

## O PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO MS<sup>3</sup>

MARCO AURÉLIO OLIVEIRA DA SILVA  
ELAINE REIS COSTA  
PAULO EDUARDO NEVES  
MARCELO FONTENELE DA SILVA SANTOS  
ANTONIO JOSÉ FERREIRA MACHADO E SILVA

GISPLAN – Tecnologia da Geoinformação  
Av. Armando Lombardi, 800, sala 311, 22640-020 – Rio de Janeiro - RJ  
{m\_aurelio, elaine, neves, marcelo, antonio}@gisplan.com.br

**RESUMO** – Neste trabalho é apresentado o processamento de imagens de sensoriamento remoto no MS<sup>3</sup>. Desenvolvido pela empresa brasileira GISPLAN Tecnologia da Geoinformação a partir de uma parceria com INPE, o MS<sup>3</sup> consiste num sistema para a ingestão, gravação e processamento de imagens de sensoriamento remoto, incluindo também a avaliação e o controle de qualidade de imagens. O principal objetivo deste projeto é o barateamento do desenvolvimento e da operação do sistema de processamento de imagens de satélite, mantendo, ao mesmo tempo, um sistema flexível que permita a rápida adição de novos satélites e sensores. Atualmente, o MS<sup>3</sup> suporta os satélites CBERS, LANDSAT, SPOT, RADARSAT, TERRA e AQUA.

**ABSTRACT** – This paper presents MS<sup>3</sup> remote sensing images processing. Developed by a Brazilian company, GISPLAN Tecnologia da Geoinformação, from an association with INPE, MS<sup>3</sup> consists in an ingestion, recording and remote sensing image processing system, also including images evaluation and quality control. This project main objective is to reduce both development costs and satellite images processing system operation, maintaining the system flexibility to new satellites and sensors addition. Actually, MS<sup>3</sup> supports the following satellites: CBERS, LANDSAT, SPOT, RADARSAT, TERRA and AQUA.

### 1 INTRODUÇÃO

O MS<sup>3</sup> (*Multi Satellite Station System*) consiste num sistema para a ingestão, gravação e processamento de imagens de sensoriamento remoto, incluindo também a avaliação e o controle de qualidade de imagens CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*).

Partindo de uma estratégia do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) de nacionalizar suas estações terrenas de Sensoriamento Remoto, o MS<sup>3</sup> foi desenvolvido pela empresa brasileira GISPLAN Tecnologia da Geoinformação. Pela primeira vez, um *software* deste tipo foi desenvolvido por uma empresa nacional.

Desenvolvido primeiramente com o propósito de processar imagens do satélite CBERS, atualmente o MS<sup>3</sup> suporta, para ingestão, gravação e processamento de dados, os satélites LANDSAT-1, 2 e 3, sensor MSS (*Multispectral Scanner*), LANDSAT-4 e 5, sensores MSS e TM (*Thematic Mapper*) e LANDSAT-7, sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*), CBERS-1 e 2, sensores CCD (*High Resolution CCD Camera*), IRMSS (*Infrared Multispectral Scanner*) e WFI (*Wide Field Imager*), e os satélites TERRA e AQUA, que possuem o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). Além destes satélites, o MS<sup>3</sup> ainda suporta, para ingestão e gravação de dados, os satélites SPOT-1, 2, 3 e 4 e

RADARSAT. Atualmente, o sistema se encontra em desenvolvimento para ingestão, gravação e processamento de imagens do satélite CBERS-2B, sensores CCD, WFI e HRC (*High Resolution Camera*).

A autonomia adquirida pelo INPE com os resultados alcançados pelo MS<sup>3</sup> contribuiu para a adoção de uma política de distribuição gratuita das imagens geradas pelo satélite CBERS. Atualmente, são distribuídas mais de cem mil cenas por ano, para mais de vinte mil usuários distribuídos entre órgãos públicos, universidades, centros de pesquisa e iniciativa privada, sendo utilizadas para as mais variadas aplicações, tais como, monitoramento de florestas, monitoramento do desenvolvimento e da expansão agrícola, mapeamento de uso do solo, monitoramento de reservatórios, apoio a levantamentos de solo, aplicações educacionais, entre outros (EPIPHANIO, 2005).

