup>  
Adão Robson Elias<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Ciências e Tecnologia - FCT/UNESP  
Rua Roberto Simonsen, 305, Jardim das Rosas, 19060-900, Presidente Prudente, SP, Brasil  
nnimai@prudente.unesp.br  
erivaldo@prudente.unesp.br

**Abstract.** The aim of this paper is to present a map updating prototype system. The map features and Remote Sensing data are displayed together on the screen, this allows that the analyst identifies the features to be updated. The validation was carried out in the Remote Sensing course practical activities.

## Introdução

O tempo é um importante fator de perda de fidelidade de um conjunto de registros de um mapa, pois modificações naturais ou provocadas pelo homem pode alterar a realidade ali representada. Portanto, se a fidelidade das informações disponíveis é um dos fatores mais importantes para a utilização cartográfica, então é necessário que as modificações que ocorram no mundo real sejam registradas.

O processo de atualização cartográfica vem recebendo importantes contribuições, principalmente no que tange à aquisição de dados e seu processamento, o que por sua vez, tem possibilitado uma melhor manutenção da fidelidade das informações cartográficas. Dessa maneira, além de fontes de dados adequados para obtenção de novas informações, é necessário que haja processos rápidos e de menor custo para aquisição de informações espaciais.

Como uma resposta à necessidade de existência de mapas ou informações espaciais atualizados com rapidez e precisão, implementou-se um sistema que permite a atualização de mapas com o apoio do computador. Assim sendo, na operação do sistema foi previsto a visualização da imagem e mapa simultaneamente, mais especificamente uma sobre a outra para que o operador analista possa identificar as feições cartográficas que deverão ser atualizadas. Para tanto, foram implementados métodos apropriados para reamostrar a imagem no mesmo referencial que o mapa.

A extração das feições de interesse são feitas pelo operador analista através de funções que permitem a geração de pontos, linhas e polígonos a serem inseridos no mapa atualizado, de acordo com o sistema de coordenadas do próprio mapa. Nesse sentido, algumas funções gráficas estão disponíveis no sistema.

Então, os resultados de uma atualização serão registrados em um arquivo de entidades gráficas de maneira que poderão ser visualizadas no monitor de um computador ou então exportados em um arquivo de formato público (DXF). Desta forma, as tarefas de um operador analista no processo de atualização cartográfica serão simplificados substancialmente.

## **Objetivos do Trabalho**

O presente trabalho tem como objetivo a apresentação de um protótipo que permite a atualização de mapas com o apoio do computador, prevendo a visualização da imagem sobreposta com o mapa, para que o operador analista possa identificar feições a serem atualizadas.

Para isso foram implementadas, neste programa, recursos para identificação e seleção de pontos homólogos, métodos de ajustamento para determinar os parâmetros de uma transformação geométrica, técnicas de processamento de imagens incluindo interpoladores necessários ao registro geométrico entre imagem e mapa e de importação e exportação de dados no formato DXF.

## **Modelagem do protótipo**

Para implementação do sistema proposto optou-se por uma linguagem orientada a objetos, adotando uma concepção funcional orientada a eventos, compatível com a funcionalidade do ambiente Windows.

Através dos recursos de uma linguagem orientada a objetos foi possível à implementação de transformações geométricas e visualização (“display”) de imagens, em ambiente gráfico interativo. Tudo isso foi proporcionado pelo compilador Borland C++ 4.0, que possibilita a utilização de recursos do modo gráfico do Windows, os quais estão disponíveis na biblioteca de APIs. Devido as vantagens apresentadas, esse compilador constitui-se numa ferramenta de concretização do processo de modelagem em um aplicativo para Windows.

O processo de modelagem, foi realizado, através da conversão do Universo Matemático / Conceitual para o Universo de Implementação (programa executável) através de um universo de representação (código fonte do programa).

## **Registro Geométrico**

A operação de registro geométrico tem como objetivo compatibilizar dados espaciais que se referem a mesma região geográfica. Desta forma, os conjuntos de dados registrados estarão referenciados ao mesmo sistema de coordenadas. As operações de registro mais comuns são realizadas entre imagem x mapa e imagem x imagem. Para realização do registro geométrico foram considerados os elementos comparador, transformação de coordenadas planas, ajustamento de observações (método paramétrico) e reamostragem da imagem.

