

CBERS – SATÉLITE SINO-BRASILEIRO DE RECURSOS TERRESTRES

JOSÉ CARLOS N. EPIPHANIO
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Av. dos Astronautas, 1758
12201-970 – São José dos Campos, SP – Brasil
e-mail: epiphanio@dsr.inpe.br

Abstract – CBERS – China-Brazil Earth Resources Satellite is part of a cooperative program between Brazil and China for the development of a series of remote sensing satellites. The first phase of the program was accomplished by the launching of two satellites. CBERS-1 was launched in October 2001 and operated until July 2003. CBERS-2 kept most of the characteristics of CBERS-1, was launched in October 2003, and is working properly and in a routine basis. CBERS-3 and 4 are planned to be launched in 2008 and 2011, respectively. These satellites will have new sensors with improved characteristics. Recently, a new agreement between Brazil and China was signed for the construction and launching CBERS-2B in October 2006, as part of a policy of non-stopping remote sensing data acquisition. Some characteristics of CBERS-2 are presented and some figures about distribution of CBERS-2 data in Brazil are provided.

Palavras-chave: remote sensing, sensors, satellite, cameras, imaging, sensoriamento remoto, satélite

1. Introdução

Desde o lançamento do primeiro Landsat-1, inicialmente chamado ERTS – Satélite Tecnológico de Recursos Terrestres - em 1972, o mundo continua a avançar no desenvolvimento de novas tecnologias e aplicações espaciais. O Landsat-1 abriu ao mundo novas oportunidades de observar a Terra de uma perspectiva completamente nova. A partir do espaço tornou-se possível investigar os fenômenos e recursos terrestres usando imagens coletadas em vários comprimentos de ondas, resoluções espaciais e frequências temporais.

As aplicações civis de imagens da família dos satélites Landsat continuam a servir muitos países ao redor do mundo. Entretanto, novos satélites de sensoriamento remoto foram lançados desde então, com características que visavam atender à demanda das novas aplicações e necessidades. O SPOT – Satélite Francês para Observação da Terra, lançado nos anos 80 – melhorou a resolução espacial e introduziu a capacidade de visada fora do nadir, o que trouxe novas oportunidades para a comunidade de sensoriamento remoto. Nos anos 90 foram introduzidos satélites com resoluções espaciais inferiores a 10 metros (como por exemplo, o Ikonos) e sistemas operacionais de radares imageadores (por exemplo, o Radarsat canadense). Outro aspecto marcante da expansão do sensoriamento remoto foi o surgimento de novos participantes no cenário do sensoriamento remoto, como a Índia com os seus IRSs (Satélites Indianos de Sensoriamento Remoto). Todos esses novos sistemas têm sido vitais para melhorar a observação da Terra a partir do espaço. Mais recentemente, o Brasil e a China, após um longo tempo de parceria, construíram e lançaram dois satélites de observação da Terra denominados **CBERS: Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres**, ou *China-Brazil Earth Resources Satellite*.

As negociações entre o Brasil e a China para uma cooperação de longo prazo em observação da Terra a partir do espaço começou em 1988. A primeira fase do programa foi planejada para construir, lançar e operar dois satélites tecnológicos de sensoriamento remoto, nos quais os custos e as responsabilidades operacionais seriam compartilhados. O primeiro satélite foi lançado em outubro de 1999, e operou até julho de 2003, quase dois

anos a mais do que os dois anos de vida útil originalmente planejados. O segundo CBERS foi lançado em 21 de outubro de 2003 da base de lançamentos chinesa Taiyuan, em Shanxi, China, pelo veículo lançador Longa Marcha-4.

