

## Sistema de pontos de controle geométrico de imagens orbitais do IBGE, versão 1.0

Eduardo Porto Abrahão<sup>1</sup>  
José Duarte Correia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE/DGC  
Av. Brasil 15671 - 21241-051 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil  
{ eduporto, joseduarte } @ibge.gov.br

**Abstract.** Control points and correction models are the main elements of imagery's geometric correction. As an organization develops several projects, it will be necessary a data basis system to manage great quantities of these points. IBGE has concluded the first version of a particular system related to the 1:50,000 and 1:100,000 mapping, based on several field surveys throughout the last four years. This paper presents a summary of its functions and characteristics. Finally, INPE is invoked to become the manager of a national data basis of orbital imagery's control points.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, geometric correction, sensoriamento remoto, processamento de imagens, correção geométrica.

### 1. Introdução

O avanço tecnológico das últimas décadas nos ramos da eletrônica, informática e telecomunicações tem proporcionado condições favoráveis ao incremento do uso do Sensoriamento Remoto em diversas áreas do conhecimento humano. O aumento da oferta de satélites, com os seus variados sensores, tem acarretado um decréscimo dos custos operacionais, em função do rateio por uma quantidade crescente de usuários e graças à maior participação dos órgãos governamentais, interessados em projetos de meio ambiente e de desenvolvimento sustentável. Com o considerável aumento do volume de imagens, torna-se imprescindível uma cuidadosa organização dessas imagens, incluindo os seus metadados.

Em uma reunião de trabalho entre o IBGE e o INPE, ocorrida em fevereiro de 1999 no Rio de Janeiro, a respeito do controle geométrico do mosaico da Região Amazônica em elaboração no INPE na ocasião, recordou-se a importância da coleta e do armazenamento adequados dos dados pertinentes aos pontos de controle estabelecidos por diferentes fontes por todo o território. Nova discussão aconteceu em outra reunião no final de 2002 em São José dos Campos, entretanto o trabalho não prosseguiu em conjunto em função das limitações de ambas as instituições. Deste modo, o INPE prosseguiu na estruturação do seu banco e a Coordenação de Cartografia do IBGE necessitou desenvolver um sistema voltado para uma aplicação específica – a do mapeamento (novo e atualização do existente) nas escalas 1:50.000 e 1:100.000, cuja primeira versão acaba de ser liberada internamente e já conta com a carga de 1.200 estações GPS.

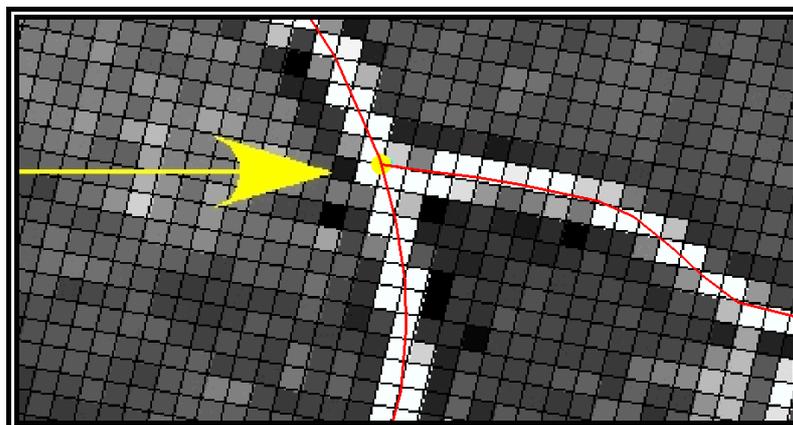
O presente trabalho objetiva lembrar a importância do arquivamento dos dados referentes aos pontos de controle geométrico de imagens orbitais, à medida que crescem os volumes de dados em várias organizações, não apenas por questões de documentação, mas principalmente para facilitar posteriores registros de outras imagens e para se otimizarem recursos (ao se evitarem as desnecessárias duplicidades de levantamentos de campo). Almeja-se, portanto, a criação de um banco de dados nacional.

Inicialmente, serão revisados os conceitos em torno de pontos de controle, seguido de uma resumida descrição desse sistema elaborado no IBGE, como um exemplo de funcionalidade.