## **Desenvolvimento**

### **Ambiente do Sistema e Carregamento de Imagem**

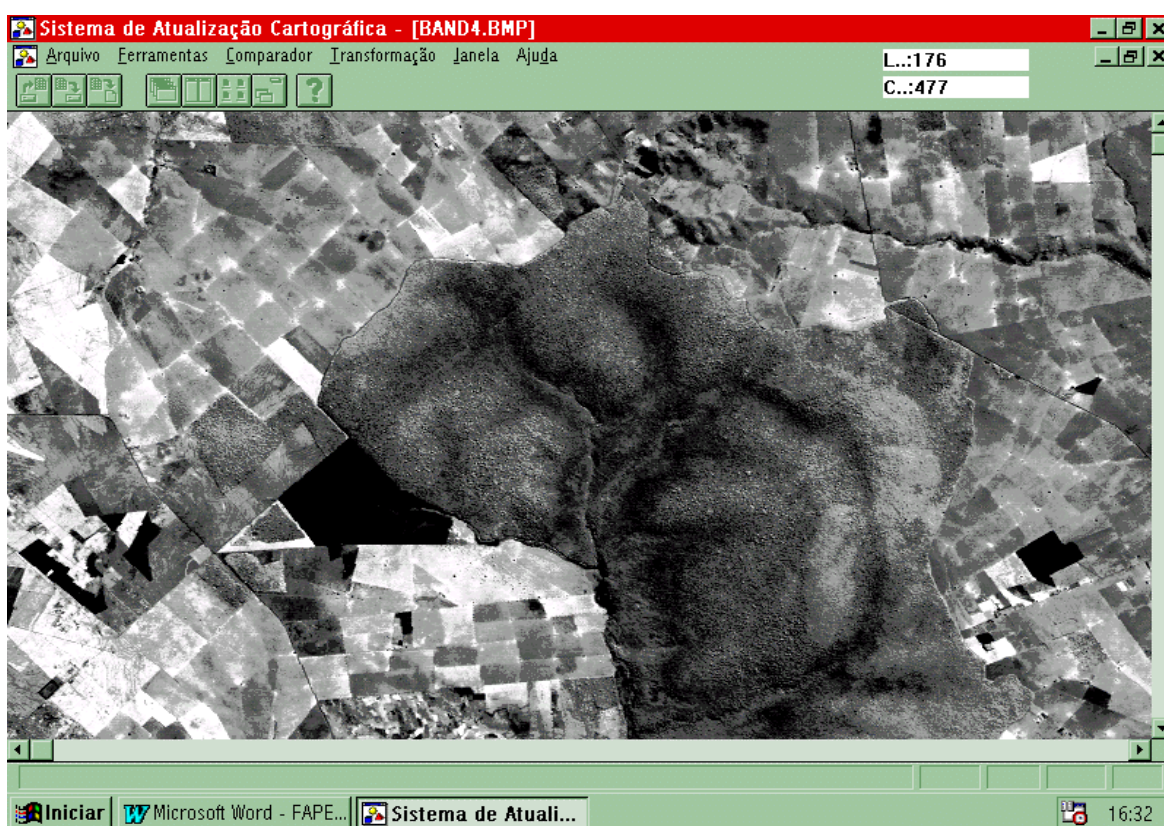
O ambiente do sistema foi gerado através de uma classe de janela principal (TMDIFrame), com o auxílio do Resource Workshop (editor de janelas e ícones do Borland C++) para criação de menus e edição de ícones e janelas.

Algumas funções do sistema podem ser executadas tanto pelo menu quanto por ícones, expostas em uma barra de ferramentas logo abaixo do menu.

A barra de ferramentas foi gerada pela classe TControlBar em conjunto com a classe TButtonGadget( ), no qual esta última recebe bitmaps para os botões (ícones) que aparecem na barra de ferramentas.