No entanto, as imagens distribuídas (em nível 2 de processamento), ainda não alcançaram o mesmo grau de qualidade que as imagens LANDSAT, tanto no aspecto radiométrico quanto no geométrico. Hoje em dia, uma imagem CCD do satélite CBERS-2, em nível 2 de processamento, apresenta acurácia posicional em torno de 7 km (SILVA et al., 2007).

Visando melhorar esta situação (permitir ao usuário a análise do produto gerado), foram adicionados ao MS<sup>3</sup> dois aplicativos: *Marlin* e *Sailfish*. Estes

aplicativos permitem um controle mais efetivo sobre a qualidade das imagens distribuídas.

Dentro desta mesma idéia a linha de produtos gerados pelo MS<sup>3</sup> foi aprimorada, adequando-se, principalmente, às novidades apresentadas pelo mercado. Dessa forma, o sistema conta atualmente com cinco níveis de produtos, desde a imagem bruta (nível 0) até a imagem ortorretificada (nível 4). Estes produtos são apresentados na Seção 3.

Neste trabalho é apresentado o fluxo de processamento de imagens de Sensoriamento Remoto no MS<sup>3</sup>. Na Seção 2, a arquitetura do sistema é apresentada. Os principais sistemas do MS<sup>3</sup> são apresentados na Seção 3. Na seção 4 são descritos os módulos de processamento de imagens. As ferramentas para avaliação e controle de qualidade de imagens CBERS são apresentadas na Seção 5. Finalmente, na Seção 6 são tecidos os comentários finais.

## 2 ARQUITETURA DO SISTEMA

O principal objetivo do projeto é o barateamento do desenvolvimento e da operação do sistema de processamento de imagens de satélite do INPE, mantendo, ao mesmo tempo, um sistema flexível que permita a rápida adição de novos satélites e sensores.

O sistema operacional *GNU/Linux* foi escolhido como a plataforma básica do projeto visando à redução dos custos de *hardware* e *software*. Este objetivo também é atingido através da utilização de bibliotecas de código livre (*open-source*).

Dentre as diversas bibliotecas utilizadas podem ser citadas: *tiff*, *geotiff*, *jpeg*, *hdf5*, *terralib*, etc. De forma a facilitar o desenvolvimento do sistema foram criados níveis de abstração mais elevados para a utilização de bibliotecas de terceiros. Isto é feito através de bibliotecas de fachada que foram incorporadas às nossas que tratam do domínio do problema.

Os processos com perfil de tempo-crítico são desenvolvidos em *C++* e o restante em *Python*. Para o *software* de distribuição dos produtos pela internet foi utilizado *PHP*.

Um conjunto de *interfaces* foi definido o qual permite que cada subsistema permaneça tão estável quanto possível. Isto é feito com o objetivo de facilitar a adição de novos satélites e instrumentos. Estas *interfaces* e outras classes compartilhadas por diferentes satélites são definidas na biblioteca *station*. Esta é a base para a implementação da biblioteca específica de cada satélite.

As funcionalidades dos subsistemas são providas através de módulos. Os módulos gerais não têm conhecimento de como cada satélite implementa as interfaces do sistema, isto é atingido através da ligação dinâmica (*dynamic linking*), em tempo de execução, com a biblioteca de cada satélite.

O processo de desenvolvimento utiliza testes unitários e funcionais que trabalham como uma rede de segurança enquanto funcionalidades do sistema são adicionadas ou alteradas. Isto é uma pré-condição em um sistema com 300.000 linhas de código (286677 em *C++*, 32866 em *Python* e 13315 em scripts *shell* e *Perl*).

