

Confecção de Carta-imagem de Navegação Aérea Visual utilizando imagens CBERS

Elias Ribeiro de Arruda Junior ¹

Anderson Caverzan de Aguiar ²

¹ Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA) - Depto. de Cartografia
20021-130 Rio de Janeiro RJ
eliasarrudajr@yahoo.com.br

² Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA) - Depto. de Cartografia
20021-130 Rio de Janeiro RJ
a.caverzan@ig.com.br

Resumo: O presente trabalho descreve a metodologia de construção da Carta-imagem de Navegação Aérea Visual (CINAV), confeccionada pelo Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA), utilizando como alternativa, imagens obtidas pelos satélites do programa sino-brasileiro CBERS, disponíveis gratuitamente pelo INPE, e imagens LANDSAT 5 e 7, quando necessário. Bem como, mostra as vantagens e dificuldades desta iniciativa, encontradas ao longo do trabalho e apresenta os resultados e as soluções tomadas para esses problemas.

Palavras chaves: Carta-imagem, imagem de satélite, sensoriamento remoto, cartografia aeronáutica, vôo visual, CBERS, ICA, CINAV

Abstract: The work present describe the methodology of production of the Carta-imagem de Navegação Aérea Visual (CINAV), by Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA), using images to get CBERS satellite, distributed free by INPE. Also show the advantages and trouble this initiative, and shows the result and solutions in order to solve these problems.

Keywords: satellite image, remote sensing, aeronautical cartography, visual flight, CBERS, ICA, CINAV

1 Introdução

O Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA) é responsável por uma série de produtos cartográficos que tangem a navegação aérea, bem como, é de sua responsabilidade a divulgação de Informações Aeronáuticas utilizadas pelos pilotos, civis e militares, nas inúmeras fases do Vôo. Dentre esses produtos cartográficos, existem basicamente dois grandes grupos de cartas aeronáuticas, as Cartas de Vôo por Instrumento (*Instrument Flight Rules* - IFR) e as Cartas de Vôo Visual (*Visual Flight Rules* - VFR). Como o próprio nome descreve, as cartas IFR dão informações necessárias aos pilotos para a navegação aérea, quando esta é realizada utilizando-se de instrumentos a bordo das aeronaves para a realização dos procedimentos em vôo, ao passo que as cartas VFR são utilizadas quando o vôo é apoiado em feições visíveis no solo. Dentro deste segundo grande grupo de cartas (VFR), existe uma chamada Carta-imagem de Navegação Aérea Visual (CINAV) que se utilizam de imagens de satélite como pano de fundo e será nesta Carta-imagem que este trabalho terá enfoque.

A iniciativa de utilização das imagens tomadas com o satélite sino-brasileiro CBERS, por esse instituto, na confecção de suas cartas-imagens, teve início em 2003 com o trabalho (Gomes et.al. 2003), apresentado no XXI CBC. Com a continuidade do programa, marcado pelo lançamento do seu segundo satélite CBERS-2, outro trabalho foi apresentado pelo ICA, no XXII CBC de 2005, (Gomes et.al. 2005), utilizando essas imagens. Essa iniciativa motivou-se pela crescente qualidade das imagens com o passar do tempo

e pelo incentivo em tecnologia nacional, visto que este programa é um convênio entre o Brasil e a China que vem crescendo continuamente com o lançamento de novos satélites e sem contar o fato destas imagens serem distribuídas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), diminuindo assim, significativamente, os custos na elaboração destes produtos para a Força Aérea Brasileira (FAB).

Esclarecendo que as Cartas-imagens confeccionadas por este instituto até o presente trabalho eram realizadas utilizando imagens tomadas pelos satélites do programa americano LANDSAT, imagens estas que trazem custos para o estado brasileiro e que continuaram sendo utilizadas quando as imagens CBERS não satisfizerem as necessidades operacionais.

Nesse contexto, o presente trabalho propõe a solução de elaboração da Carta-imagem de Navegação Aérea Visual (CINAV), utilizando como alternativa, imagens obtidas pelos satélites do programa CBERS, mostrando vantagens e dificuldades encontradas durante o processo de tratamento das imagens e confecção das Cartas, bem como, apresentando as soluções tomadas para a realização deste trabalho. Os resultados são discutidos e ao final do trabalho são apresentadas as conclusões e recomendações.