O carregamento de imagens raster é realizado pelas classes TBitmap e TPalette, tal que a primeira é responsável pelo mapa de bits e a segunda pelo paleta de cores que está relacionado ao mapa de bits (padrão R.G.B.).

Estas imagens são visualizadas em janelas-filha, mostradas na área cliente da janela-principal. As janelas-filha pertencem a classe TPDICChild derivada da classe TMDICChild, é nesta classe que são executados os objetos relacionados ao carregamento de imagens como também a visualização destas em janelas-filha, como mostra a **figura 1**:



**Figura 1 - Imagem Visualizada**

O usuário ao fazer uso uma imagem orbital (Landsat ou Spot), terá a vantagem de realizar a visualização de diferentes bandas, incluindo também imagens multiespectrais.

### **Importação de Arquivo em Formato Público (DXF)**

As informações de um arquivo DXF são do tipo ASCII (American Standard Code for Information Interchange) em vez de dados binarizados, facilitando ao usuário a sua interpretação e transferência para outros ambientes. Um arquivo DXF é dividido em quatro seções: Cabeçalho, Tabelas, Blocos e Entidades.

## Comparador

O programa permite que o operador analista realize a tarefa de atualização através da visualização simultânea da imagem e do mapa e, assim, identifique as feições cartográficas que deverão ser atualizadas. Para tanto, métodos apropriados para corrigir geometricamente e realizar uma mudança de sistema de coordenadas na imagem estão disponíveis. Tal procedimento necessita das coordenadas de pontos homólogos nos sistemas de referência do mapa e da imagem.

Desta forma, logo após o operador analista ter visualizado a imagem raster e o mapa digital, ficará ativo no sistema a opção do Comparador. Ao selecionar essa opção, o programa irá visualizar a imagem raster e o mapa lado a lado (função CmTileChildren do Borland C++), para que desta forma o usuário possa identificar os pontos homólogos de interesse nas duas imagens (**figura 2**). Estes pontos serão utilizados para uma posterior transformação geométrica de coordenadas.



Figura 2 - Mapa e Imagem visualizados de forma que identifique pontos homólogos

## Transformação Geométrica de Coordenadas

A transformação geométrica que será realizada na imagem raster não implicará em uma correção

geométrica acentuada, pois o aplicativo parte do pressuposto que esta imagem já tenha sofrido, a priori, correções apropriadas ao sistema de aquisição.

Sendo assim o sistema irá permitir ao operador analista optar por dois tipos de transformação de coordenadas: afim ou isogonal.

Através do tipo de transformação escolhida pelo operador analista o sistema irá realizar o ajustamento pelo método paramétrico, no qual será considerado o modelo matemático da transformação escolhida e as coordenadas obtidas no comparador (este processo dentro do sistema é realizado por uma série de multiplicação, soma e subtração de matrizes). Após a obtenção dos parâmetros do ajustamento o sistema irá mostrar, no monitor de vídeo, o resíduo obtido neste processo com a opção de ser aceito ou não.

Caso o ajustamento do modelo matemático escolhido seja aceito o programa irá gravar em um arquivo as coordenadas obtidas pelo comparador em conjunto com os parâmetros de transformação. Vale ressaltar também que as etapas realizadas no ajustamento pelo método paramétrico são salvas em arquivos. Tal procedimento foi adotado, devido a quantidade de memória utilizada ao realizar operações com matrizes.

Desta forma a imagem raster será remapeada para o referencial do mapa, necessitando de uma reamostragem (processo realizado através das classes TDib e TDibDC) . Neste caso o programa deixa a disposição do operador analista duas opções de reamostragem: bilinear e convolução cúbica.

Com a imagem raster transformada e reamostrada o sistema poderá visualizar as feições do mapa digital sobre a imagem.

### **Estrutura de Atributos e Gerenciamento de Memória**

A estrutura de atributos tratada no programa são referentes as funções das ferramentas gráficas (coordenadas, penas, plano em que estão as informações e etc) utilizadas pelo sistema. Esta estrutura é bem particular ao programa, pois foi gerada de maneira a suprir as necessidades da metodologia proposta no trabalho e, são as seguintes:

- campo TipoFeição refere-se ao tipo de ferramenta gráfica utilizada pelo usuário no momento da digitalização;
- variáveis COOrdX<sub>1</sub>, CoordY<sub>1</sub>, CoordX<sub>2</sub>, CoordY<sub>2</sub> são as coordenadas obtidas através do dispositivo de controle de cursor, "mouse", pelo acionamento de um de seus botões (esquerdo) no momento da digitalização;
- pena variável que contém a cor do tipo de feição.