O programa CBERS foi a primeira cooperação neste campo entre dois países em desenvolvimento, no mundo. Muitos desafios tiveram que ser transpostos a fim de que o programa pudesse avançar e culminar com o lançamento bem sucedido dos dois satélites, tais como a língua, os diferentes estágios tecnológicos de cada país, a distâncias física, aspectos logísticos, etc. Os resultados obtidos pelos CBERS-1 e 2 foram considerados uma conquista tão importante pelos dois países que um acordo para o aprimoramento e continuidade do programa com os CBERS-3 e 4 foi assinado. Além disso, como o CBERS-3 está planejado para ser lançado apenas em 2008, um outro acordo foi assinado entre os dois países para o lançamento do CBERS-2B em 2006, a fim de evitar uma eventual falta de dados de sensoriamento remoto entre o possível fim do CBERS-2 e o lançamento e comissionamento do CBERS-3.

2. O satélite CBERS-2

O CBERS-2 tem 2,5 x 3,2 x 8,4 metros (incluindo o painel solar aberto), com uma massa de 1.575 kg. O satélite é uma plataforma estabilizada em três eixos, numa órbita sol-síncrona, recorrente e congelada de 778 km de altitude, com uma inclinação de 98,5°. Isso significa que a uma dada latitude todas as imagens são obtidas à mesma hora local, que foi estabelecida como sendo 10:30 da manhã. O ciclo de repetição é de 26 dias, o que quer dizer que a cada 26 dias a mesma área do terreno é imageada pelas câmeras do satélite, exceto os pólos, que não são imageados nunca. O sistema de fornecimento de energia do satélite provê 1.100 watts.

Os centros de controle do satélite localizados no Brasil e na China são responsáveis pelo constante monitoramento e controle do satélite. Até novembro de 2004 há quatro estações terrenas de recepção do CBERS: Beijing, Wulumuqi e Nanning na China, e Cuiabá no Brasil. O satélite tem um gravador a bordo, que pode gravar imagens de qualquer parte do planeta e transmiti-los para uma estação terrestre de recepção durante a passagem noturna.

3. A carga útil do CBERS-2

A principal missão do programa CBERS é contribuir para o melhor entendimento do nosso planeta. Isso é conseguido pelo conjunto de câmeras que continuamente imageiam a Terra em diferentes regiões óptico-espectrais e numa variedade de resoluções espaciais e temporais.

A carga útil do CBERS-2 consiste de uma Câmera Imageadora de Alta Resolução (CCD), um Radiômetro Imageador de Varredura no Infravermelho (IRMSS), uma Câmera Imageadora de Amplo Campo de Visada (WFI), um Monitor do Ambiente Espacial (SEM), e um Sistema de Coleta de Dados (DCS). Na Tabela 1 apresentam-se algumas características técnicas do CBERS e suas câmeras.

A câmera CCD é um dispositivo do tipo *pushbroom*, com cinco bandas espectrais, que opera no azul, verde, vermelho, infravermelho próximo, e pancromático. Na sua constituição há um espelho móvel, cuja função é permitir aquisições em visada lateral de $\pm 32^\circ$ em relação à trajetória regular do satélite. Isso é importante para monitorar desastres ou emergências, como inundações. Também, esta característica pode ser usada para

adquirir pares de imagens em diferentes ângulos de visada para compor pares estereoscópicos para fins cartográficos. Seu campo de visada instantâneo (IFOV) é 25 μ rad, o que equivale a uma *campo instantâneo de visada no terreno* (GIFOV) de 19,5 metros, quando o satélite está a 778 km de altitude; o tempo de integração para todas as bandas é de 2,898 ms. O registro entre bandas é especificado para ser melhor do que 0,3 pixels, com um MTF (função de transferência de modulação) melhor que 0,28 na direção transversal à órbita e 0,18 na direção longitudinal à órbita. A distância focal da CCD é de 520 mm, com um campo de visada de 8,32°. Os sinais da CCD são divididos em dois canais; o canal 1 (CCD1) contém as bandas 2, 3 e 4, e o canal 2 (CCD2) as bandas 1, 3 e 5, cada um dos canais com quatro níveis de ganhos pré-definidos possíveis. O CBERS-2 pode realizar gravação a bordo. Tal gravação pode ser feita para o canal CCD1 ou para o canal CCD2, mas não simultaneamente para ambos os canais. Uma vez feita a gravação sobre uma área qualquer, os sinais são transmitidos para as estações terrenas, como por exemplo, Cuiabá-MT, durante a passagem noturna do satélite. As características da CCD-CBERS-2 tornam esta câmera um importante instrumento para fins de mapeamentos temáticos. Ela tem sido usada para muitos projetos de pesquisa e operacionais no Brasil e na China, e mesmo em alguns países vizinhos para fins de pesquisa.