2 Carta-imagem de Navegação Aérea Visual (CINAV)

A Carta-imagem de Navegação Aérea Visual (CINAV) é um produto de extrema importância para o piloto, tanto civil quanto militar, quando da execução de vôo com apoio visual. Construída na escala 1:500.000, até o presente momento, utilizando-se imagens orbitais do programa LANDSAT, dos satélites 5 e 7.

Este tipo de carta surgiu da necessidade de apoio para vôo visual em locais carentes de base cartográfica pelos órgãos de mapeamento, como exemplo, várias áreas da região amazônica. Sendo então, utilizadas como alternativa, as imagens LANDSAT.

3 Imagens de satélite

A seguir, serão descritos, brevemente, os dois tipos de imagens, CBERS e LANDSAT, utilizadas na confecção das CINAV.

3.1 Imagens CBERS

Estas imagens são obtidas através de satélites de observação da terra, desenvolvidos pelo INPE, em cooperação com a Academia Chinesa de Tecnologia espacial, denominado CBERS (*Chinese Brazilian Earth Resource Satellite*), cujo primeiro satélite do programa (CBERS-1) foi lançado em 14/10/1999, na base chinesa de Taiwan, (Rocha 2002).

Segundo INPE (2006), o segundo satélite do programa (CBERS-2) é tecnicamente idêntico ao CBERS-1, e foi lançado com sucesso no dia 21 de outubro de 2003, partindo do Centro de Lançamento de Taiwan, na China. O CBERS-2 foi integrado e testado no Laboratório de Integração e Testes do INPE.

Devido ao sucesso do CBERS-1 e 2, os dois governos decidiram, em novembro de 2002, dar continuidade ao Programa CBERS firmando um novo acordo para o desenvolvimento e lançamento de mais dois satélites, os CBERS-3 e 4 que tem como previsão de lançamento, 2008 e 2010, respectivamente para os satélites CBERS-3 e 4.

Moreira (2005), relata que os satélites CBERS são projetados para cobertura global, situam-se a uma altitude de 778km da Terra, em órbita circular, síncrona com o Sol, com um ângulo de inclinação de 98,504° em relação ao plano equatorial e contêm três tipos de sistemas sensores de coleta de dados de sensoriamento remoto para recursos naturais: o CCD, o IR-MSS e o WFI.

O **sensor CCD** (*Charge-Coupled Device*) é uma câmara de alta resolução que fornece imagens de uma faixa de 113 km de largura no terreno, com uma resolução espacial de 19,5m x 19,5m. Este sistema gasta 26 dias para uma cobertura completa do globo terrestre, (Moreira 2005).

O sensor **IR-MSS** (*infraRed Multispectral Scanner Subsystem*) é uma câmara de varredura que opera em quatro faixas espectrais desde o visível até o termal. Este sensor coleta informações espectrais dos alvos da superfície terrestre de uma faixa no terreno de 120km de largura, com uma resolução espacial de

77,8m, gastando também 26 dias para obter uma cobertura completa da superfície da Terra, (Moreira 2005).

Já o **WFI** (*Wide Field Imager*), segundo MOREIRA (2005), é um sensor imageador com largo campo de visada que imageia uma faixa no terreno de 890km de largura, com uma resolução espacial de 256m. Este sensor possibilita uma cobertura completa do globo terrestre a cada cinco dias.

3.2 Imagens LANDSAT

Segundo Rocha (2002), o LANDSAT foi colocado em órbita em 1972, com o nome de ERTS-1 (*Earth Resources Technological Satellite-1*), com um desempenho tão significativo que foi transformado na série LANDSAT.

O LANDSAT 5 está operando desde 1984, muito além da vida útil prevista na época do lançamento. Trabalha com os sensores TM (*Thematic Mapper*) e MSS (*Multispectral Scanner System*), com, respectivamente, sete e quatro bandas em cada. A melhor resolução espacial obtida é de 30m. O LANDSAT 6 foi lançado em 1993 e perdeu-se no mar, (Rocha 2002).

