
GERAÇÃO DE BASE CARTOGRÁFICA DIGITAL A PARTIR DE PRODUTOS FOTOGRAMÉTRICOS PARA A GERAÇÃO DE ORTOFOTOCARTA, CARTA TOPOGRÁFICA E BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS – O CASO DO PROJETO DE MAPEAMENTO DO ESTADO DA BAHIA

ALEX DE LIMA TEODORO DA PENHA
CARLOS YOSHIO MORITA
RODRIGO WANDERLEY DE CERQUEIRA

3ª Divisão de Levantamento – 3ªDL
Avenida Joaquim Nabuco, nº 1687 – Guadalupe – CEP: 53.240-650 – Olinda – PE
alexdapenha, {cymorita, rcercq}@hotmail.com

RESUMO - Este artigo tem por finalidade apresentar os objetivos, seqüência dos trabalhos desenvolvidos e resultados obtidos no convênio entre o Exército Brasileiro e o Estado da Bahia com vista ao implemento da atualização da base cartográfica digital de todo o território do Estado conveniado.

ABSTRACT - This article aims to present the goals, sequence of developed works and results obtained on the agreement between the Brazilian Army and the State of Bahia in order to implement the upgrade of the cartographic digital basis of the whole territory of that State.

1 INTRODUÇÃO

Com o objetivo de realizar a atualização da base cartográfica digital de todo o território baiano, foi firmado o Convênio 09-023-00, de 12 de Maio de 2009, entre a Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), e o Estado da Bahia, por intermédio da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI).

O convênio celebrado tem como finalidade: a avaliação técnica, fiscalização e homologação de imagens e cartas-imagens do Estado da Bahia, nas escalas 1:25.000 (Oeste e Litoral) e 1:50.000 (semi-árido); a elaboração das especificações técnicas, o acompanhamento da execução e o levantamento dos pontos de campo para avaliação do modelo digital de superfície (MDS) na escala 1:25.000 do Estado da Bahia; a elaboração de 32 folhas na escala 1:25.000, de acordo com as Normas da Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) e do Sistema Cartográfico Nacional.

Nesse sentido, este artigo descreve o processo adotado para avaliação e homologação de produtos cartográficos intermediários, além de descrever o processo produtivo para a geração dos produtos ortofotocarta, carta topográfica e arquivos vetoriais com informações tabelares. São descritas ainda as atividades técnicas do vôo fotogramétrico; avaliação das fotografias aéreas; levantamento de apoio para aerotriangulação e para avaliação de modelos digitais de superfície (MDS); avaliação de MDS, ortofotos digitais e curvas de nível; aquisição de dados geoespaciais vetoriais, conforme o que preconiza a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV) e a Especificações Técnicas para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV); novos padrões da etapa de reambulação, em conformidade com a ET-EDGV; validação; geração de área contínua e edição vetorial em banco de dados *Gothic*; culminando nos produtos cartográficos digitais matriciais e vetoriais.

2 DELIMITAÇÃO DA REGIÃO DE INTERESSE

Foram estabelecidos cinco blocos para delimitar a região de interesse, de forma a abranger a área de **567.692,669 km²** pertencente ao Estado da Bahia. Os blocos foram divididos e organizados conforme exposto na Tabela 1 e na Figura 1.

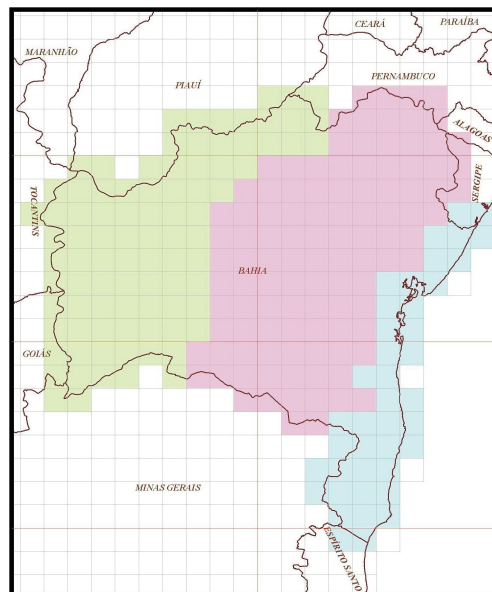


Figura 1 – Delimitação dos blocos de trabalho.

