

UMA BIBLIOTECA DE PONTOS DE CONTROLE PARA IMAGENS MSS LANDSAT

Fernando A. Mitsuo II, Nelson D.A. Mascarenhas e Emílio K. Konishi

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
12200 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema para criação, manutenção e gerenciamento de uma biblioteca de pontos de controle. Um ponto de controle é uma característica fisicamente detectável numa cena, cuja localização geodésica é precisamente conhecida. O uso destes pontos é de fundamental importância num sistema de correção geométrica de imagens de satélite, pois fornecem referências para o refinamento das equações que descrevem a geometria de uma imagem. A biblioteca permitirá que pontos de apoio pertencentes a uma dada região sejam recuperados de uma maneira rápida e eficiente, para possibilitar melhor desempenho no processo de correção geométrica de imagens.

ABSTRACT

The objective of this work is to develop a system for the creation, maintenance and management of a library of ground control points. A ground control point is a physically detectable characteristic in a scene, with a precisely known geodetic placement. The use of these points is fundamentally important in a system for the geometric correction of satellite images since they provide references for the refinement of the equations that describe the geometry of an image. The library will allow that control points belonging to a given region be retrieved in a fast and efficient manner in order to obtain a better performance in the process of geometric correction of the images.

1. INTRODUÇÃO

As imagens digitais obtidas por satélites apresentam distorções geométricas, devido às características do sensor e as variações da plataforma. Estas distorções diminuem a precisão da informação extraída das imagens, reduzindo sua utilidade.

Um grande número de aplicações, desenvolvidas para manipular as informações obtidas, necessitam de dados de boa confiabilidade. Entre as aplicações mais comuns podem ser citadas: detecção de mudanças de alvos, mosaico, cartografia, etc.

Para corrigir os dados de imagens, os erros geométricos internos e externos devem ser determinados. Erros internos são devidos aos efeitos do sensor e podem ser calculados a partir das medidas de calibração dos sensores. Erros externos são devidos às variações da plataforma e às características da cena, os quais podem ser corrigidos por meio de pontos de controle no terreno e de dados de atitude e efemérides do satélite.

Entre as principais fontes de erros geométricos para o sensor MSS do satélite LANDSAT podem ser citados (Bernstein, 1976): desvios na altitude, atitude, velocidade, varredura, rotação da terra, etc.

O CNPq/INPE está desenvolvendo um sistema integrado para correção geométrica de imagens do sensor MSS do satélite LANDSAT (sistema CARTA).

O objetivo deste sistema é produzir imagens digitais, corrigidas geometricamente na projeção desejada e mosaicos digitais. Tais produtos serão muito úteis na geração de cartas na escala de 1:250.000 para todo o País, principalmente na Região Amazônica, e na obtenção de imagens digitais para sua integração direta em um sistema Geográfico de Informações (SGI).

O fluxograma do sistema CARTA consta de 8 módulos que executam as diversas tarefas necessárias, a saber:

- a) *Módulo 0 - Gerenciamento*: especificação das tarefas a serem efetuadas, bem como a verificação dos procedimentos já realizados e dos arquivos residentes.
- b) *Módulo 1 - Determinação dos Parâmetros da Imagem*: obtenção dos dados de atitude e efemérides do satélite.
- c) *Módulo 2 - Aquisição de CCT*: geração do arquivo de imagem a ser corrigido.
- d) *Módulo 3 - Biblioteca de Pontos de Controle*: criação, gerenciamento e manutenção de uma biblioteca de pontos de controle.
- e) *Módulo 4 - Equacionamento Geométrico da Imagem*: determinação da matriz de correção da imagem.
- f) *Módulo 5 - Reamostragem*: construção da imagem corrigida a partir da matriz de correção.
- g) *Módulo 6 - Mosaico*: união de cenas com o objetivo de obter uma imagem combinada que contenha a área de interesse ou obedeça à grade padrão UTM.
- h) *Módulo 7 - Geração de CCT de saída*: fita CCT em formato especificado, com imagem ou mosaico na projeção desejada.

O fluxo de processamento é mostrado na Figura 1.