Tabela 1. Principais características dos CBERS –1 e 2.

Banda	Resolução Espectral (μ m)	Resolução Espacial (m) no nadir
CCD 1 (B1)	0,45-0,52	19,5 x 19,5
CCD 2 (B2)	0,52-0,59	19,5 x 19,5
CCD 3 (B3)	0,63-0,69	19,5 x 19,5
CCD 4 (B4)	0,77-0,89	19,5 x 19,5
CCD 5 (B5)	0,51-0,73	19,5 x 19,5
IRMSS 1 (B6)	0,50-0,90 (8 detectores de diodo de Si)	77,8 x 77,8
IRMSS 2 (B7)	1,55-1,75 (8 detectores de HgCdTe)	77,8 x 77,8
IRMSS 3 (B8)	2,08-2,35 (8 detectores de HgCdTe)	77,8 x 77,8
IRMSS 4 (B9)	10,4-12,5 (4 detectores de HgCdTe)	156 x 156
WFI 1 (B10)	0,63-0,69	258 x 258
WFI 2 (B11)	0,77-0,89	258 x 258
Tecnologia do sensor	CCD e WFI: radiômetro <i>pushbroom</i> IRMSS: radiômetro com espelho de varredura	
Largura da faixa de imageamento	CCD: 113 km, IRMSS: 119,5 km, WFI: 900 km	
Revisita	26 dias; WFI pode imagear uma certa área em menos de 5 dias; CCD pode imagear uma certa área em menos de 5 dias se usar visada lateral.	
Quantização	8 bits	
Taxa de dados	CCD: 2x53 Mb/s, IRMSS: 6,1 Mb/s, WFI: 1,1 Mb/s	
Gravador de bordo	Taxa de dados: 2x26,5 Mb/s; tempo de gravação de 15 minutos.	

O IRMSS é um sensor de varredura mecânica com quatro bandas espectrais: duas no *infravermelho de ondas curtas* (SWIR), uma pancromática e uma na região do infravermelho termal. As primeiras três bandas têm um GIFOV de 77,8 metros, enquanto a banda termal tem 156 m. A frequência de varredura é de 5,3908 Hz, com um campo de visada efetivo de varredura de $\pm 4,40^\circ$ em relação à direção da trajetória. O número de pixels efetivos por linha de varredura é de 1536 para as bandas 6, 7 e 8, e de 768 para a banda 9. A primeira banda (6, pancromática) fica no plano focal primário, enquanto as outras três (7, 8 e 9, SWIR e termal) ficam no plano focal secundário e resfriado. A especificação para o registro entre bandas é de 0,3 IFOV (campo de visada instantâneo) para as bandas 6, 7, 8, e de 0,6 IFOV para a banda 9 em relação às outras três. A distância focal efetiva é de 1.000 mm para as bandas 6, 7, 8, e de 500 mm para a banda 9, com um telescópio do tipo Ritchey-Chretien, e com uma MTF (função de transferência de modulação) do sistema maior que 0,4. O IRMSS possui um sistema de calibração interno com lâmpadas e copro negro, e um sistema para calibração com a luz solar. Além de poder ser utilizada isoladamente para fins de interpretação e análise, esta câmera pode servir também como um complemento para a CCD, pois cobre uma porção do SWIR do espectro eletromagnético.