Tabela 1 – Delimitação da região de interesse.

BLOCO	LOCALIZAÇÃO	ESCALA	QUANTIDADE DE FOLHAS
I e II	Oeste do Estado	1:25.000	1076
III	Semi-árido do Estado	1:50.000	436
IV	Litoral do Estado	1:25.000	463

3 DEFINIÇÃO DOS SERVIÇOS A SEREM EXECUTADOS

Os serviços a serem executados através da 3ª Divisão de Levantamento (3ª DL), Organização Militar diretamente subordinada à Diretoria de Serviço Geográfico (DSG), consubstanciam-se conforme o estabelecido:

- Levantamento de 35.584 pontos de controle para avaliações;
- Levantamento de 6.192 pontos de apoio para aerotriangulação;
- Levantamento de *Breaklines*;
- Avaliação e homologação de imageamento por sensor remoto;
- Avaliação e homologação de Modelo Digital de Superfície (MDS);
- Avaliação e homologação de ortomagens digitais;
- Avaliação e homologação de curvas de nível;
- Elaboração de 32 folhas (Projeto Piloto) na escala 1:25.000 com as etapas de: Reambulação; Validação; Geração de área contínua; Edição e Impressão.

4 DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES TÉCNICAS

4.1 Voo Fotogramétrico

Com vista a obter os produtos cartográficos intermediários necessários para o desenvolvimento do mapeamento da área de interesse, foi adotada a solução baseada em estereofotogrametria digital, permitindo a geração de Modelo Digital de Superfície (MDS) e de ortomagens digitais, com resolução espacial no terreno de 80 cm. O voo fotogramétrico (Figura 2) foi realizado pela empresa Engemap Engenharia, Mapeamento e Aerolevantamento Ltda, por meio do Sistema Aerotransportado de Aquisição e Pós-processamento de Imagens Digitais (SAAPI) e resultará em, aproximadamente, 99.360 fotografias aéreas.

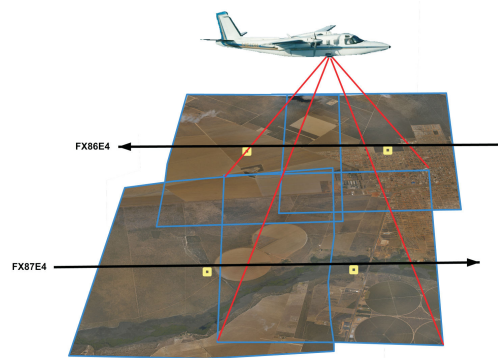


Figura 2 – Imagem esquemática do voo fotogramétrico.

4.2. Avaliação das Fotografias Aéreas

A primeira etapa da avaliação constitui-se da execução de uma inspeção em tela (Figura 3), na qual as fotografias são verificadas visualmente, identificando-se as regiões sem informação, falhas na cobertura fotogramétrica dos blocos de fotografias aéreas, falta de nitidez nas fotos, presença de nuvens, etc.

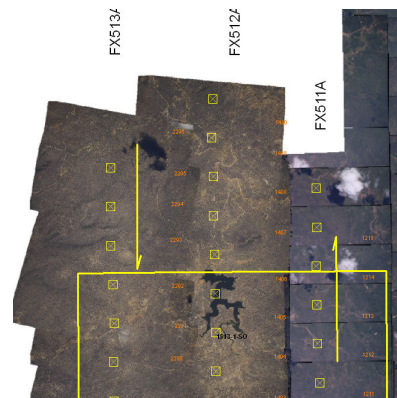


Figura 3 – Verificação do fotoíndice com as faixas de voo, para posterior varredura entre as faixas, como indicam as setas em amarelo. As fotos apresentam os CPs carregados com retângulos em amarelo.