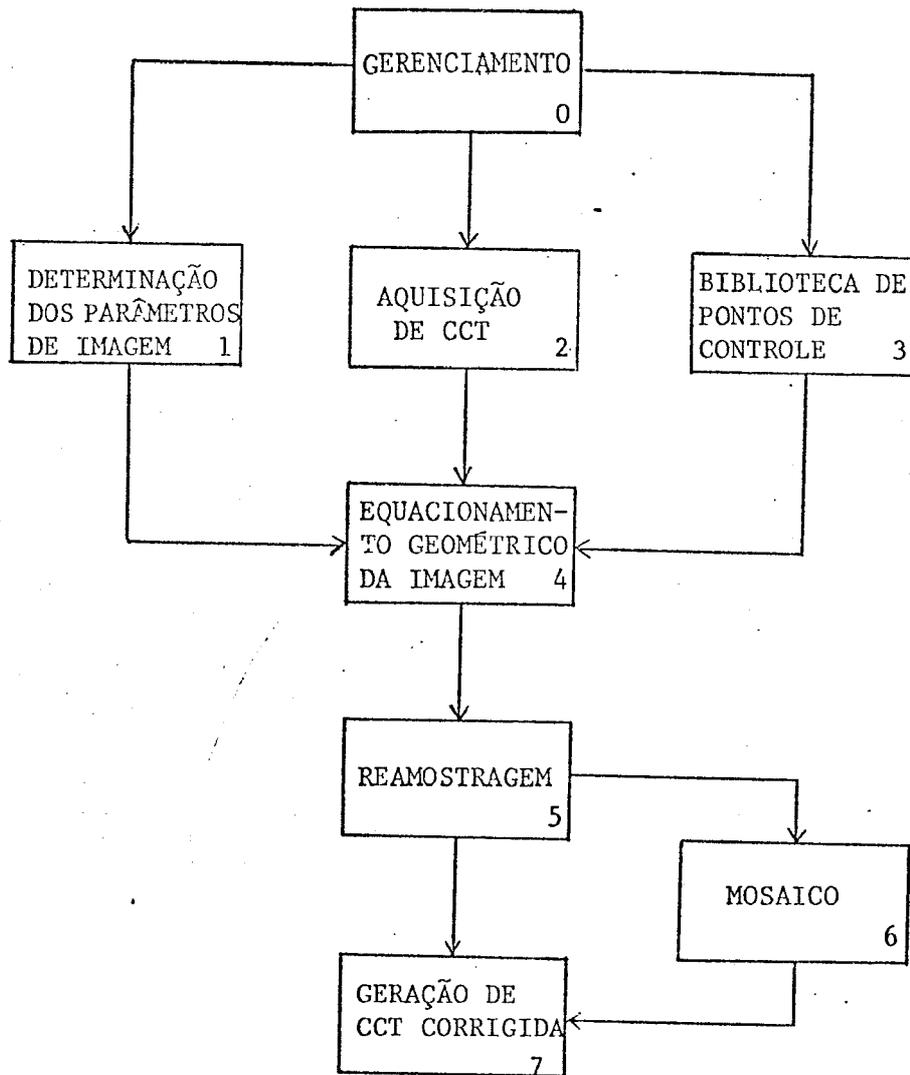


Fig. 1 - Fluxo de processamento do sistema CARTA.

Este trabalho descreve a construção do módulo 3, Biblioteca de Pontos de Controle.

A Seção 2 apresenta os objetivos da biblioteca, a organização de seus arquivos, bem como o fluxograma do sistema. A Seção 3 descreve cada uma das fases que compõem o sistema. Finalmente, a Seção 4 apresenta o ambiente computacional, onde está sendo desenvolvido o sistema, e as perspectivas futuras de desenvolvimento.

2. BIBLIOTECA DE PONTOS DE CONTROLE (BPC)

2.1 - OBJETIVOS

Certas distorções nas imagens, tais como aquelas devidas à curvatura da Terra, podem ser removidas com base nas equações derivadas dos dados de telemetria recebidos do satélite. Outras, como a atitude do satélite, exigem valores com muita precisão. No caso do satélite LANDSAT, as estimativas de atitude não são, a priori, conhecidos com a acurácia necessária. De acordo com os dados fornecidos pela NASA, a precisão é da ordem de 1.0 milirradianos, e para obter acurácia da ordem de um "pixel", estima-se (Rifman, 1973) que cada componente precisa ser conhecido com exatidão de 0.1 milirradianos. Consequentemente, estas estimativas devem ser refinadas com a utilização de pontos de controle, os quais fornecem informação adicional no cálculo final do modelo de correção. Tais pontos são gerados e armazenados na biblioteca de pontos de controle.

Um ponto de controle é uma característica fisicamente detectável na imagem, cuja localização geodésica é precisamente conhecida. Típicos pontos de controle são aeroportos, cruzamentos de estradas, padrões geológicos, ou seja, características que preferivelmente são invariantes no tempo.