A terceira câmera é a WFI, que é um sistema de varredura eletrônica com GIFOV de 258 metros e uma largura de faixa de imageamento de 900 km. Esta câmera pode visitar uma área específica do terreno a cada cinco dias. Apresenta uma boa solução de compromisso entre as resoluções espacial e temporal. E, por causa dessas características, pode ser usada junto com outros satélites para compor um sistema de monitoramento global. Suas duas bandas espectrais são especialmente localizadas para comporem alguns índices de vegetação, tais como o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). Exemplos de imagens das câmeras imageadoras CCD, IRMSS e WFI do CBERS-2 são apresentadas no Apêndice.

Além desses sensores imageadores descritos, o CBERS-2 tem dois outros componentes em sua carga útil: o SEM (Monitor de Ambiente Espacial) e o DCS (Subsistema de Coleta de Dados). O SEM é um detector de partícula de aurora, que mede a energia espectral, a distribuição espacial, e as variações com o tempo tanto dos elétrons quanto dos prótons da aurora, à altitude orbital do CBERS-2, e durante a passagem do satélite pelo raio de cobertura da antena de recepção terrena. O DCS é projetado para receber sinais de Plataformas de Coleta de dados (PCDs) na frequência de 401,635 MHz e transmitir esses sinais para estações terrenas tanto em banda S como em UFH. Esse sistema permite a instalação de estações meteorológicas (e outros sensores) remotas e automáticas em locais de difícil acesso ou onde é difícil a anotação periódica dos dados de interesse.

4. Distribuição de dados CBERS-2 no Brasil

O Brasil e a China acordaram que a política de distribuição interna aos seus territórios é definida por cada um deles. Para terceiros países um acordo deverá ser estabelecido, o qual está nos estágios de finalização. É esperado que até o final de 2005 pelo menos três estações terrestres de recepção estejam prontas para receberem os dados do CBERS-2.

No caso brasileiro, os dados do CBERS são vistos como um *bem público*. De acordo com esta visão, as imagens CBERS têm que ser usadas tanto quanto possível pelo público a um baixo custo. Isso significa que as imagens do CBERS-2 podem ser solicitadas

gratuitamente pela internet (<http://www.obt.inpe.br/catalogo>). O objetivo é maximizar o uso dos dados CBERS a fim de criar um sólido e forte setor de sensoriamento remoto no país, que envolveria a academia, o setor privado, o terceiro setor, o governo, e outros agentes. A fim de atingir este objetivo, teria que ser desenvolvido um sistema que permitisse um amplo acesso às imagens CBERS de um modo tão rápido e fácil quanto possível. Especialmente para o CBERS-2, um sistema completo de processamento foi desenvolvido pelo INPE e pelo setor privado.

Esse sistema desenvolvido para o CBERS-2 provou-se muito amigável e muito rápido. Tão logo as imagens CBERS sejam recebidas pela estação terrestre de recepção de Cuiabá-MT, elas são enviadas a uma central de processamento e distribuição localizada no INPE em Cachoeira Paulista-SP. Após a catalogação e processamento, o usuário pode acessar e pedir as imagens num sistema de busca fácil. Mediante um cadastramento, o usuário pode escolher as imagens e fazer o pedido propriamente dito. Em poucos minutos as imagens ficam disponíveis numa área de FTP (protocolo de transferência de arquivos) prontas para serem baixadas no computador do usuário. Em geral, mais de 80% dos pedidos ficam prontos em menos de 10 minutos, numa clara demonstração de eficiência do ciclo CBERS.

Como consequência desta política governamental proposta e implementada pelo INPE para a livre distribuição das imagens do CBERS-2 na internet para brasileiros, mais de 6.000 usuários acessaram as imagens CBERS nos primeiros seis meses após a fase de comissionamento do satélite e colocação do sistema de distribuição em efeito (abril/2004). Esta enorme massa de usuários vêm de mais de 2.000 instituições, incluindo grandes e pequenas empresas, ONGs (organizações não-governamentais), faculdades, universidades, escolas, consultores, instituições governamentais, fazendeiros, particulares, etc. O usuários variam desde os novatos até os muito experientes em trabalhar com imagens de satélite. Mais de 45.000 imagens CBERS-2 foram distribuídas desde então. Alguns dados sobre a distribuição de imagens CBERS-2 no referido período estão na Tabela 2, enquanto na Figura 1 mostra-se a distribuição estadual das cenas.