Deslocamento de faixa com falhas superiores a 200m reprovam o bloco voado como um todo, pois não são consideradas como um produto confiável na geração dos croquis para as equipes de campo. Croquis com coordenadas imprecisas significam mais tempo de navegação para encontrar o ponto de apoio para aerotriangulação que se deseja medir, o que não pode ser tolerado em um projeto dessa magnitude.

4.3 Levantamento de Pontos de Campo

A cobertura fotogramétrica exigiu o apoio de campo básico e suplementar para o processo de aerotriangulação e para as etapas de avaliação e homologação de produtos cartográficos intermediários. Foram levantados aproximadamente 6.192 pontos de apoio para aerotriangulação e 35.584 pontos para fins de avaliação de MDS (Figuras 4, 5 e 6).

As ações desencadeadas para a aquisição dos dados geospaciais envolveram basicamente as seguintes etapas:

- Escolha da geometria do dado Geoespacial (ponto ou linha);
- Definição da distância dos pontos no Gride;
- Critérios de campo para escolha da posição dos pontos a serem adquiridos;
- Preparação para navegação;
- Navegação;
- Aquisição do dado geoespacial.

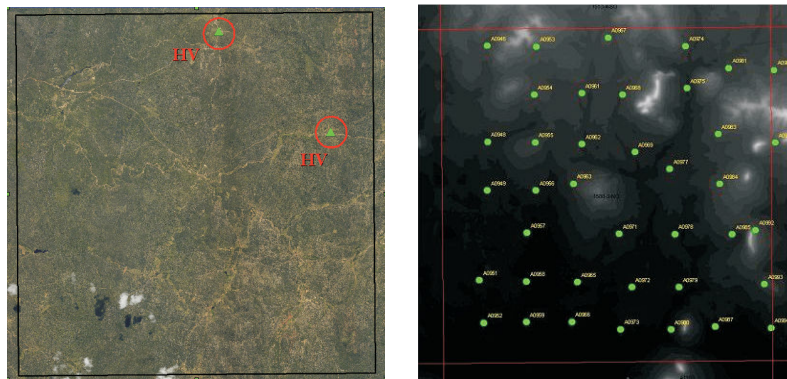


Figura 4 – Ortofoto e dois pontos para aerotriangulação; e MDS e pontos para avaliação.

O preparo para o levantamento de pontos de apoio para aerotriangulação, em média, utilizou 2 pontos por folha tanto na escala 1:25.000 quanto na escala 1:50.000. No entanto, em regiões mais acidentadas e nos limites dos blocos estes passaram para uma média de três pontos.

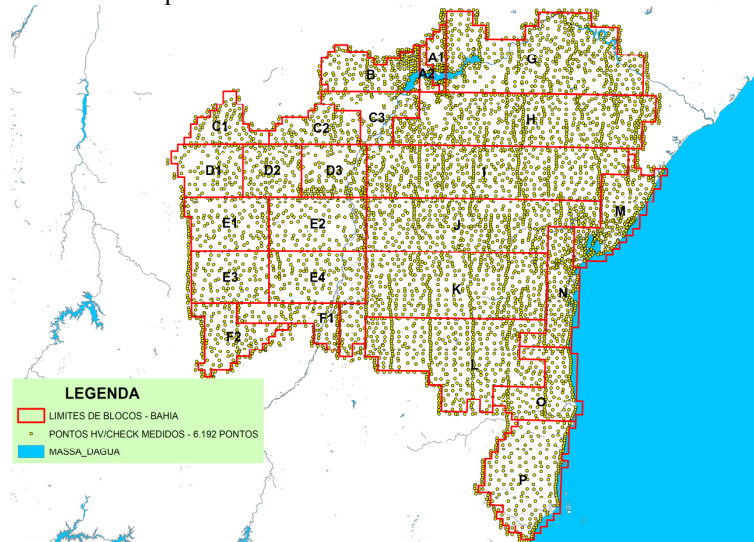


Figura 5 – Distribuição dos pontos GPS de apoio para aerotriangulação.