Esta estrutura de dados será armazenada na memória, por alocação dinâmica através de listas encadeadas. O funcionamento da lista é dado pela inserção de mais um elemento a estrutura de dados (ponteiro), o qual será o elo de ligação entre os elementos contidos na lista.

A criação da lista é dada por um ponteiro (primeiro elemento) que inicialmente estará apontado para NULL (fim da lista) até ser inserido o próximo elemento, com a inserção de um elemento a lista, o primeiro elemento apontará para o segundo e este para NULL, inserindo mais um elemento o primeiro apontará para o segundo, o segundo para o terceiro e este para NULL.

Estes elementos serão alocados na memória através do comando `malloc( )`, no qual é requisitada uma porção de memória livre, conforme o tamanho da estrutura de dados.

A função utilizada para liberar memória em alocação dinâmica é o `free( )`, este comando deixa disponível ao sistema a quantidade de memória ocupada pelo elemento excluído.

O usuário tem também a opção de salvar as informações em disco, as quais serão buscadas nas listas alocadas dinamicamente.

Ao criar ou carregar um arquivo (vetorial em coordenadas de tela), o sistema gera o encadeamento de listas, de forma que mais tarde possam ser gravadas em disco.

Para que essas informações possam ser gravadas, primeiramente deve-se criar ou abrir um arquivo através da função `fopen( )`. Tendo realizado tal procedimento o arquivo estará pronto para gravação ou leitura, conforme o parâmetro utilizado no momento de abertura. As informações que serão gravadas estão relacionadas a estrutura de atributos (já mencionada), mais o caminho (path) da imagem que será carregada. Foi utilizado para gravação dos dados a função `fprintf( )` e para a leitura a função `fscanf( )`.

Caso o usuário tente criar um arquivo, sem antes executar o processo de transformação na imagem o sistema mostrará uma mensagem, para o usuário efetuar tal procedimento. Ao selecionar a opção abrir o programa abrirá um quadro de diálogo referente ao mapa, carregando assim a imagem referente a este mapa, através do caminho gravado em arquivo.

### **Exportação do Arquivo de Atributos em Formato Público**

Após o operador analista ter realizado a vetorização de todas as feições de seu interesse na imagem, através das ferramentas gráficas disponíveis no sistema, o operador analista tem a opção de exportar estas informações em um arquivo de formato público (DXF).

A medida que essas informações são acessadas na memória (listas encadeadas) é realizada uma transformação das coordenadas do referencial de tela para o referencial do mapa, através de um modelo matemático utilizado na transformação de referencial da imagem. Desta forma o operador analista terá condições de manipular e atualizar as informações provindas de qualquer tipo de software CAD ou SIG.

### **Validação do protótipo**

Desde do início desta pesquisa um dos objetivos era a utilização deste protótipo em atividades práticas de laboratório, dando assim uma grande contribuição como apoio didático. Neste sentido, o Sistema de Atualização Cartográfica (SAC) foi testado na prática em uma turma do curso de bacharelado em Geografia da FCT/UNESP, com a finalidade de fazer a sobreposição de imagens vetoriais sobre imagens raster, proporcionando assim uma melhor visualização para a atualização das feições de um mapa de interesse.

A prática foi elaborada por um aluno de pós-graduação do curso de Ciências Cartográficas com experiência em levantamento de áreas degradadas.

Foi proposto um projeto de mapeamento de áreas degradadas pela ação de erosão do solo, através de mapas e imagens de Sensoriamento Remoto.



A escolha da área de estudo, para a aplicação, foi realizada obedecendo alguns critérios, tais como:

- disponibilidade de material para consulta e pesquisa;
- acesso fácil e rápido ao local;
- conhecimento prévio do local;
- obtenção de imagens recentes do local, para que houvesse a possibilidade de comparação com outras imagens mais antigas, possibilitando também uma análise temporal;
- ambiente em fase de degradação, devido a falta de cuidados dos agricultores e das prefeituras municipais, provocando a destruição das águas em geral.