Ainda, segundo o entendimento de Rocha (2002), relata que o LANDSAT 7 foi lançado em 1999, com os sensores ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*) e PAN (pancromático), operando com sete canais multiespectrais e um canal PAN, respectivamente. A banda PAN consegue resolução espacial de até 15m, possibilitando escalas de até 1:25.000. Os satélites LANDSAT 5 e 7 encontram-se a uma altura de 705km e a operação de suas órbitas é administrada pela NASA (*National Space and Space Administration*) dos USA, enquanto a produção e comercialização das imagens fica sob os cuidados da USGS (*United States Geological Survey*). No Brasil, o INPE e algumas empresas privadas comercializam as imagens do LANDSAT 4, 5 e 7. Estas cenas cobrem uma área de 185 x 185km (34.225km²).

Na tabela a seguir, extraída de Rocha (2002), e complementada de algumas informações pelos autores, são mostradas algumas características importantes dos dois sistemas sensores.

Tabela 1 – Características dos sensores

SATÉLITE ORIGEM LANÇAMENTO	SENSOR	FAIXA IMAGEADA	RESOLUÇÃO				ESTE RE0- PAR
			ESPECTRAL	ESPACIAL	RADIOMÉTRICA	TEMPORAL	
LANDSAT 5 EUA 1984	Thematic Mapper (TM)	185Km	7 bandas MS	30m e 120m	8 bits	16 dias	não
LANDSAT 7 EUA 1999	Enhanced Thematic Mapper + (ETM+)	185km	7 bandas MS	30m e 60m	8 bits	16 dias	não
			1 banda PAN	15m	8 bits		
CBERS 1 e 2 BRASIL e CHINA 1999 e 2003	CDD	120Km	4 bandas MS	20m	8 bits	26 dias	sim
	IR-MSS	120Km	1 banda PAN	20m	8 bits	(3 dias)	
		120Km	4 bandas MS	80m e 160m	8 bits	26 dias	
	WFI	900Km	2 bandas	260m	8 bits	3 dias	

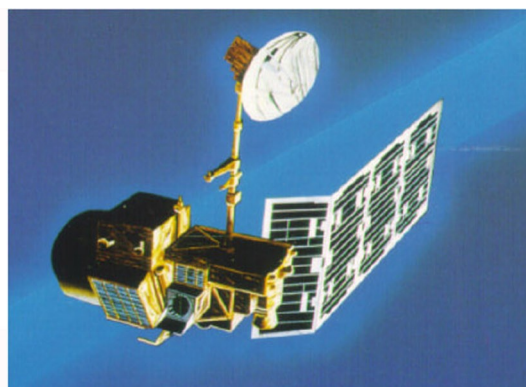
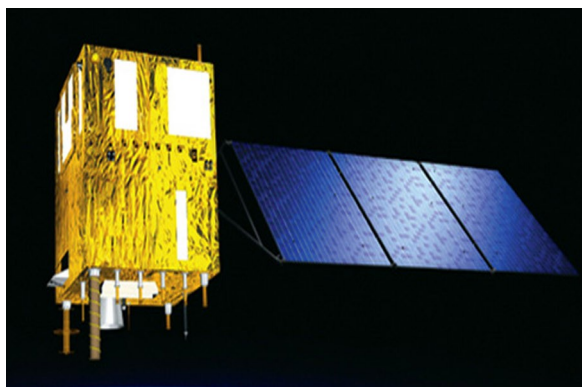


Figura 1: Satélites, CBERS (esquerda) e LANDSAT 5 (direita)



Figura 2: Recorte da mesma área, nas imagens, CBERS (159-105) de 11/07/2005, à esquerda, e LANDSAT 5 (222-63) de 07/08/1999, à direita

4 Metodologia

Neste tópico serão descritas, passo a passo, as fases de confecção da Carta-imagem de Navegação Aérea Visual. Todas as fases de construção da carta são realizadas no ambiente do Image Analyst/Microstation/MGE da Bentley.

A articulação das folhas CINA V segue o padrão das folhas 1:500.000 do mapeamento sistemático brasileiro.