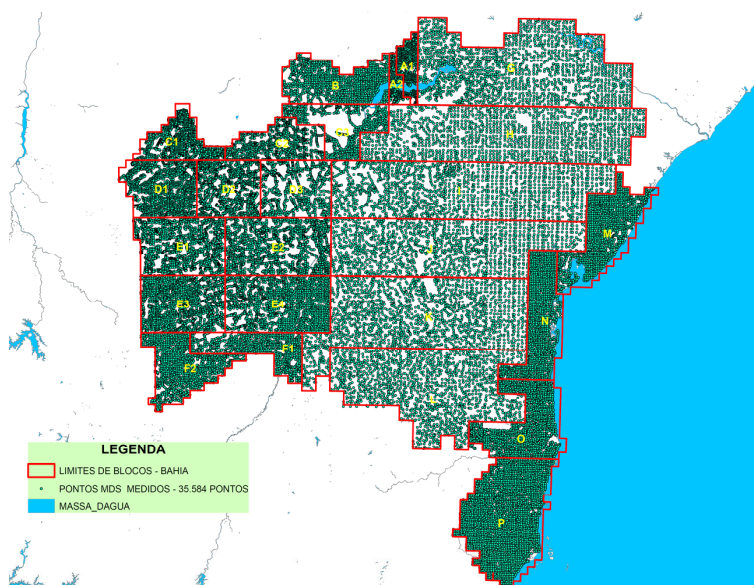
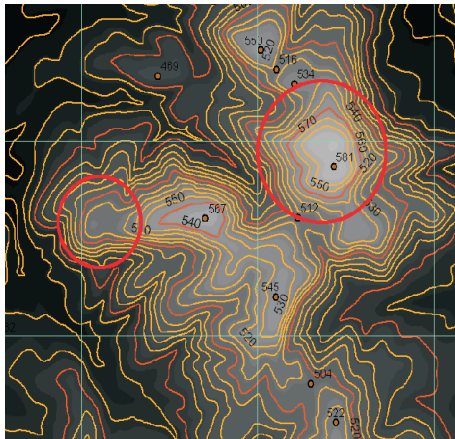


Figura 6 – Distribuição dos pontos GPS para fins de avaliação de MDS nas articulações 1:25.000 e 1:50.000.

4.4 Avaliação de Produtos Cartográficos Intermediários

No projeto estão definidas as seguintes etapas de avaliação:

- Modelo Digital de Superfície: avaliação por meio da análise qualitativa, por inspeção visual, e quantitativa, por procedimentos estatísticos, para detectar a presença de anomalias no modelo. A avaliação feita através da verificação da conformidade dos pontos de campo (MDS) e da verificação da conformidade com as leis do modelado do terreno;
- Curvas de Nível: avaliação feita através da verificação da conformidade dos dados geoespaciais vetoriais com a Categoria Relevo da Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV) e da verificação da conformidade com as leis do modelado do terreno (Figura 7).
- Ortofotos: avaliação realizada através da análise quantitativa, para verificação de conformidade da acurácia posicional planimétrica, e da análise qualitativa.



Atributos	
Property	Value
REL_Curva_Nivel_L	
OBJECTID	1
geometriaAproximada	Não
cota	350
depressao	Não
indice	Normal
SHAPE_Length	1508,056

Figura 7 – MDS e vetores de curvas de nível, com um exemplo de Avaliação; e Padrão de preenchimento do bando de dados de acordo com a ET-EDGV.

4.5 Aquisição

Consiste em gerar a partir de informações geoespaciais das feições naturais e artificiais do terreno, um produto vetorial geo-estruturado a partir de produtos cartográficos digitais, obedecendo a modelagem de dados prescrita nas Especificações Técnicas para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV).