## 2. Pontos de controle de imagens orbitais

O termo genérico “ponto de controle” aplica-se tanto para a atividade de correção geométrica de uma imagem orbital como para a validação dessa correção. Quanto à sua obtenção, podem provir de: documento cartográfico (analógico e digital); imagem (orbital e aerofotografia, na modalidade analógica e digital); e por posicionamento pelo Sistema GPS (métodos isolado e diferencial). Naturalmente, a acurácia do produto final – imagem corrigida – dependerá dos tipos dos pontos de controle utilizados (e respectivos valores de acurácia) e do modelo de correção.

A principal diferença entre os pontos de controle de aerofotografias e de imagens orbitais diz respeito à sua ideal localização. Enquanto que os cantos (quinas de calçadas, de canteiros, etc.) são os recomendáveis para as aerofotos, as interseções dos eixos de simetria de elementos lineares são as mais adequadas para as imagens orbitais, devido ao fato de que estas possuem menor resolução (ocasionando menor definição dos cantos). A **Figura 1** expõe um exemplo de um entroncamento de estradas em uma imagem pancromática do satélite SPOT-4 (10m de resolução espacial).



**Figura 1:** Localização ideal de um ponto de controle (interseção dos eixos em vermelho).

## 3. Sistema de pontos de controle geométrico de imagens orbitais do IBGE – versão 1.0

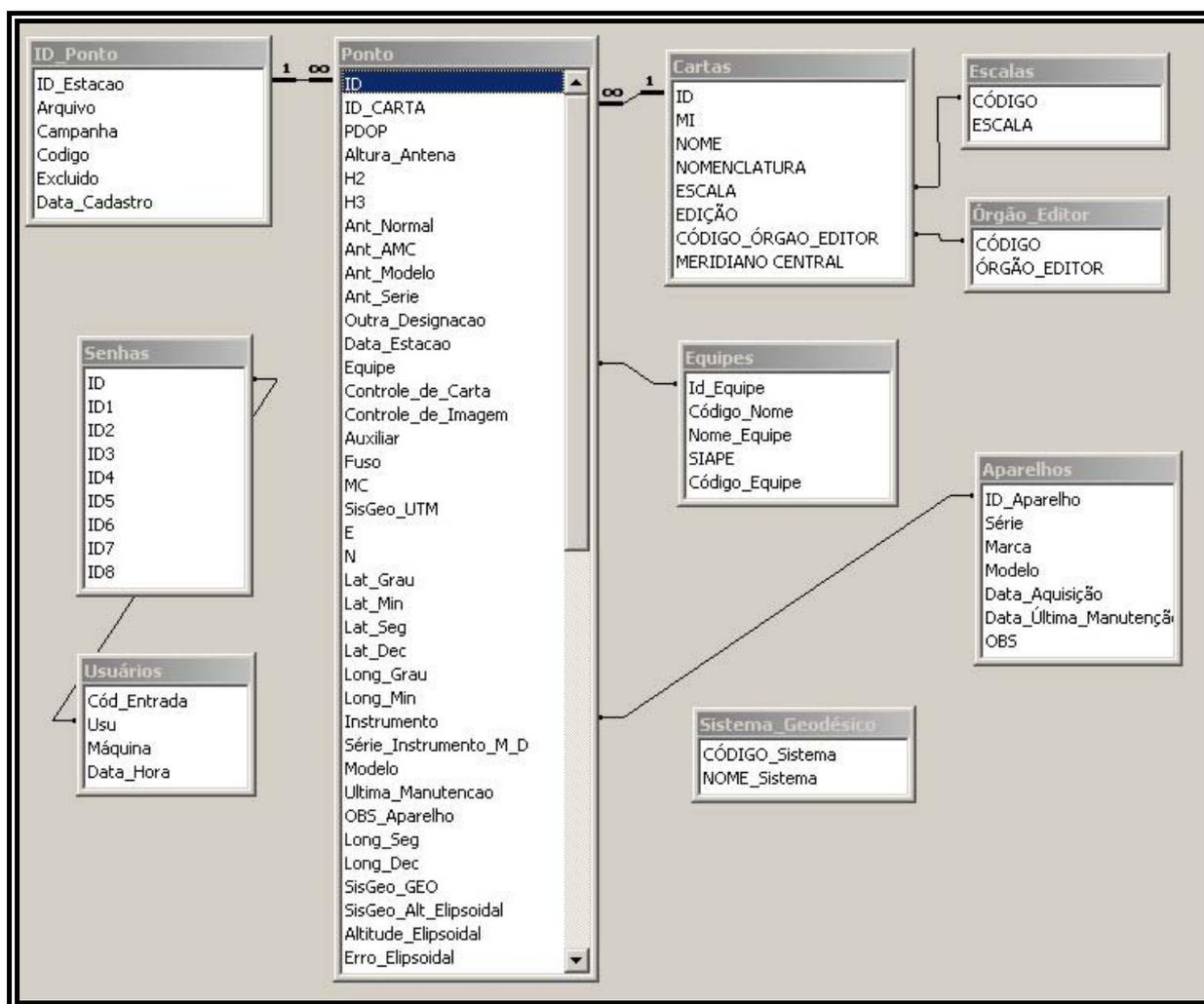
O avanço da Informática tem tornado possível o armazenamento de grandes volumes de dados em espaços físicos cada vez menores. Em contra-partida passou a exigir uma organização mais estruturada. Pequenos descuidos podem causar sérios problemas, como, por exemplo, quando se atribui pouca importância à documentação dos metadados associados, o que pode gerar embaralhamento de dados heterogêneos e conseqüentemente dificuldades de acesso aos mesmos. As formulações conceituais a respeito dos bancos de dados encontram-se amplamente divulgadas na literatura técnica, tais como Barros Silva (1999) Câmara *et. al.* (2004) e Davis *et. al.* (2004).