A escalabilidade do sistema é atingida através da adição de novo *hardware* ao conjunto de produção. Como este *hardware* é comum e de baixo custo, um aumento de demanda pode ser rapidamente atendido sem aumentar desnecessariamente a complexidade do sistema.

## 3 PRINCIPAIS SISTEMAS DO MS<sup>3</sup>

O MS<sup>3</sup> apresenta quatro sistemas principais: 1- Sistema de Ingestão e Gravação; 2- Sistema de Processamento; 3- Sistema de Disseminação; e 4- Sistema de Avaliação e Controle de Qualidade.

O Sistema de Ingestão e Gravação é responsável pela ingestão e gravação dos dados transmitidos pelos satélites. A partir de um arquivo TLE (*two-line elements*), o qual contém informações de órbita do satélite, são determinados a data e os horários de início e término da passagem. A partir destes dados, todas as passagens são agendadas automaticamente para gravação. Os dados ingeridos são gravados em arquivos no formato DRD (*Dated Raw Data*) (Seção 4.1). As operações de planejamento, manutenção das gravações, verificação das operações realizadas, gravação e transferência dos dados, são realizadas a partir de uma ferramenta de controle do sistema de ingestão.

No Sistema de Ingestão e Gravação, sete máquinas, sir 1-7, são responsáveis pela gravação dos canais de transmissão dos satélites CBERS-2, LANDSAT-5 e 7, SPOT-4 e RADARSAT-1. Os computadores estão configurados para funcionar em rede, mas, caso haja algum problema de conexão, o sistema continuará sendo capaz de realizar a ingestão de qualquer canal corretamente.

A Figura 1 apresenta a ferramenta de controle do sistema de ingestão do satélite CBERS. Como pode ser visto nesta figura, a interface principal é dividida em cinco grupos, isto é: 1- Lista de canais do sistema (CCD1 (bandas 2, 3 e 4 do sensor CCD), CCD2 (bandas 1, 3 e 5), IRM (bandas 1, 2, 3 e 4 do sensor IRMSS), WFI (bandas 1 e 2 do sensor WFI)); 2- Indicação do espaço disponível para gravação de cada canal. As cores, verde, amarelo, vermelho e preto, indicam a necessidade de liberação de espaço em disco; 3- Lista das passagens agendadas, indicando a data e os horários de início e término, a duração e os canais; 4- Aba para selecionar exibição dos agendamentos futuros ou histórico das gravações; e 5- Menu principal com opções para gerenciar os agendamentos e fornecer informações sobre o sistema.

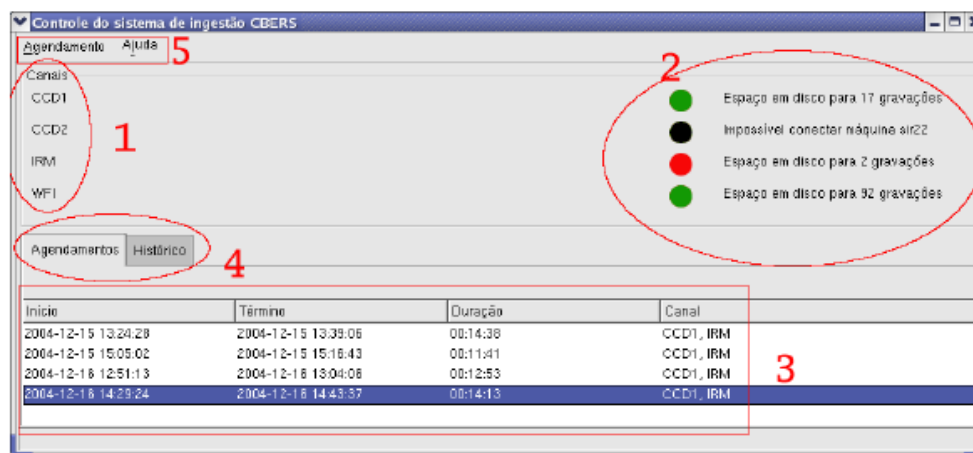


Figura 1 – Controle do Sistema de Ingestão do Satélite CBERS.