Partindo de um plano de trabalho interno do ICA, segundo a necessidade de construção das cartas, esta segue as seguintes fases:

4.1 Redes de coordenadas e tema aeronáutico

O passo inicial para a confecção desta carta, é a elaboração das redes de coordenadas Geográficas e UTM, utilizando a Projeção Universal Transversa de Mercados, Datum Horizontal, WGS84 e Datum Vertical, Imbituba (SC). Nesta fase também são incluídas as linhas isogônicas.

Além das redes de coordenadas, nesta fase, são inseridas algumas informações do tema aeronáutico, que são: dados sobre aeródromos (tipo da pista, tamanho da pista, uso etc), auxílios a navegação, obstáculos (redes elétricas, torres, faróis marítimos etc) e espaço aéreo condicionado.

4.2 Aquisição das imagens, georreferenciamento e mosaicagem

De posse dos limites físicos das áreas a serem cobertas pelas folhas, passo este que pode acontecer concomitantemente com a fase anterior, as imagens obtidas pelo sensor CCD do satélite CBERS-2 são devidamente escolhidas e adquiridas, através do site do INPE, levando em consideração: cobertura de nuvens, qualidade visual e data das imagens (preferência pelas mais recentes).

As imagens CBERS são compostas utilizando as bandas 3, 4 e 2, respectivamente, nos canais R, G e B, enquanto nas LANDSAT 5, a composição é realizada através das bandas 5, 4 e 3, respectivamente, em R, G e B.

Por causa da ocorrência de muitas nuvens, principalmente em áreas de grande precipitação, como é o caso da região amazônica, as imagens que formarão o pano de fundo de uma carta-imagem podem vir de épocas de imageamento diferentes.

A partir daí, as imagens são devidamente georreferenciadas, utilizando os recursos disponíveis no Image Analyst, através da Transformação Afim com uma média de 25 a 30 pontos.

Depois do georreferenciamento de cada imagem, em separado, é construído um mosaico, também com o auxílio das ferramentas do ambiente Image Analyst, realizando a correção radiométrica entre as diversas imagens, e efetuando-se os recortes necessários para que este mosaico tenha o mesmo limite da folha a

ser confeccionada. Nesta fase, várias correções radiométricas são aplicadas nas imagens, garantindo, assim, uma boa qualidade visual para o pano de fundo da carta.

4.3 Edição vetorial

Neste momento, da inclusão da toponímia, são compiladas informações oriundas de fontes diversas, tais como: outras cartas aeronáuticas (WAC, CAP, CIAP etc), cartas topográficas (quando existentes), mapas rodoviários e na área da Amazônia, mapa da Amazônia Legal na escala 1:3.000.000, do IBGE. A partir destas fontes são extraídas, localidades, limites políticos, rodovias, e algumas outras informações julgadas importantes, que são devidamente inseridas, padronizadas por um manual interno de construção.

4.4 Revisão

Após o processamento das imagens e edição vetorial, a carta é impressa e enviada para o trabalho de revisão que é dividido em várias etapas, de maneira iterativa, entre o pessoal da edição e revisão, até que todas as falhas e dúvidas sejam resolvidas.

4.5 Geração dos fotolitos de impressão

Após as fases de revisão, o arquivo no formato digital, é enviado para o setor de Fotoplotagem para que sejam geradas as quatro chapas de fotolitos (ciano, magenta, amarelo e preto), através do processo de fotoplotagem (em equipamento específico). Estes fotolitos passam por um último processo de revisão antes de seguirem para a impressão final.

4.6 Impressão final

O processo de impressão final é realizado no Parque de Material Eletrônico (PAME), unidade da FAB responsável pelos trabalhos de impressão gráfica e distribuição destes materiais.

5 Discussão dos resultados

As imagens CBERS, apesar da melhor resolução teórica, apresentam um resultado visual inferior às imagens LANDSAT. Enquanto as LANDSAT são imagens com cores “vivas” e brilhantes, as CBERS apresentam cores mais opacas, que necessitam de alguns tratamentos radiométricos para apresentarem melhor resultado visual, veja figura 2.

Outro problema encontrado em algumas das imagens CBERS-2, é a aparência de três faixas com colorações diferentes, como se fosse um degrade ou “reflexos” na tomada das imagens. Estes problemas têm sido amenizados, as vezes parcialmente, através da aplicação de manipulações de contraste, cor e brilho. Veja figura 3.