Os objetivos da biblioteca são gerar, atualizar e manter os pontos de controle, eficientemente organizados numa base de dados, de maneira que sua recuperação, para a correção de uma imagem, seja realizada de maneira rápida e automatizada.

2.2 - ORGANIZAÇÃO DOS ARQUIVOS

O relacionamento dos arquivos com o sistema Biblioteca de Pontos de Controle está esquematizado na Figura 2.

Os mnemônicos apresentados na Figura 2 denotam os seguintes arquivos:

BPC - Biblioteca de pontos de controle,

PCI - pontos de controle da imagem.

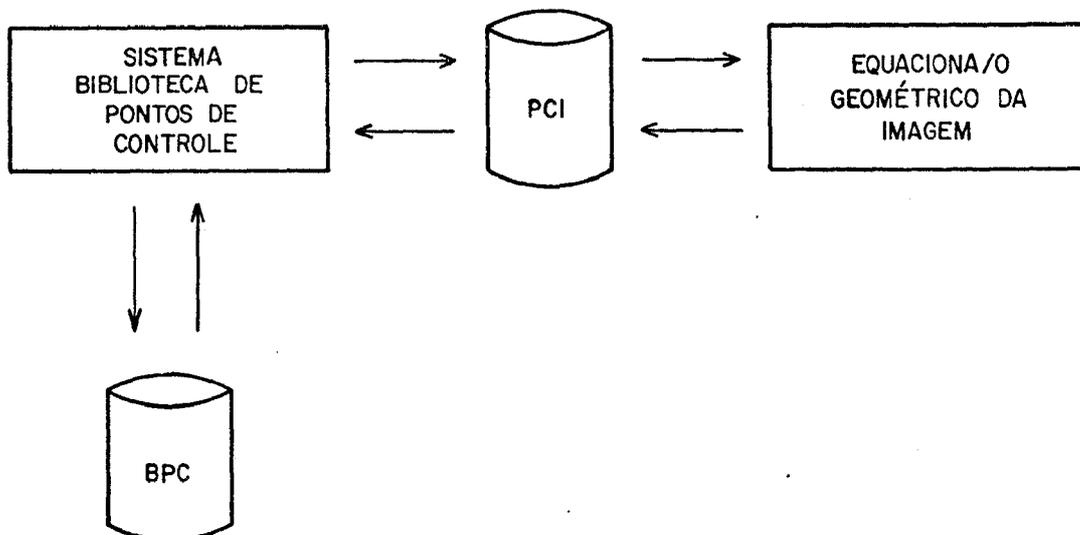


Fig. 2 - Distribuição dos arquivos no sistema Biblioteca de Pontos de Controle.

A seguir, serão descritos os arquivos do sistema:

a) Biblioteca de Pontos de Controle - BPC

Contém os pontos de controle organizados em regiões de 1° por 1° , onde cada ponto corresponde a um registro físico do arquivo. Esta forma de organização facilita muito a velocidade de recuperação dos pontos da biblioteca.

O tipo de acesso é indexado, onde a chave de acesso para um dado registro corresponde à combinação da latitude do ponto com sua longitude em graus.

A composição de cada registro constitui-se de:

- título;
- identificação;
- latitude, longitude e altitude;
- escala, folha e classe da carta;
- origem;
- mérito acumulado (média, desvio padrão, índice de desempenho);
- "chip" (área da imagem contendo o ponto de controle);
- posição do ponto de controle dentro do "chip";
- banda do "chip";
- informações adicionais.

b) Pontos de Controle da Imagem - PCI

Contêm os pontos de controle recuperados da biblioteca, referentes à imagem a ser corrigida, reservando um registro para cada ponto. Sua forma de acesso é aleatória e seu conteúdo é descrito a seguir:

- identificação;
- latitude, longitude;
- linha e coluna na imagem;
- média e desvio padrão dos resíduos;
- utilização do ponto;
- informações adicionais.

2.3 - FLUXOGRAMA DO SISTEMA

O fluxograma do sistema Biblioteca de Pontos de Controle consta de 7 módulos, ilustrados na Figura 3. Cada módulo será descrito, com detalhes, na Seção 3.