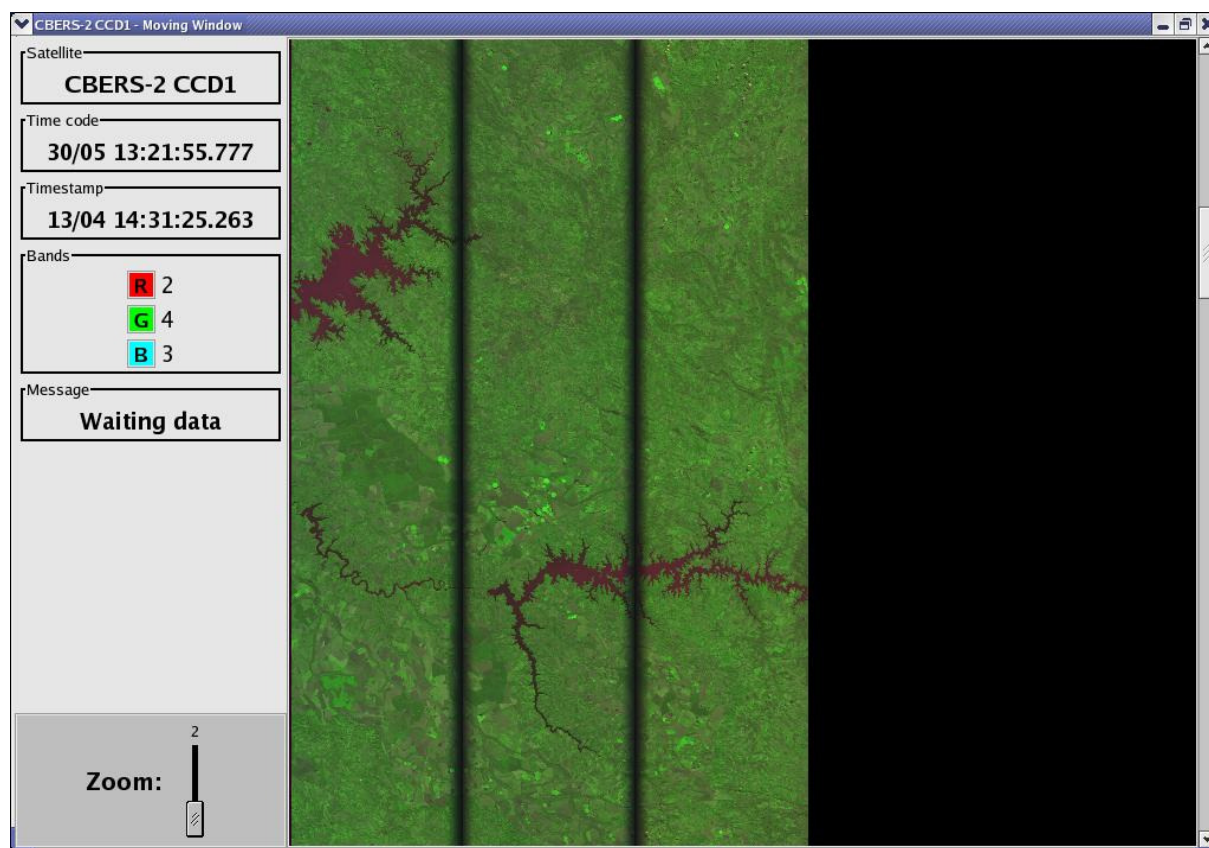


Figura 2 – Visualização dos dados recebidos através da *Moving Window*.

Durante a ingestão é possível a visualização em tempo real dos dados através da *Moving Window* (Figura 2). Além da imagem, a *Moving Window* apresenta as informações do satélite e do canal, os dados da recepção (identificação do satélite, *time-code*, *time-stamp*, e configuração de bandas). Os dados ingeridos também podem ser visualizados remotamente.