Tabela 2. Distribuição de imagens CBERS-2 no período de 20/4/2004 a 9/11/2004.

Pedidos	15.263
Imagens	45.071
Pedidos por semana	719
Imagens por semana	2.041
Usuários	>6.000
Instituições	>2.000
Imagens por usuário	7,0

As aplicações do CBERS-2 envolvem muitas áreas, incluindo monitoramento e mapeamento do desflorestamento, gerenciamento e controle ambiental, aplicações em agricultura, incluindo identificação e monitoramento de culturas, geologia, hidrologia, monitoramento de reservatórios e zonas costeiras, mapeamentos de uso da terra, turismo, etc.

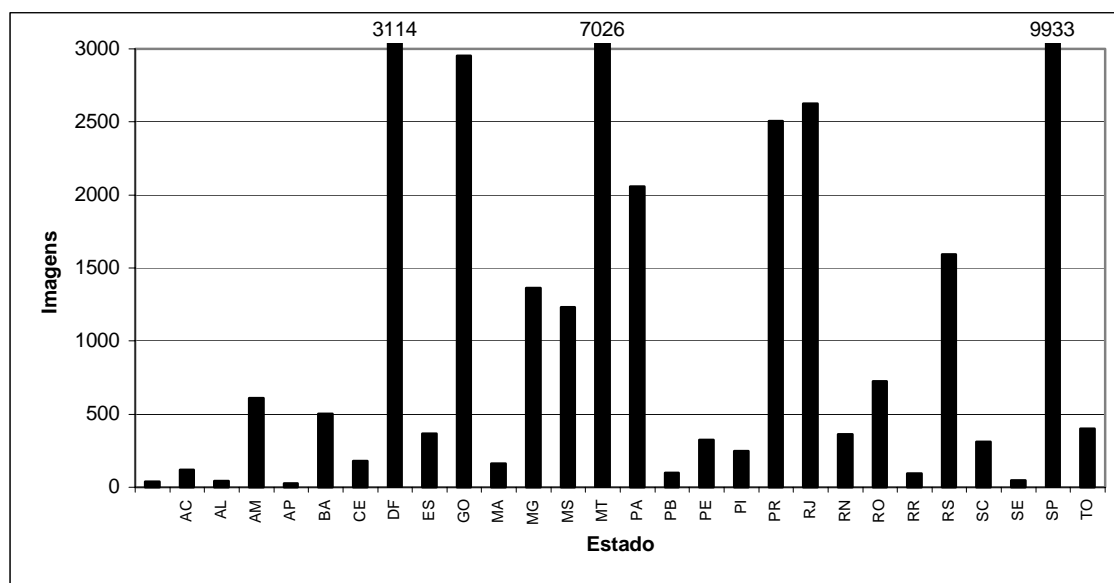


Figura 2. Distribuição estadual das cenas CBERS-2 pelo INPE no período de 20/4/2004 a 9/11/2004.

Como se vê pela distribuição estadual das imagens CBERS-2, há uma disparidade entre os Estados da federação quanto à demanda por essas imagens. Alguns casos estão relacionados à “capacidade” científico-tecnológica instalada, em termos de número de pesquisadores, estudantes, empresas, etc., com interesse em analisar essas imagens, muitas vezes não referentes a esses mesmos Estados. Outros Estados, com alta demanda, como Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal, Paraná, Pará têm basicamente interesses voltados às questões ambientais ou agrícolas, que justificam o intenso uso das imagens CBERS-2. A baixa demanda por alguns Estados pode ter como um dos motivos a ocorrência de cobertura de nuvens, que prejudica a disponibilidade de imagens aptas ao uso. Porém, sob quaisquer ângulos que se analisem esses dados, é inequívoca a extensão do uso dos dados do CBERS-2, e previsível o enorme impacto positivo que a política de distribuição adotada pelo INPE, aliada à qualidade das imagens produzidas, causará na expansão da comunidade de sensoriamento remoto no Brasil.