A aquisição utiliza como insumo as ortofotos digitais, bem como pontos de apoio medidos em campo para Aerotriangulação.

Para isso são utilizadas ferramentas específicas de geoprocessamento, como os produtos/extensões da ESRI/FME/Gothic para adquirir as feições de insumos cartográficos, obtendo assim os objetos e classificando-os em sua classe correspondente.

4.6 Reambulação

Com a geometria dos objetos previamente adquirida em gabinete, e de posse das ortofotos digitais, os reambuladores atualizam o banco de dados com os atributos previstos na Especificações Técnicas para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV), Figura 8.

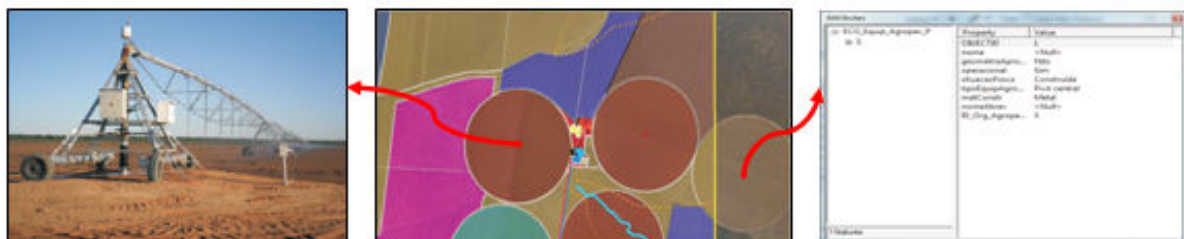


Figura 8 – Pivô Central para irrigação; vetores e ortofotos de vegetação cultivada irrigada; e tabela de atributos da classe "equipamento agropecuário".

4.7 Validação

Consiste em retirar os erros normalmente imperceptíveis a olho nu, ou seja, deixar os arquivos válidos a serem utilizados em um banco de dados geográfico (Tabela 2). De posse desses arquivos em banco de dados, podem ser efetuadas pesquisas para auxiliar nas tomadas de decisões baseadas em informações geográficas.

Tabela 2 – Tipos de erros em arquivos vetoriais.

TIPO DE ERRO	DEFINIÇÃO DO ERRO
Ponto	Falta de pontos, pontos duplicados, pontos com atribuição errada.
Linha	Falta de linhas, linha quebrada, linha duplicada, linha a ser segmentada, sem atribuição ou com atribuição errada.
Área	Área faltando, área sobreposta, área duplicada, sem atribuição ou com atribuição errada.

Para isso são utilizados *softwares* de validação (Figura 9) em plataforma ESRI (ArcGis), FME (Tabelas de Conversão - customizadas) e LAMPS (Gothic).