O Sistema de Processamento é responsável pela geração das imagens em diferentes níveis de processamento. Cinco produtos diferentes são gerados por este sistema:

1. Imagem Nível 0: imagem bruta, sem tratamento de espécie alguma, armazenada juntamente com os dados de calibração radiométrica e os parâmetros orbitais (atitude e efemérides), entre outros;
2. Imagem Nível 1: imagem com correção radiométrica. O cabeçalho do arquivo contém informações geográficas básicas, tais como coordenadas geodésicas dos cantos e do centro da cena;

3. Imagem Nível 2: imagem com correção radiométrica e correção geométrica de sistema;
4. Imagem Nível 3: imagem com correções radiométrica e geométrica de sistema, refinada pelo uso de pontos de controle (SILVA et al., 2007); e
5. Imagem Nível 4: imagem com correções radiométrica e geométrica de sistema, refinada pelo uso de pontos de controle e de um Modelo Numérico de Elevação do Terreno (MNET) (COSTA et al., 2007).

As imagens nos níveis de processamento 1-4 são geradas no formato *GeoTiff* acompanhadas de um arquivo de metadados no formato XML (*eXtensible Markup Language*). A imagem nível 0 é gerada no formato *GRALHA* (*Generic Raw Level Hierarchical Archive*). Este formato foi desenvolvido para o armazenamento de dados brutos decodificados (Seção 4.1).

A Figura 3 apresenta uma imagem CBERS-2 CCD gerada pelo Sistema de Processamento. Esta imagem foi gerada em nível 2 de processamento.