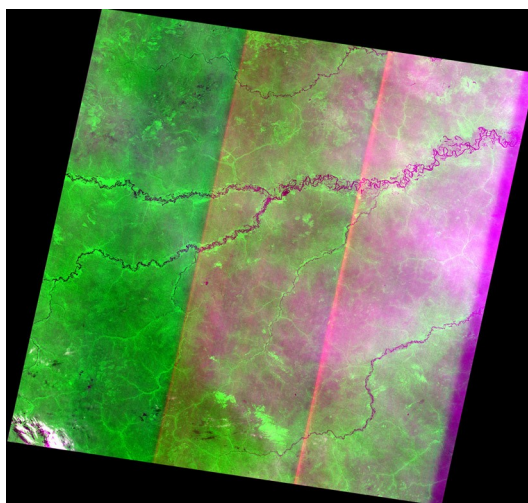


Figura 3: Faixas com cores diferentes, numa imagem CBERS

Talvez, o maior dos problemas encontrados nas imagens CBERS seja o deslocamento de órbita, de uma época para outra, detectado em várias seqüências de imagens. Pelo fato da grande ocorrência de nuvens na região amazônica, em muitos dos casos não é possível o aproveitamento de uma seqüência de imagens de uma mesma passagem do sensor, tendo que utilizar como alternativa, imagens de outras tomadas. Ao georreferenciar essas imagens de épocas diferentes, detectou-se deslocamentos de órbita bastante significativos.

No exemplo mostrado a seguir, na figura 4, pode-se visualizar nitidamente o deslocamento ocorrido na órbita, no decorrer de um ano. A imagem demarcada em amarelo é a órbita-ponto nº 177-94, tomada em 02/03/2004, enquanto a demarcada em vermelho é a mesma imagem (177-94) coletada em 30/03/2005. O deslocamento de órbita entre estas duas imagens é aproximadamente, da ordem de 34km.