3. DESCRIÇÃO DOS MÓDULOS

a) Entrada de Pontos

Este módulo compreende todas as facilidades necessárias para a seleção e identificação de pontos de controle, bem como o armazenamento deles na biblioteca. Inclui os seguintes passos:

- seleção de pontos relevantes, por meio de cartas, transparências e imagens em papel;
- levantamento das características de cada ponto: altitude, latitude, longitude;
- armazenamento das informações. Para cada ponto é gerado um registro na biblioteca que contém suas informações.

b) Aquisição de "Chip's"

Esta fase compreende as rotinas para adicionar os dados de imagem aos pontos de controle de uma dada cena, adquiridos na fase anterior.

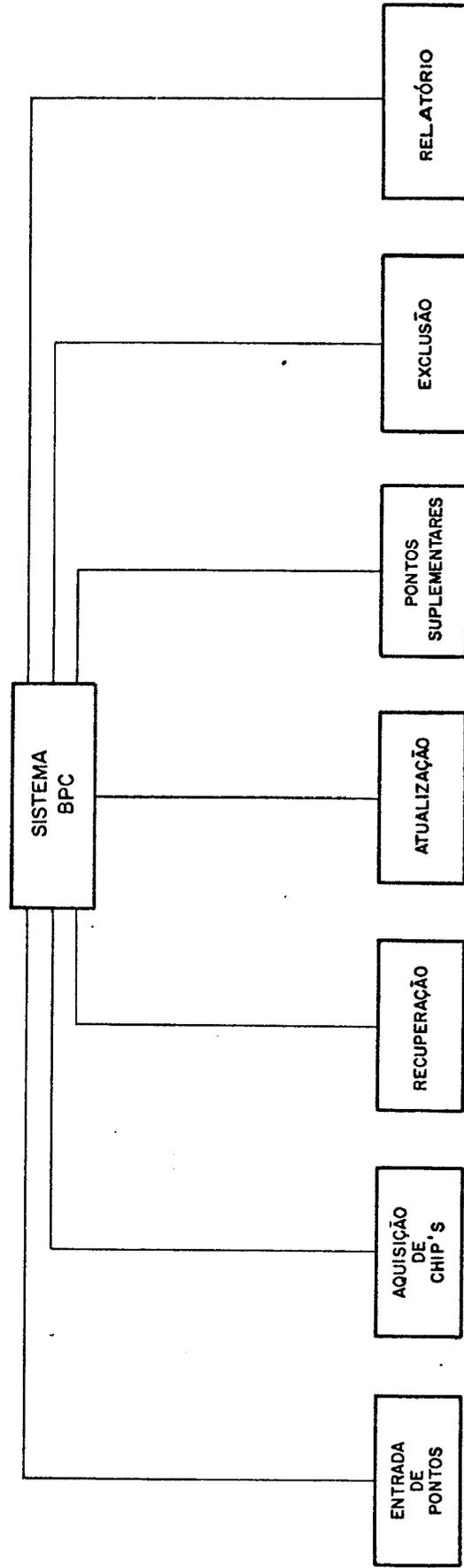


Fig. 3 - Fluxograma do sistema Biblioteca de Pontos de Controle.

As rotinas desta etapa incluem:

- Localização da cena na biblioteca. A partir da latitude e longitude do centro da imagem, as coordenadas geodésicas dos quatros cantos da cena são estimados.
- Recuperação dos pontos utilizando as coordenadas estimadas.
- Estimativa preliminar da localização do ponto na imagem, através de um modelo geométrico aproximado, com base apenas nos dados de telemetria do satélite.
- Visualização da região de imagem que compreende o ponto com plena resolução.
- Localização refinada do ponto na imagem com precisão "subpixel" (precisão menor do que um elemento de imagem - "pixel"). Foram desenvolvidos processamentos auxiliares (por exemplo: mudança de banda espectral, realçamento radiométrico, ampliação de imagem) para facilitar a localização do ponto.
- Aquisição do "chip".
- Teste de utilidade. Uma estimativa do comportamento do "chip", é realizada a priori antes da utilização do "chip" no algoritmo de registro (módulo Recuperação).
- Atualização do ponto na biblioteca.

c) Recuperação

Os procedimentos de recuperação têm por objetivo obter os pontos de controle armazenados na biblioteca, referentes a uma dada cena. Estes pontos serão utilizados para refinar o modelo de equacionamento geométrico da imagem. Este módulo inclui as seguintes rotinas:

- Localização da cena na biblioteca.
- Recuperação dos pontos utilizando as coordenadas estimadas.
- Estimativa preliminar da localização do ponto na imagem.
- Localização refinada do ponto na imagem. Uma área em torno da localização estimada é automaticamente pesquisada para o ponto de mais alta correlação com o "chip", o qual fornece a localização do ponto de controle na imagem (linha, coluna).
- Armazenamento do ponto de controle no arquivo PCI (Pontos de Controle da Imagem).
- Apresentação de um mapa de distribuição dos pontos sobre a cena.