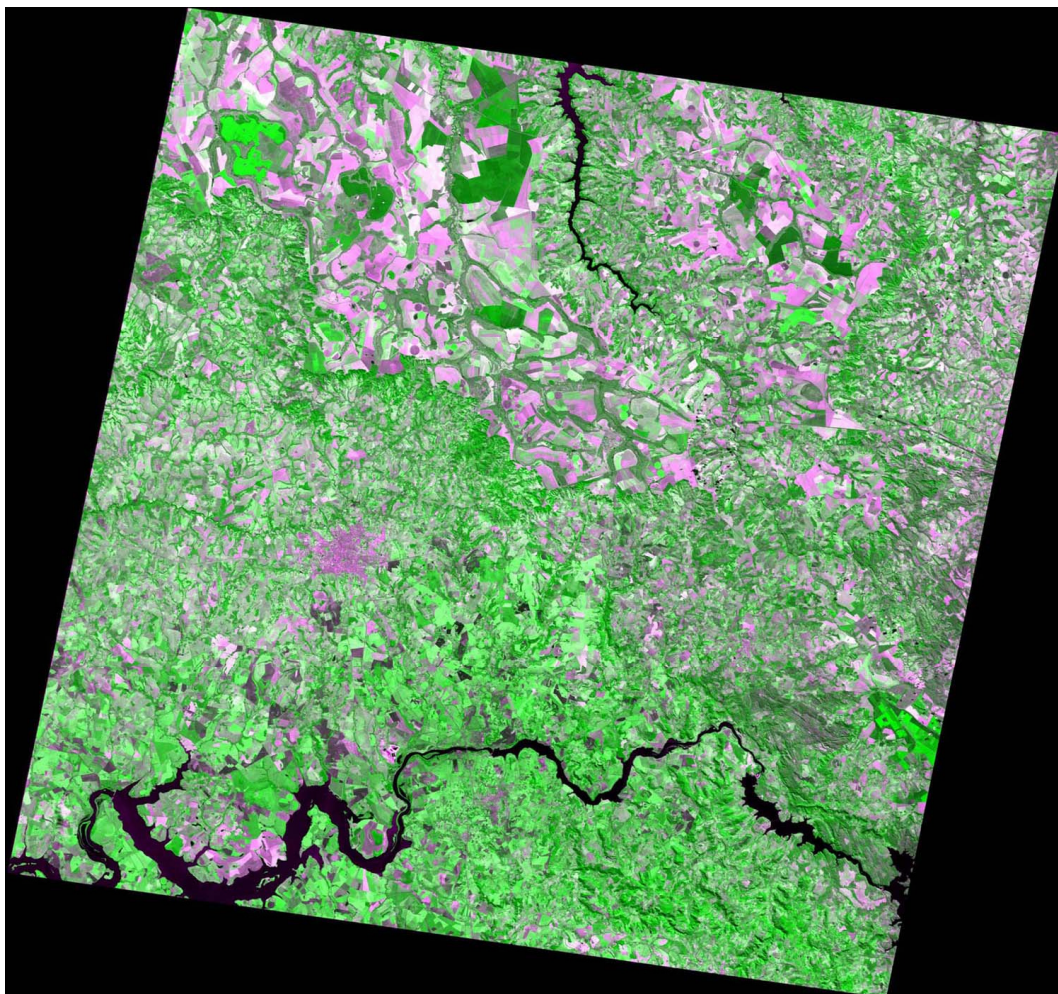


Figura 3 – Exemplo de uma imagem CBERS CCD gerada pelo Sistema de Processamento.

O Sistema de Disseminação é responsável pela distribuição dos produtos. Essa distribuição é feita via internet a partir do Catálogo de Imagens (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>) (Figura 4). São distribuídas imagens dos satélites LANDSAT - 1-7 e CBERS-2. O usuário, a partir das ferramentas de consulta

do catálogo, identifica as imagens desejadas e faz o pedido. Informações a respeito do processamento do pedido e o endereço para *download* das imagens via *FTP* são fornecidas via e-mail.