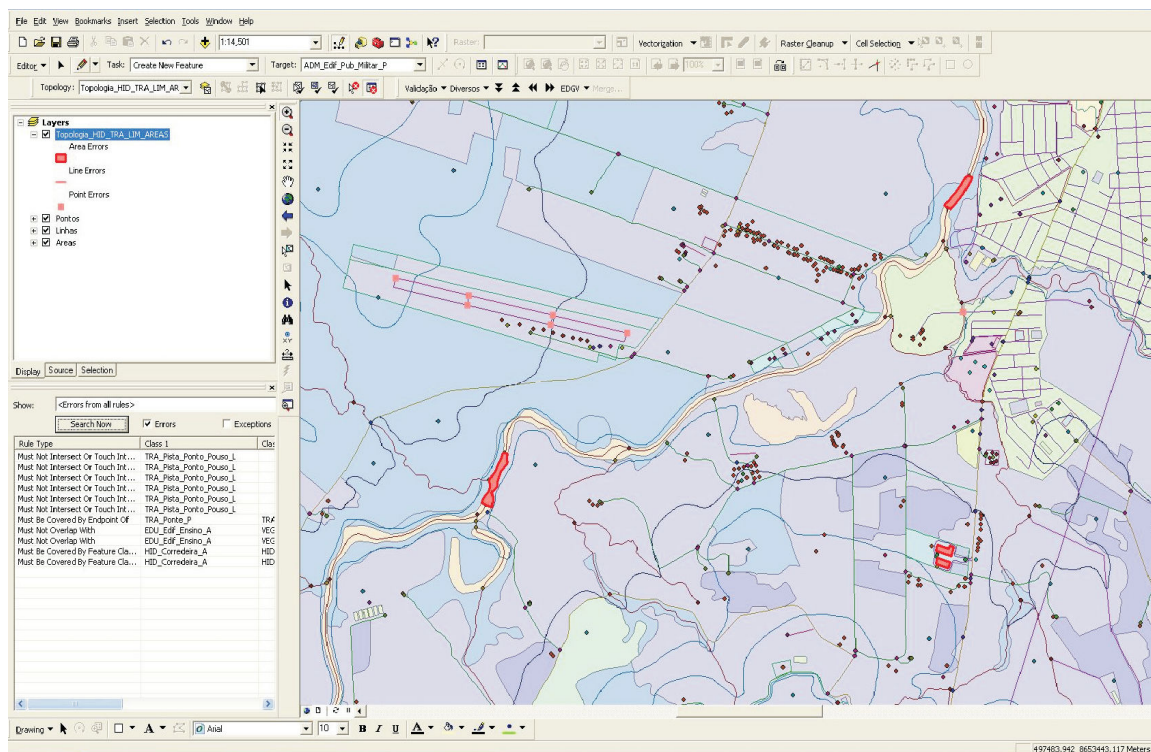


Figura 9 – Validação na plataforma ESRI (ArcGis).

4.8 Geração de Área Contínua

Consiste na elaboração da base cartográfica digital contínua, que proporcionará o cruzamento de vários níveis de informação para consulta, análises espaciais e geração de cartogramas para auxiliar a tomada de decisão dos usuários. A base cartográfica é composta por um conjunto de feições, com seus respectivos atributos, que representam a fisiografia do território com precisão de representação baseada nos arquivos geoespaciais vetoriais estruturados em categoriais e validados.

4.9 Edição

Consiste em representar as feições, obtidas na aquisição (e atribuídas na reambulação), de maneira padronizada através do emprego de convenções cartográficas, com o objetivo de facilitar a identificação das feições do terreno na carta ou no sistema (Banco de Dados Geográfico).

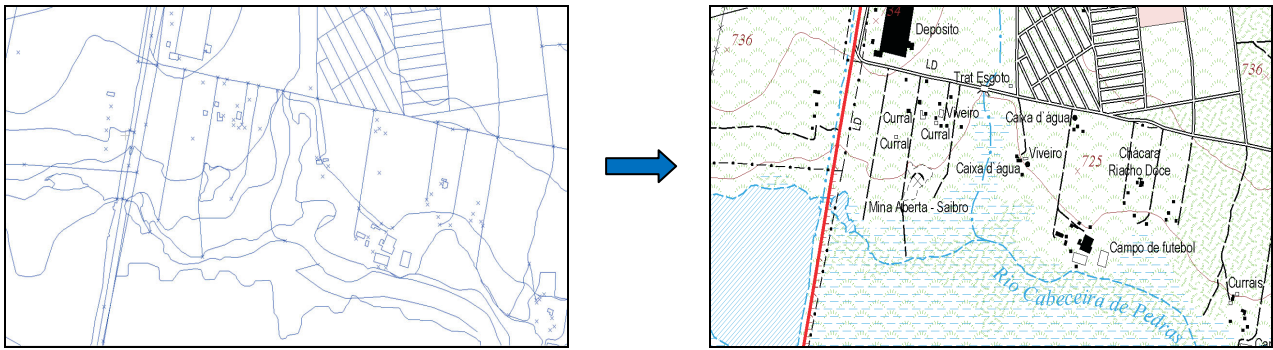


Figura 10 – Arquivo vetorial antes e depois da Edição.