d) Atualização

Os índices de desempenho dos pontos de controle (média e desvio padrão dos resíduos, relação entre número de recuperação e número de uti-

lizações), após serem utilizadas no módulo Equacionamento da Geometria da Imagem, são atualizados na biblioteca. Esta fase inclui os seguintes passos:

- Recuperação dos pontos da biblioteca.
- Atualização dos índices de desempenho.
- Armazenamento dos pontos.

e) Pontos suplementares

A geração de pontos suplementares envolve a aquisição de pontos diretamente da imagem digital. Tal passo é muito importante em função de uma melhor distribuição dos pontos de controle sobre uma dada cena. O desempenho destes pontos no refinamento do equacionamento da geometria de uma imagem está diretamente relacionada com 3 fatores: número de pontos, distribuição dos pontos e precisão de localização dos pontos na imagem. Esta etapa inclui as seguintes rotinas:

- Mapa de distribuição dos pontos disponíveis sobre uma dada cena.
- Visualização de uma região de imagem que contenha um ponto de controle.
- Localização refinada do ponto na imagem (ver item 3, letra b).
- Aquisição do "chip".
- Teste de utilidade (ver item 3, letra b).
- Utilização dos parâmetros refinados de atitude para calcular latitude e longitude a partir da linha e do "pixel".
- Armazenamento do "chip" e das informações pertinentes.

f) Exclusão

A retirada de pontos da biblioteca será realizada a partir de avaliações periódicas da qualidade e do desempenho de cada ponto. As funções necessárias incluem:

- Seleção dos pontos de controle da biblioteca (segundo índices de desempenho) para uma dada região.
- Apresentação dos pontos selecionados.
- Exclusão dos pontos indesejáveis.

g) Relatório

O objetivo deste módulo é emitir diversos tipos de relatórios sobre os pontos de controle armazenados na biblioteca. Definida uma região de interesse, podem ser gerados os seguintes relatórios:

- Parcial (somente alguns dados dos pontos de controle).
- Total (todas as informações armazenadas dos pontos de controle).
- Segundo algum índice de desempenho.
- Somente pontos que ainda não possuem "chip's".

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As rotinas do sistema estão sendo desenvolvidas na linguagem FORTRAN 77, em um computador VAX 11/780, cujo sistema operacional é o VMS 3.2. Os periféricos utilizados incluem:

- Visualizador de imagens COMTAL Vision One/20.
- Quatro discos magnéticos RMO2, que totalizam 268 "Mbytes".
- Um disco magnético RMO5 de 300 "Mbytes".
- Dois discos magnéticos RMO3, que totalizam 134 "Mbytes".
- Duas fitas magnéticas TU77.

Brevemente, um "array processor" será integrado ao sistema CARTA, o que permitirá um melhor desempenho em inúmeras rotinas do sistema como, por exemplo, no processo de registro de imagens e na fase de recuperação de pontos de controle. Com isto, o tempo de processamento para realizar a correlação das imagens diminuirá sensivelmente.

No futuro, pretende-se construir uma biblioteca de pontos de controle para imagens do sensor TM ("Thematic Mapper"), com a finalidade de também auxiliar o processo de correção geométrica destas imagens.

5. BIBLIOGRAFIA

- BERNSTEIN, R. Digital image processing of the earth observation sensor data. *IBM Journal of Research and Development*, 20(1):40-57, Jan. 1976.
- CARON, R.H.; SIMON, K.W. Attitude time-series estimator for rectification of spaceborne imagery. *Journal of Spacecraft*, 12(1):27-32, Jan. 1975.
- FOREST, R. Simulation of orbital image sensor geometry. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 47(10):1459-1467, Oct. 1981.
- FRIEDMAN, D.E.; FRIEDE, J.P.; MAGNUSSEN, K.L.; KWOK, R.; RICHARDSON, S. Multiple scene precision rectification of spaceborne imagery with very few ground control points. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49(12):1657-1667, Dec. 1983.
- NIBLACK, W. The control point library building system. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 47(12):1709-1715, Dec. 1981.

RIFMAN, S. Digital rectification of ERTS multispectral imagery. In:
SYMPOSIUM ON SIGNIFICANT RESULTS OBTAINED FROM THE ERTS-1, Houston,
1973. *Proceedings*. Houston, NASA, Johnson Space Center, 1973.
p. 1131-1142.