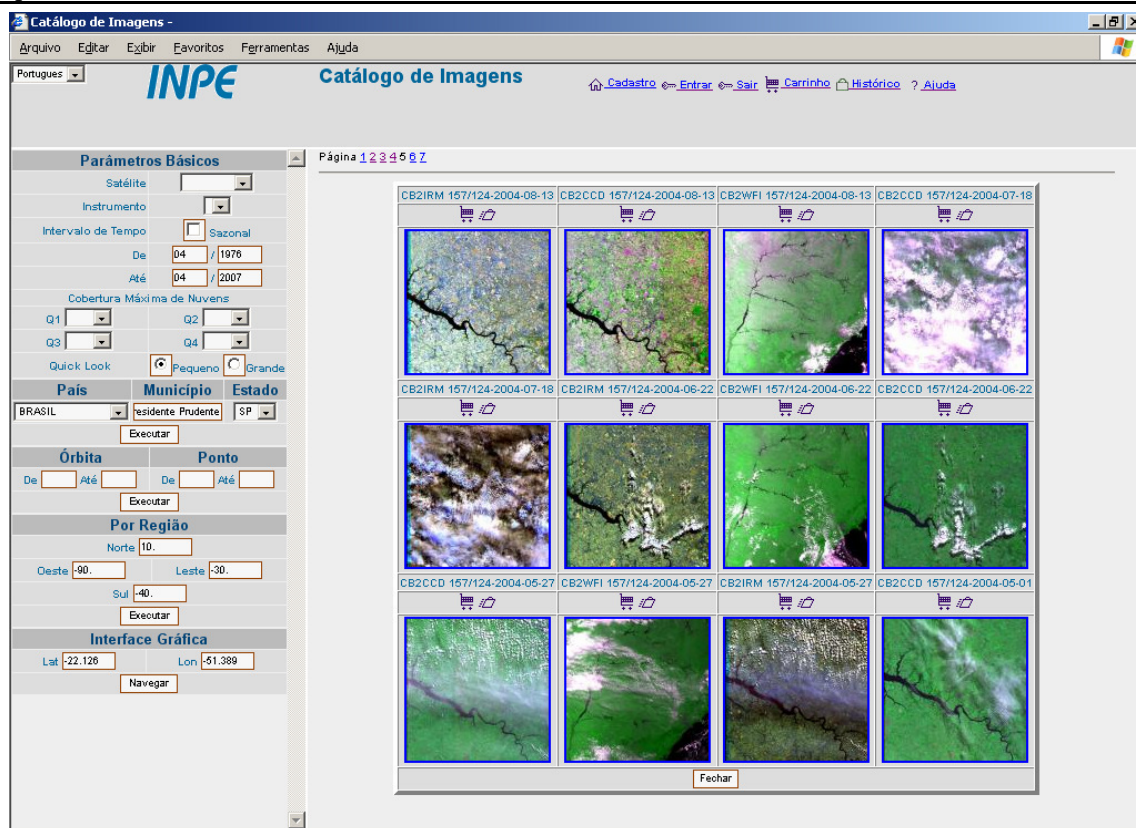


Figura 4 – Catálogo de Imagens.

O Sistema de Avaliação e Controle de Qualidade é formado por dois aplicativos que possuem quatro objetivos principais: 1- Visualização; 2- Avaliação; 3- Análise; e 4- Simulação. O primeiro aplicativo recebeu o nome de *Marlin* e responde pelos dois primeiros objetivos. Desenvolvido tanto para o sistema operacional *Linux* quanto *Windows*, será distribuído gratuitamente pelo INPE aos usuários de imagens de satélite. O *Marlin* pode trabalhar com imagens de qualquer satélite, independente da tecnologia do sensor e das resoluções espacial e radiométrica. O principal objetivo desta distribuição é fazer com que o sistema de processamento seja constantemente aprimorado para eliminar os problemas identificados e reportados pelos usuários. O segundo aplicativo, denominado *Sailfish*, responde pela análise e simulação e está integrado ao *Marlin* e aos modelos geométricos do MS<sup>3</sup>. Ele permite que o analista altere parâmetros do sistema como, por exemplo, os da geometria de visada do sensor, ou dados orbitais, comparando resultados obtidos por diferentes fontes de efemérides (transmitida, pré-processada e pós-processada) e atitude (transmitida e pós-processada), sempre no sentido de identificar uma melhoria para o sistema de geração de produtos. O *Sailfish* pode ser utilizado pela área de Engenharia de Satélites, responsável pelo projeto dos diversos sistemas de um satélite, pois permite quantificação da distorção média relativa a cada um dos sistemas na qualidade geométrica das imagens. As principais funcionalidades do *Marlin* e do *Sailfish* são apresentadas na Seção 5.

#### 4 MÓDULOS DE PROCESSAMENTO DO MS<sup>3</sup>

Para a produção de imagens em diferentes níveis de processamento, o MS<sup>3</sup> é composto por um conjunto de módulos. Estes módulos manipulam diferentes tipos de dados para gerar o produto desejado. Os principais tipos de dados que o MS<sup>3</sup> processa são apresentados na Seção 4.1 e os principais módulos de processamento são apresentados na Seção 4.2.

##### 4.1 Tipos de dados manipulados

Existem três tipos principais de dados envolvidos no módulo de processamento do MS<sup>3</sup>. Estes dados são:

1. DRD (Dated Raw Data): arquivo que contém os dados brutos transmitidos pelo satélite. Tais dados se encontram codificados e em formatos específicos que dependem do satélite e do sensor em questão. Desta forma, não podem ser usados diretamente como entrada para os processos de geração de imagens, uma vez que tais processos são implementados com base em um dado de mesmo formato para todos os satélites e sensores.
2. GRALHA (Generic Raw Level Hierarchical Archive): arquivo que possui as informações do DRD decodificadas e armazenadas de forma padrão para todos os satélites e sensores. Serve de entrada para os processos de geração de imagens. Os arquivos do tipo GRALHA são gerados utilizando a biblioteca de código

aberto *HDF5*. O formato *HDF* (*Hierarchical Data Format*) foi gerado pelo *NCSA* (*National Center for Supercomputing Applications*) da Universidade de Illinois, com o intuito de compartilhar dados em ambientes distribuídos e orientado para dados científicos, podendo conter uma quantidade finita de estruturas, dentre as quais: imagens brutas, dados multidimensionais, paleta de cores e grupos de dados (*MARCARI, 2005*).