Desta forma foi selecionada uma área localizada entre as cidades de Presidente Prudente e Álvares Machado no extremo oeste do estado de São Paulo.

Depois da realização das atividades práticas de campo, passou-se às atividades de laboratório. A carta topográfica do IBGE, da área de estudo, foi digitalizada, vetorizada, editada e georreferenciada, gerando desta forma a base cartográfica digital. Em paralelo as imagens de satélites utilizadas foram georreferenciadas.

De posse dos dois resultados - base cartográfica digital e imagens georreferenciadas, os alunos fizeram a sobreposição entre eles utilizando o protótipo de Sistema de Atualização Cartográfica (SAC).

Feita a sobreposição, com sucesso, através do SAC, foi realizada uma inspeção visual baseada tanto nas características espectrais dos fenômenos de degradação ambiental, quanto no conhecimento sobre a realidade adquirida nos trabalhos de campo. As figuras 3a e 3b apresentam os resultados obtidos.

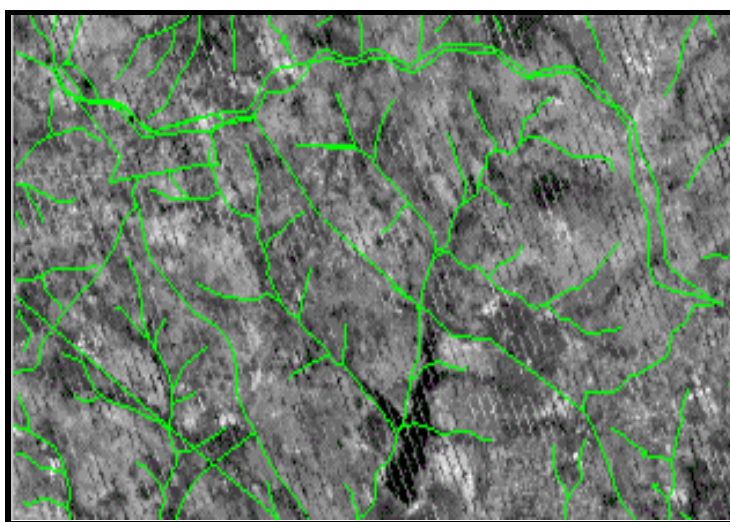


Figura 3 a - Registro imagem x mapa feito através do sistema de atualização cartográfica

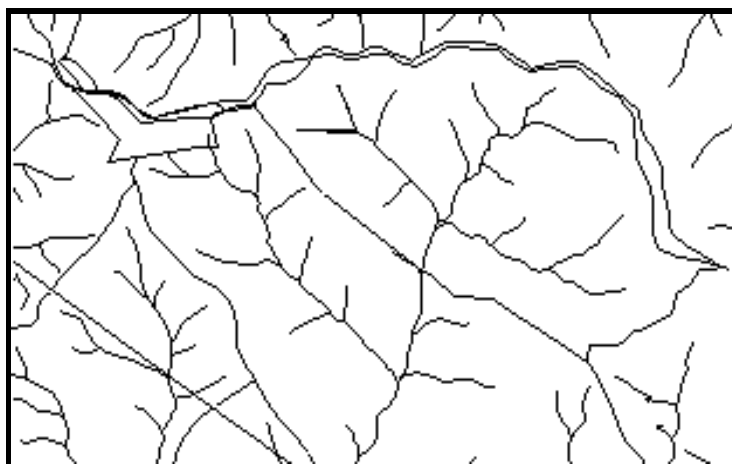


Figura 3b - Resultado obtido, mapa digitalizado, na validação do protótipo

A etapa que envolveu o uso do SAC - Sistema de Atualização Cartográfica foi finalizada com sucesso e auxiliou sobremaneira o projeto de mapeamento de áreas degradadas pela ação de erosão do solo a obter êxito. Desta forma, a idéia inicial de que o SAC poderia auxiliar em atividades didáticas foi, na prática comprovada. Tal fato faz com que os resultados obtidos durante a realização desta pesquisa devam ser utilizados no auxílio de atividades didáticas a nível de graduação e pós-graduação.