O sistema mencionado foi desenvolvido no âmbito da Coordenação de Cartografia do IBGE. A modelagem de dados e a coordenação dos ensaios de campo ficaram a cargo dos dois autores deste trabalho, enquanto que o desenvolvimento propriamente dito do sistema e a sua programação em Visual Basic 6 ficaram exclusivamente por conta do primeiro autor deste. A rotina de conversão entre coordenadas geodésicas e coordenadas UTM foi elaborada pelo Fábio Ramos Joventino dos Santos, e os levantamentos de campo foram executados pelas equipes dessa Coordenação. O sistema é compatível com os sistemas operacionais Windows 95 e posteriores da **Microsoft**. Apesar de se tratar de sua primeira versão, nela se encerra uma série de detalhes, a seguir descritos, que foram consolidados com base nas

otimizações iterativas da interface gráfica e nos ensaios de campo realizados nos últimos quatro anos.

### 3.1. Principais características e funções do sistema

A principal característica do sistema consiste no recurso de trabalho em ambiente de rede de microcomputadores, permitindo o acesso concomitante por vários usuários (com permissão apenas de leitura) a diversos arquivos de banco de dados ACCESS (programa popular) anteriormente constituídos pelo sistema. O cadastro principal dos pontos de controle se relaciona com outros cadastros: identificação do levantamento de campo (campanha); equipamentos; equipes de campo; e cartas, conforme apresenta esquematicamente a **Figura 2**.