O método automático de Edição Vetorial consiste em uma sequência de rotinas processadas pelo banco de dados *Gothic*.

No método convencional, todas as operações necessitam de intervenção direta do editor, enquanto que no *Gothic* todas as operações de edição são realizadas de forma automática pelo sistema, cabendo ao operador executar ajustes simbólicos para efeitos estéticos.

O uso do sistema *Gothic* na edição acarretou modificações que resultaram em:

1. Diminuição de possíveis erros, pois praticamente todos os dados extra moldura são gerados automaticamente a partir do MI e do nome da folha;
2. Melhora da sua qualidade, uma vez que o técnico revisor da etapa de produção tem mais tempo para se preocupar, quase que inteiramente com a parte interna da folha;
3. Redução de horas de trabalho, em função do menor número de correções;
4. Ganho de produtividade.

5. PRODUTOS GERADOS

O banco de dados geográfico, estruturado pela ET- EDGV, origina três produtos: Ortofotocarta (Figura 11), carta topográfica (Figura 12) e arquivos vetoriais com informações tabelares (Figura 13).

De posse desses arquivos em banco de dados, podem ser efetuadas pesquisas para auxiliar nas tomadas de decisões baseadas em informações geográficas.

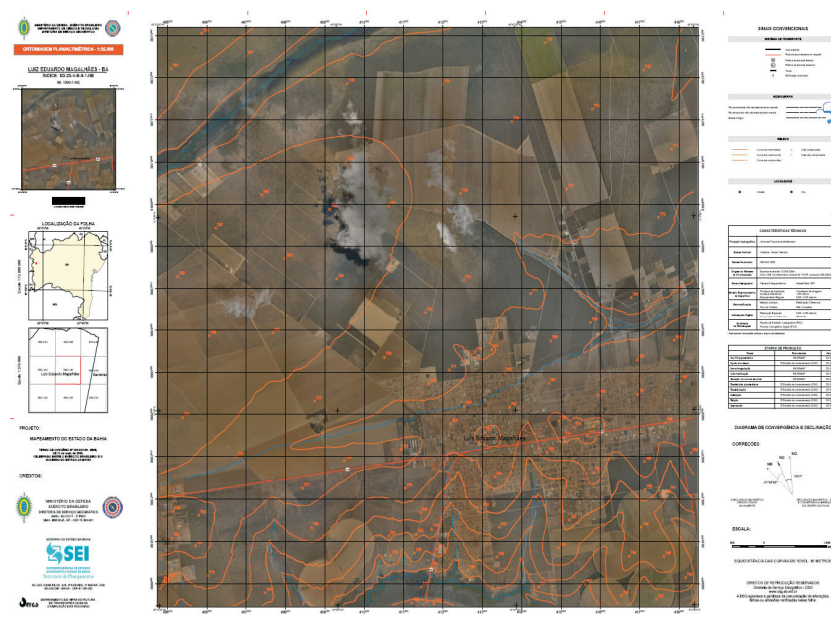


Figura 11 – Ortofotocarta.