5. Futuro do Programa

O CBERS-2 está funcionando bem, dentro do que estava planejado. Porém, como a sua vida útil não foi planejada para ser muito longa – ao redor de 2 anos – o Brasil e a China decidiram construir o CBERS-2B, a ser lançado em outubro de 2006. Este satélite será muito similar ao CBERS-2, exceto pela substituição do IRMSS por uma câmera pancromática de alta resolução espacial, de 2,5 m. O objetivo é manter as capacidades de monitoramento das câmeras CCD e WFI, e melhorar a capacidade de mapeamento com a alta resolução para fins de cartografia e medições. O sistema de apontamento e a capacidade de gravação do CBERS-2B será melhorada.

Para os CBERS-3 e 4 está planejada uma melhoria das câmeras. A atual CCD será mantida próxima das configurações atuais. Porém, a WFI será substituída por uma câmera avançada com a mesma largura de faixa imageada, mas com um GIFOV de 70 m e uma

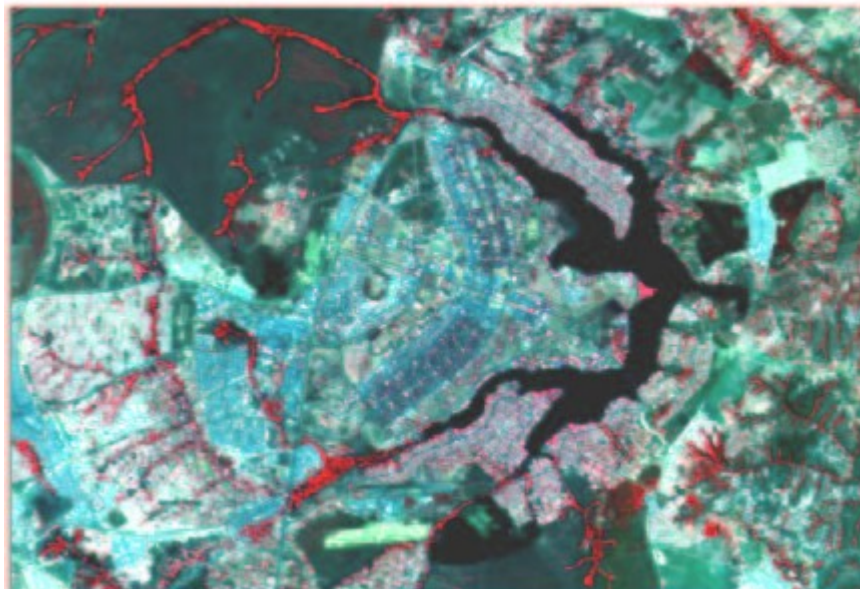
quantização radiométrica de 10 bits. O IRMSS passará a ter um GIFOV de 40 m. E uma nova câmera será introduzida, com 5 m de GIFOV no modo pancromático e com 10 m no modo multiespectral. Esta câmera terá uma faixa de imageamento de 60 km, mas terá visada lateral.