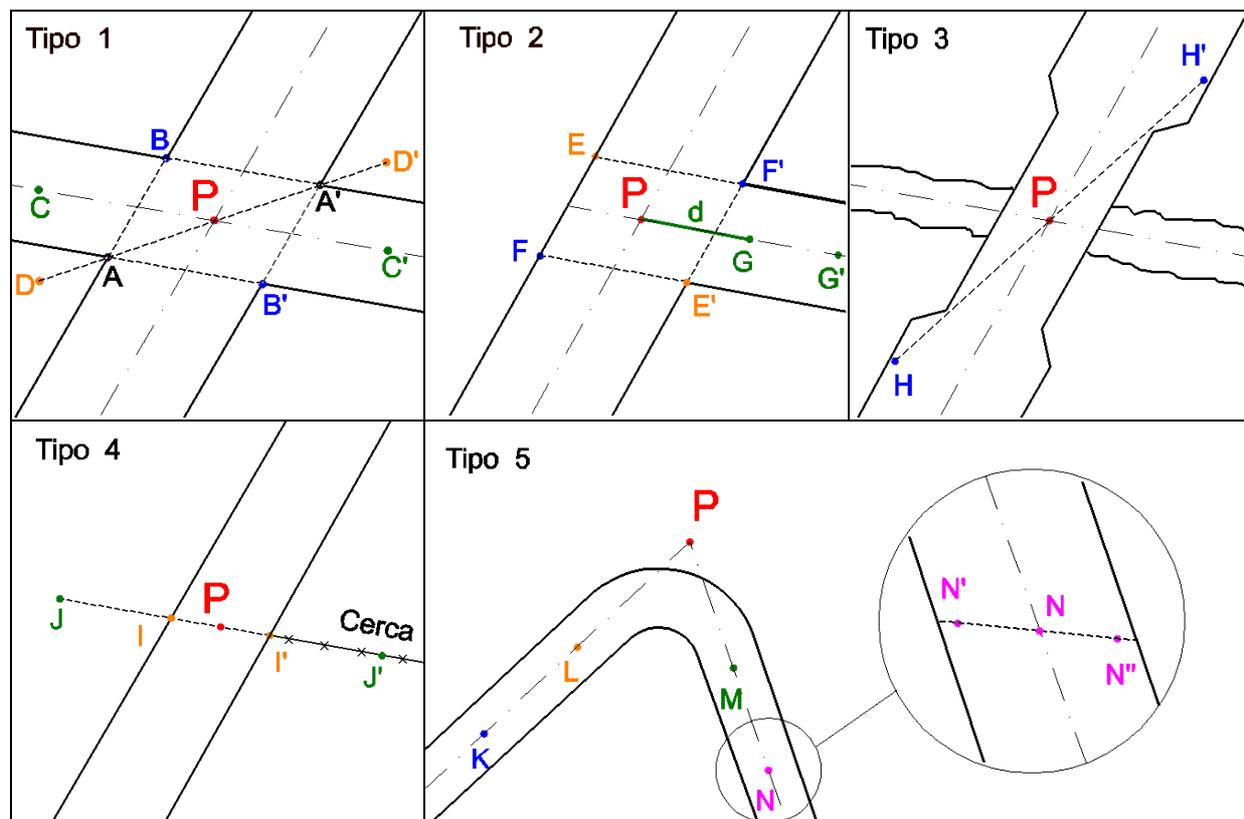


**Figura 2:** Diagrama de Estrutura de Dados principal do sistema.

Os pontos são codificados de forma sintética para facilitar: a sua identificação; a sua representação gráfica; e a sua inserção nos georreceptores GPS. O código de uma estação compõe-se de três partes. A primeira é formada por três letras designativas da folha topográfica que contém a estação. Compreendem 17.576 combinações, quando só existem por volta de 4.000 folhas de um total teórico máximo em torno de 15.000 folhas para cobrirem todo o território em ambas as escalas 1:100.000 e 1:50.000. A segunda parte contém três dígitos numéricos sequencialmente atribuídos a cada ponto de controle, sendo que os dez primeiros (001 a 010) são reservados para as estações base GPS (utilizadas nas determinações

GPS pelo método relativo) que possam eventualmente estar contidas na folha considerada, restando 989 números para os pontos de controle efetivamente contidos na folha. Finalmente, a terceira parte é uma letra destinada às estações excêntricas que indiretamente auxiliam na determinação da estação desejada, quando esta não pode ser ocupada diretamente.

A **Figura 3** apresenta alguns dos tipos de ponto de controle observados em campo até o presente momento. Seja **P** a posição ideal do ponto de controle, que corresponde à interseção dos eixos de simetria dos elementos lineares (ângulos entre os eixos próximos de  $90^\circ$  proporcionam melhor definição do ponto). Entretanto, nem sempre **P** é acessível para as determinações GPS, quer seja devido à presença de obstruções, quer seja pela dificuldade de permanência do tempo requerido pelo método relativo (em geral, maior do que 10min). Adota-se, nestes casos, um par de estações GPS excêntricas dispostas simetricamente em relação a **P** (A e A', B e B', etc.), de tal sorte que a média aritmética entre as respectivas coordenadas desse par forneça o valor das coordenadas de **P**. Quando não é viável um posicionamento simétrico, torna-se necessário medir adicionalmente, com o auxílio de uma trena, a distância **d** de uma estação excêntrica a **P** (G e G'), determinando-se as coordenadas de **P** por meio do cálculo topográfico ou do desenho em ambiente gráfico digital.