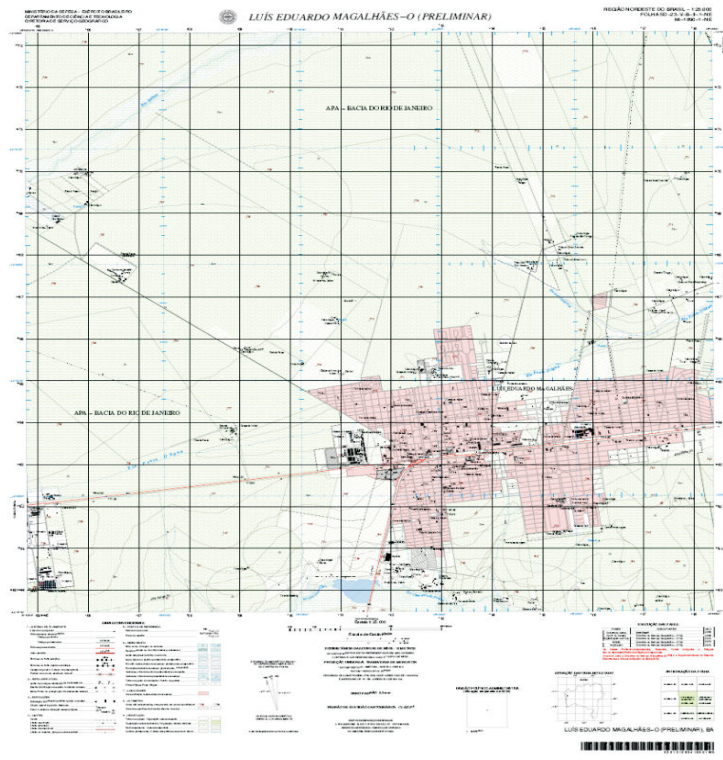


Figura 12 – Carta Topográfica.

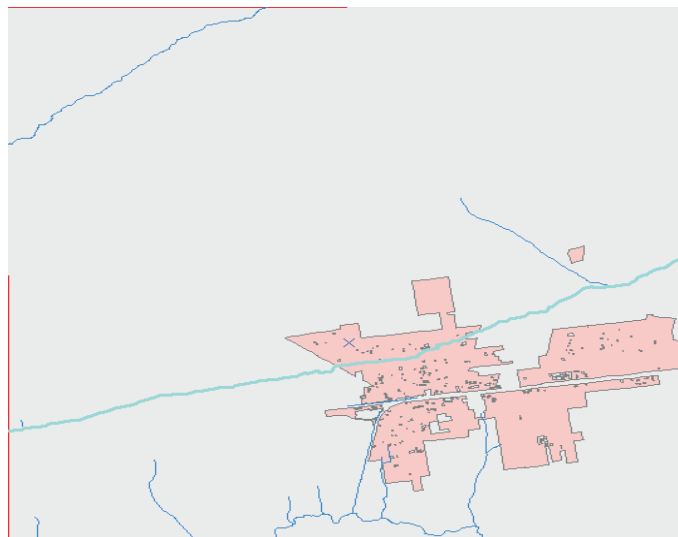


Figura 13 – Arquivos vetoriais.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho apresenta a participação da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG) no projeto de Mapeamento Sistemático do Estado da Bahia. Considerou-se, portanto, as etapas de vôo fotogramétrico; avaliação das fotografias aéreas; levantamento de pontos de campo, avaliação de produtos cartográficos intermediários; aquisição de dados geoespaciais vetoriais; reambulação; validação; geração de área contínua e edição vetorial.

É fácil perceber que o mapeamento em um projeto de grandes dimensões territoriais impõe a presença de um órgão que garanta a confiabilidade e a qualidade dos produtos de forma otimizada.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967. Fixa as diretrizes e bases da cartografia brasileira e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 fev. 1967. Seção 1, pt. 1, p. 2438.

BRASIL. Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 nov. 2008. Seção 1, pt. 1, p. 57.

CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia, 2007. **Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV)**. Rio de Janeiro.

CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia, 2009. **Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil (MGB)**. Rio de Janeiro.

CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia, 2010. **Plano de Ação para Implantação da Infra-Estrutura de Dados Espaciais (INDE)**. Rio de Janeiro.

DSG – Diretoria do Serviço Geográfico, 2002. **Manual Técnico de Convenções Cartográficas T-34-700, 1ª e 2ª Partes**. Brasília.

DSG – Diretoria do Serviço Geográfico, 2008. **Especificação Técnica para Aquisição da Geometria dos Dados Vetoriais Geo-espaciais da Infra-Estrutura Brasileira de Dados Geo-espaciais (ET-ADGV) –Versão Preliminar**. Brasília.