### **Conclusões e Recomendações**

Pode-se concluir que o presente trabalho alcançou com êxito o seu objetivo. Para a execução dos testes foram utilizadas as seguintes informações: mapa digital referente ao Parque Estadual Morro do Diabo e imagem TM-Landsat na banda 5 referente à área do referido Parque.

Ao realizar os testes nas imagens orbitais, notou-se que dependendo da acurácia do operador na obtenção dos pontos homólogos, o sistema pode chegar a uma precisão menor que 2 pixels na imagem reamostrada, acarretando assim uma boa sobreposição do mapa com a imagem. Foi notado também que imagens com uma precisão maior que três pixels em sua reamostragem, obtiveram resultados bastante ruins em sua sobreposição mapa / imagem.

A validação do protótipo mostra que, na prática, o Sistema de Atualização Cartográfica - SAC pode dar uma valiosa contribuição a área acadêmica, quando um dos propósitos for a extração de feições cartográficas visando a atualização de produtos cartográficos. Há ainda outras aplicações que podem ser realizadas através do SAC, conforme já apresentadas.

Sugere-se como recomendação para o sistema a implementação de um dispositivo de zoom, de forma que o operador possa visualizar melhor as feições a serem atualizadas.

Recomenda-se também a elaboração de uma ferramenta que automatize a obtenção de pontos homólogos, pois desta forma pode-se chegar a uma boa precisão sem grandes esforços do analista.



## **Perspectivas Futuras**

Este protótipo é um módulo inicial do projeto intitulado “**ATUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES ESPACIAIS**”, o qual está sendo desenvolvido na FCT/UNESP. Este projeto integra as atividades de pesquisa docente às atividades de alunos tanto do Curso de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas quanto de alunos de Graduação envolvidos em trabalho de iniciação científica. As implementações futuras envolvem desde dispositivos de zoom e pan para lidar com imagens que contenham um grande volume de dados (dezenas de MBYTES), automatização da obtenção dos pontos homólogos entre imagem e mapa, automatização parcial do processo de extração de feições (processos semi-automáticos), integração com SIG e GPS atualizando planos de informação (cover do Arc/Info ou Plano de Informação do SPRING) e recebendo dados coletados através de receptores GPS para compor informações espaciais destinadas à atualização.

## **Agradecimentos**

Este trabalho pôde ser realizado graças a colaboração financeira da FAPESP através da concessão de uma bolsa de Iniciação Científica para o autor principal deste trabalho.

## **Referências Bibliográficas**

- FREITAS, Adriana Cartreghini De; Oliveira, Francisco Henrique De; Picolo, Sivaldo Aparecido. *Mapeamento Digital de uma Área do Pontal do Paranapanema*. Presidente Prudente, SP: Depto de Cartografia/UNESP, 1993. 95p
- HOLZNER, Steven. *Programando em C++*. Rio de Janeiro: Editora Câmpus, 1993, 432p.
- HOLZNER, Steven. *Borland C ++ Programação for Windows*. São Paulo: Makron Books, 1994, 551p.
- IMAI, N.N., SILVA, E.A., GALO, M.L.B.T., SHIMABUKURO, M.H.S. O Sistema Didático de Processamento digital de Imagens da FCT/Unesp. In: JORNADA DE EDUCAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO NO ÂMBITO DO MERCOSUL, 1., 20-23/maio/1997, Balneário de Camboriú-SC, Anais... Balneário de Camboriú, p. 139-142.
- SCHILDT, Hebert. *C completo e total*. São Paulo: Makron Books, 1990, 889p.
- SILVA, Antonio Ferreira Machado e. *Dissertação de mestrado, Modelos de Correção Geométrica para Imagens HRV-SPOT*. São José dos Campos, SP: INPE, 1988. 219p
- YAO, PAULO. *Borland C++ 4.0 Programação for Windows*. São Paulo, SP: Makron Book 1995. 983p