**Figura 3:** Principais tipos de pontos de controle ensaiados nos levantamentos de campo.

O **Tipo 5** foi adotado na situação extrema de um ensaio em que havia alta incidência de nebulosidade em uma porção da imagem considerada. Neste caso, pode-se determinar **P** indiretamente a partir de quatro estações GPS (K, L, M e N), ou diretamente em **P**, por meio da locação dos eixos de simetria com o auxílio de fios de nylon. Este tipo poderá ser particularmente útil no caso dos rios da Região Amazônica (mapeamentos em escalas menores ou iguais a 1:100.000, em que o posicionamento isolado GPS é suficiente). Para os rios mais largos, cada ponto poderá ser obtido a partir da média aritmética de dois pontos igualmente afastados das margens, conforme o detalhamento da **Figura 3** (N' e N'').

Objetivando o mapeamento Classe A, os pontos de controle do tipo GPS podem ser simplesmente determinados pelo posicionamento isolado (15m de erro planimétrico, a 95% de confiança) nos mapeamentos na escala 1:100.000 (erro gráfico de 20m), contudo deve-se usar o posicionamento relativo para os mapeamentos na escala 1:50.000 (erro gráfico de 10m). Já os pontos de controle obtidos diretamente de folhas topográficas devem ser determinados em folhas com escala pelo menos duas vezes maior do que a escala de mapeamento desejada.

O sistema admite até quatro **fotos** por ponto de controle, quadradas de 10cm x 10cm (**Figura 4**), gravadas no formato JPEG reduzidas a 30% (fator 3 em 10, resultando, em média, 50Kb por foto). São identificadas digitalmente com os respectivos códigos das estações e incluem as datas de aquisição das fotos no caso de procederem de câmeras digitais. Essas fotos destinam-se a retratar uma visão geral do local circundante da estação considerada (foto panorâmica) e a paisagem local da estação, para servirem de auxílio no treinamento de identificação de alvos em imagens do sensor considerado.

Os **croquis de localização** (10cm x 10cm) dos pontos de controle, limitados em quatro por ponto, visam detalhar o local (**Figura 5**). Confeccionam-se dois **croquis-imagem**: um retratando uma visão geral com a toponímia mais importante (2km x 2km, para imagens com *pixels* de 10m); e outro com o detalhe exato do ponto de controle (0,5km x 0,5km, para imagens com *pixels* de 10m). Desenha-se, ainda, um croqui correspondente ao círculo com raio de 100 a 300m centrado no ponto, informando-se as dimensões das larguras das vias e os seus tipos de pavimentação, além das dimensões de outros alvos representativos na imagem considerada. O código da estação é identificado em cada croqui, que é armazenado no formato JPEG reduzido ao nível 3 (50Kb por croqui, em média).

O armazenamento das fotos e dos croquis não interfere no tamanho físico final ocupado pelo sistema, pois este apenas guarda ponteiros (indicações no banco para os arquivos externos) das fotos e dos croquis. O sistema é atualmente composto de 1.242 pontos de controle, que ocupam apenas um espaço de 3.73 Mb. Fazendo-se uma regra de três simples para o valor do espaço final de 1Gb (metade do valor nominal especificado pela Microsoft, em função dos arquivos auxiliares necessários na execução do Access), conclui-se que cada arquivo de banco de dados gerado pelo sistema poderá conter até 341.000 pontos. Acima desse valor, recomenda-se o uso de sistemas de maior porte como, por exemplo, o ORACLE.

As coordenadas e a estimativa de seus erros, as fotos e os croquis são as informações mais importantes para a atividade de correção geométrica de imagens, como se encontra mencionado em variados trabalhos como o de Correia *et. al.* (2001).

Além dessas características, cabe ressaltar ainda:

- **Entrada:** importação automática de dados dos arquivos de coordenadas dos navegadores GPS da Garmin e dos arquivos de cálculo (pós-processamento) do posicionamento diferencial gerado pelo programa da Magellan;
- **Visualização de dados:** dispõe de um aplicativo simples de visualização dos croquis e das fotografias associadas a cada ponto, o que é muito útil na identificação desses pontos em imagens durante o processo de correção geométrica;
- **Exclusão de dados:** possui uma área especial para os dados excluídos, permitindo a sua posterior recuperação; e
- **Saída:** exportação para arquivos gráficos nos formatos do MicroStation e do SPRING; exportação dos arquivos de coordenadas GPS para o formato texto, destinados à correção geométrica rigorosa pelo programa OrthoEngine/PCI; e armazenamento no formato PDF e impressão dos dados dos pontos de controle, como, por exemplo, a estação GPS CBF011 vinculada à tarefa de atualização da folha topográfica Cabo Frio, RJ (escala 1:50.000) por imagens SPOT-4 pancromáticas (**Figuras 4, 5 e 6**).