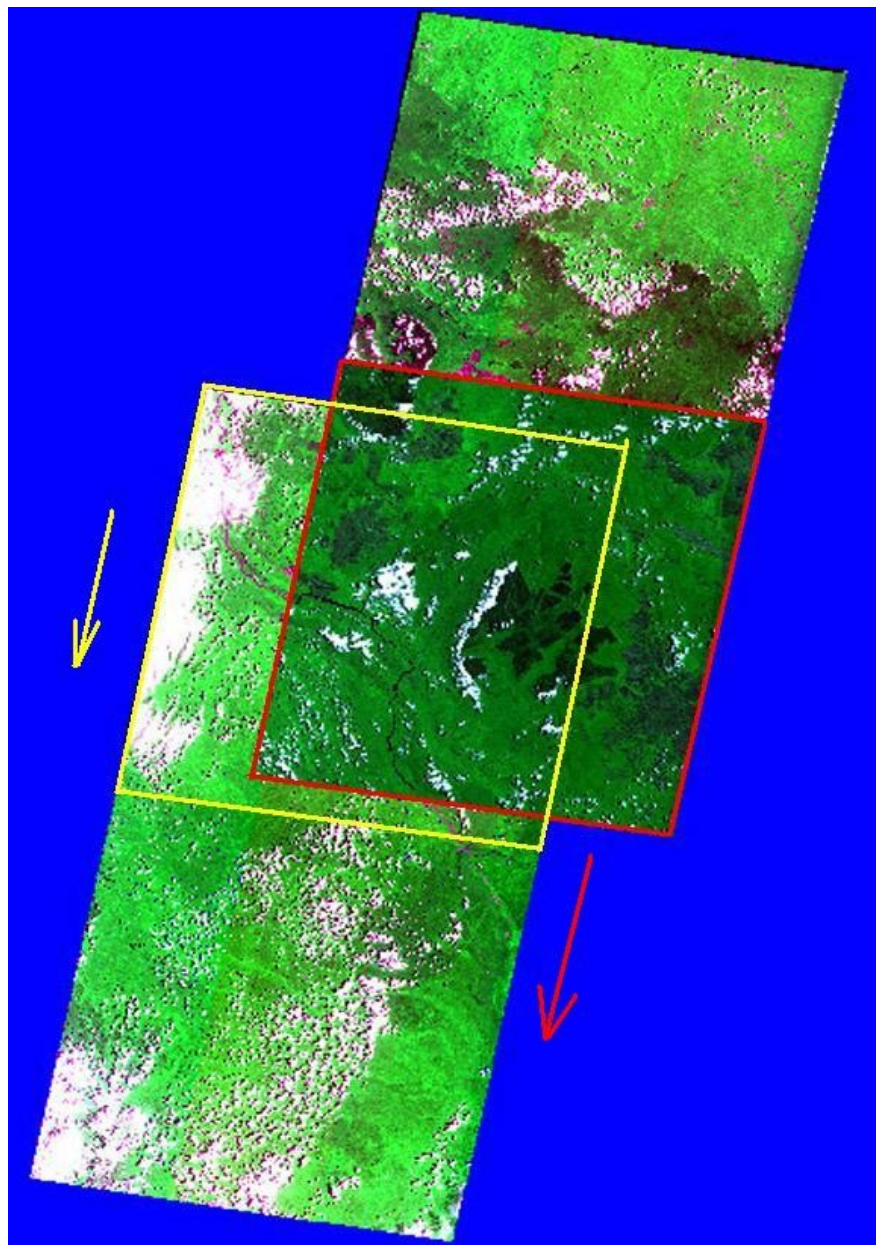


Figura 4: Deslocamento de órbita em imagens CBERS de épocas diferentes

As soluções adotadas para este tipo de problema são: a aquisição de novas imagens recobrindo a área, quando disponíveis, pois em muitos dos casos, todas as imagens apresentam algum deslocamento ou uma grande ocorrência de nuvens, como já foi mencionado; outra solução é o preenchimento destas áreas deficientes de imagens CBERS com imagens do LANDSAT 5 ou 7. Estas soluções têm apresentados bons resultados, como mostrado na figura 5, no recorte de um mosaico, devidamente tratado geometricamente e radiometricamente, entre imagens CBERS e LANDSAT 5.



Figura 5: Mosaico entre imagens, CBERS (lado esquerdo) e LANDSAT 5 (lado direito)

6 Conclusões e recomendações

A partir dos resultados obtidos neste experimento, pode-se afirmar que é de grande valia o investimento em metodologias inovadoras para manipulação das imagens obtidas com os sensores CCD, dos satélites do consórcio Sino-Brasileiro CBERS.

Mesmo essas imagens apresentando alguns problemas, suas cenas são de distribuição gratuita através do INPE. Levando em consideração este fato e que trata-se de investimentos em tecnologia nacional, o Instituto de Cartografia Aeronáutica (ICA) continuará investindo esforços na utilização das imagens CBERS na elaboração de seus produtos.

Diante das potencialidades apresentadas por estas imagens, do grande sucesso já conquistado até o presente momento e da proposta de lançamento de mais satélites, com maior resolução, num futuro próximo, recomenda-se novos estudos para utilização deste produto em outras áreas do conhecimento técnico científico brasileiro.

7 Referências Bibliográficas

Gomes, C.J.M.; Pereira, C.B.; Lima, M.V.F.; Aguiar, A.C.: *Uma Experiência Pioneira no ICA: A utilização de imagens CBERS na elaboração de Cartas Aeronáuticas para Vôo Visual*, In: XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, Belo Horizonte – MG, 29/19-03/10, CBC, 2003.

Gomes, C.J.M.; Pereira, C.B.; Lima, M.V.F.; Aguiar, A.C.: *A substituição das imagens LANDSAT pelas CBERS na elaboração de Cartas Aeronáuticas para Vôo Visual*, In: XXII Congresso Brasileiro de Cartografia, Macaé – RJ, 26-30/10, CBC, 2005.

Moreira, M.A.: *Fundamentos de Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação*, Viçosa (MG), 2005, 3ª edição, Editora da Universidade Federal de Viçosa.

Rocha, C.H.B.: *Geoprocessamento – Tecnologia Transdisciplinar*, Juiz de Fora, 2002, 2ª edição.

Site do INPE, <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>, consultado em 07/05/2006.