6. Conclusão

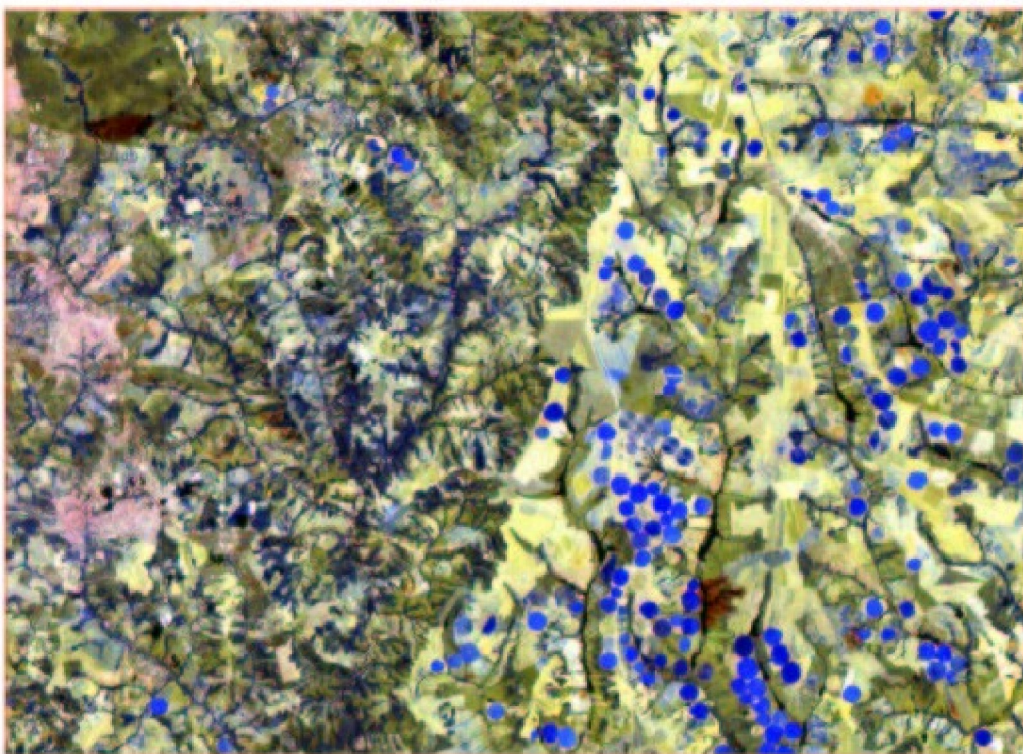
Atualmente, estão adiantadas as negociações entre o Brasil e a China com vistas fazer com que as imagens do CBERS-2 sejam recebidas em mais países ao redor do mundo. Com sua versátil configuração, o CBERS-2 pode ser usado em muitos problemas à busca de solução com tecnologias de sensoriamento remoto. Como ainda é um programa tecnológico, o custo de acesso aos seus dados será muito menor do que o de outros sistemas em operação. Além disso, o sistema de processamento mostrou-se muito eficiente. Isso leva a uma relação custo/benefício muito atraente para o CBERS-2, particularmente num cenário de ausência do Landsat. Finalmente, como está atualmente ocorrendo no Brasil, a adoção de uma política de livre acesso para o CBERS-2 para os usuários, à semelhança da política brasileira, pode ser muito interessante para expandir o número de usuários de dados de satélite, e tornar o CBERS como um importante satélite provedor de dados de sensoriamento remoto.

O lançamento do CBERS-2B previsto para 2006 assegurará a continuidade da distribuição de dados com alta resolução (CCD com 20 metros de resolução), média resolução (WFI com 258 metros), e trará uma novidade, que será uma câmera de muito-alta resolução, com 2,5 m de resolução no modo pancromático. Com tais características, o CBERS-2B permitirá ainda mais a ampliação das aplicações de dados orbitais no País, com uma previsível multiplicação de oportunidades no setor de sensoriamento remoto.

Apêndice. Exemplos de imagens do CBERS-2.



A1. CCD-CBERS-2, de Brasília. Composição 2B3G4R.



A2. IRMSS/CBERS-2 (6B7G8R) de uma região agrícola. As feições circulares são pivôs centrais para irrigação agrícola.



A3. WFI/CBERS-2 (1B2G1R) de uma extensa porção do Estado de São Paulo.

Leitura complementar

INPE/CAST. **CBERS-2 FM2 handbook**. INPE, São José dos Campos. 2003. 670p.

Moreira, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto**. 2.ed. Ed. UFV, 2003. 320p.