**CABO FRIO**  
SF.23-Z-B-VI-4

Estação: CBF011

IBGE - DGC - CCAR

Coord. Geodésicas: WGS 84  
Latitude: -22° 46' 40.7792"  
Longitude: -42° 10' 30.4356"

Coord. UTM: WGS 84 MC = 45° FUSO: 23 S  
E: 790052.037 m  
N: 7478286.019 m

Altura Elipsoidal: WGS 84  
5.575 m Erro: 2 m(\*)

Alt. Ortométrica:

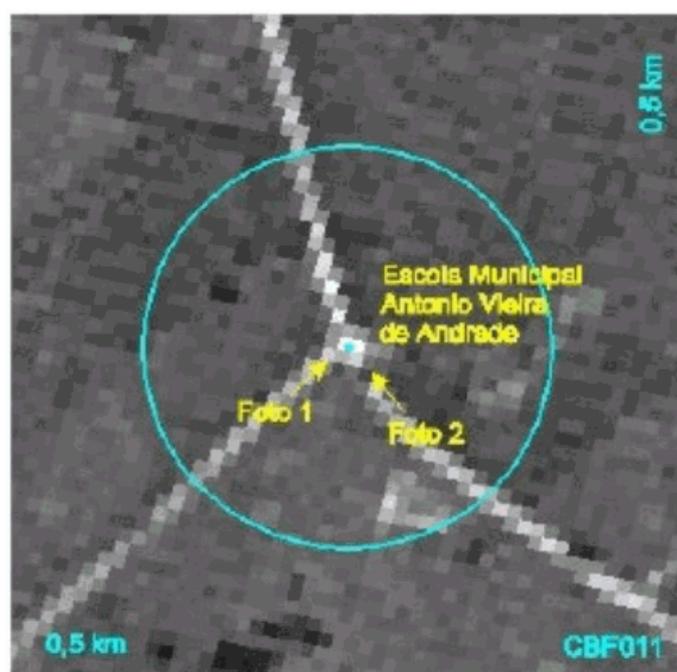
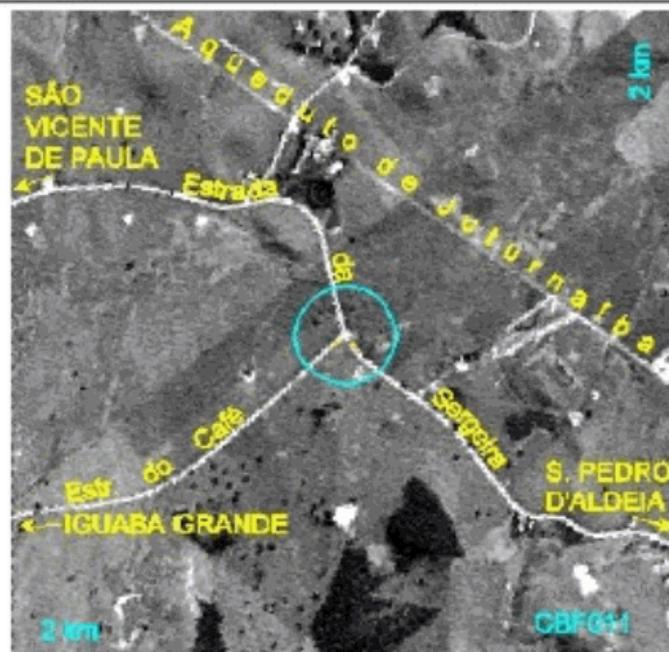
Erro Planimétrico Total = 2 m (\*)

(\*) Nivel de Confiabilidade de 95 %



**Figura 4:** Primeira página de saída do sistema, ligeiramente reduzida – cabeçalho e fotos.

<b>CABO FRIO</b> SF.23-Z-B-VI-4		<b>Estação: CBF011</b> IBGE - DGC - CCAR
Coord. Geodésicas: WGS 84 Latitude: -22° 46' 40.7792" Longitude: -42° 10' 30.4356"	Coord. UTM: WGS 84 MC = 45° FUSO: 23 S E: 790052.037 m N: 7478286.019 m	Altura Elipsoidal: WGS 84 5.575 m Erro: 2 m(*) Alt. Ortométrica:
Erro Planimétrico Total = 2 m (*)		(*) Nivel de Confiabilidade de 95 %



**Figura 5:** Segunda página de saída do sistema, ligeiramente reduzida – croquis-imagem.

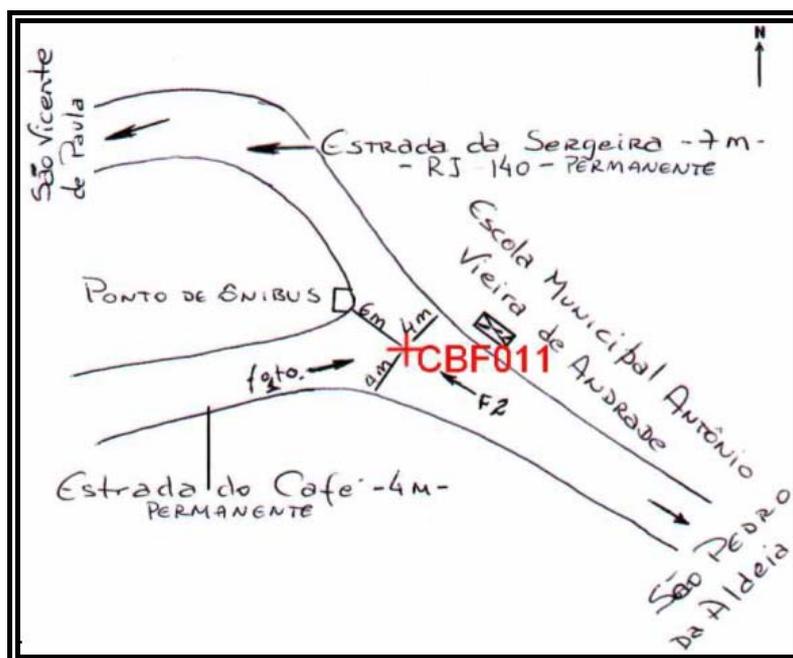


Figura 6: Croqui desenhado (contido na 3ª página de saída).

#### 4. Conclusão

O sistema aqui apresentado para os pontos de controle de imagens orbitais pode facilmente ser estendido para os pontos de aerofotografias, considerando-se o termo genérico “imagens”; contudo, convém se distinguir esses dois tipos em função das suas distintas características.

A exemplo do sucesso do SPRING, que congrega cada vez mais usuários no Brasil e no exterior, seria conveniente se pensar na elaboração de um sistema de banco de dados simples para gerir a entrada, o armazenamento, a edição, a visualização e a recuperação dos dados de pontos de controle em geral. O módulo executável do sistema poderia ser distribuído gratuitamente, a fim de estimular a cessão de dados por muitos segundo um formato padronizado. Os dados poderiam ser fisicamente centralizados, constituindo, assim, um grande repositório nacional de pontos de controle, certamente num ambiente de banco de dados de maior porte, como o do ORACLE. Usuários cadastrados (fornecedores de dados e demais colaboradores) poderiam ter visualização plena dos dados (todos os campos do banco e coordenadas com todos os algarismos), enquanto que os usuários regulares da Internet apenas desfrutariam de acessos parciais.

Apesar do grande elenco de projetos e de atividades desempenhadas pelo INPE em prol da sociedade, solicitamos que o INPE considere, mais uma vez, a viabilidade de se tornar o gestor desse repositório nacional.

#### Referências

- Barros Silva, A. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas**. Editora da UNICAMP, Campinas – SP. 1999. 236 p.
- Câmara, G.; Davis, C.; & Monteiro, A.M.V. 2004. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 28 OUT 2004.
- Correia, J.D.; Brito Filho, A.; Ribeiro, A.B.C.; Ferreira, D.M. & Cavalcanti, M.J. **Avaliação da Capacidade de Discriminação de Alvos Naturais e Artificiais pelo Satélite IKONOS**. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 20, 2001, Porto Alegre, Anais em CD-ROM, Sociedade Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro.
- Davis, C.; Câmara, G.; Casanova, M.A. & Queiroz, G.R. 2004. **Banco de Dados Geográficos**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/bdados/>>. Acesso em: 28 OUT 2004.