**3. Imagens:** é o tipo final de dado processado pelo *MS*<sup>3</sup>. Conforme já foi apresentado são utilizadas bibliotecas de código aberto para geração de imagens do tipo *jpg*, *tiff* e *geotiff*.

## 4.2 Principais módulos de processamento

Na sequência, são apresentados os principais módulos de processamento do *MS*<sup>3</sup>, desde o dado bruto até a imagem em nível 4 de processamento. Dados necessários para a realização destes procedimentos, de forma geral, se encontram armazenados em arquivos de calibração existentes para cada satélite e para cada sensor específico.

O primeiro módulo, denominado *D2G* (*DRD to GRALHA*) utiliza o dado bruto do satélite, ou seja, o *DRD*, para gerar o arquivo compatível com o sistema de processamento de imagens do *MS*<sup>3</sup>, o *GRALHA*. Este processo envolve a decodificação de todos os dados da cena enviados pelos satélites e sua gravação num arquivo *GRALHA*. Esta gravação é feita agrupando as informações em conjuntos, que, por sua vez, são subdivididos em grupos específicos de dados. Para melhor ilustrar esta hierarquia, sabe-se que cada cena possui dados de efemérides, atitude, tempo, valor de brilho de cada banda do sensor, entre outros. Cada um destes dados é armazenado em um conjunto separado. No caso do conjunto dos valores de brilho, é criado um grupo específico para cada banda, ou seja, os dados são subdivididos em grupos referentes a cada banda específica. Neste módulo, é gerado um ou mais *GRALHAs* para cada cena.

Uma vez gerado o *GRALHA*, o *MS*<sup>3</sup> está apto a gerar imagens em diferentes níveis de processamento. O primeiro nível, chamado de *G2Q* (*GRALHA to Quicklook*), produz, a partir do *GRALHA*, imagens denominadas *Quicklook*. Esta imagem, de baixa resolução espacial, consiste em uma composição colorida de três bandas pré-determinadas no arquivo de configuração. Neste processo, é possível realizar algumas correções radiométricas e geométricas nas imagens, dependentes do tipo de sensor, tais como: correção de linhas perdidas, correção do tamanho da linha, do deslocamento entre as bandas, equalização de detectores, entre outras. Os *Quicklooks* gerados pelo *G2Q* são gravados no formato *jpg*. Estes arquivos correspondem àqueles apresentados pelo Catálogo de Imagens (Seção 3).

O principal módulo de geração de imagens no *MS*<sup>3</sup> é o *G2T* (*GRALHA to Tiff*). Neste módulo são geradas, a partir do *GRALHA*, as imagens de nível 1 a 4 de processamento.

Outro módulo de processamento disponível no *MS*<sup>3</sup> é o *H2T* (*HDF to GeoTiff*). Este módulo tem como objetivo principal a geração de imagens georreferenciadas a partir de diferentes conjuntos de dados do sensor *MODIS*. Os dados gerados pelas aplicações *MODIS* podem ser divididos em dois grandes grupos: os armazenados em formato *HDF* e os armazenados em *HDF-EOS*. O último, criado pelo programa *EOS/NASA* (*Earth Observing System / National Aeronautics and Space Administration*), é uma melhoria do *HDF*, suportando a inclusão de dados geo-espaciais, divididos em três conjuntos: *Grid*, *Swath* e *Point*. O diferencial existente entre os dois formatos é que no *HDF-EOS* pode-se consultar porções dos dados armazenados através de coordenadas espaciais e temporais. Dentre outras funcionalidades, este módulo permite a correção da distorção panorâmica da imagem (efeito *bowtie*).

## 4.3 Interação com o *MS*<sup>3</sup>

Para executar os módulos do *MS*<sup>3</sup> são necessários os *WOF* (*Work Order File*). O *WOF* consiste num arquivo em formato *XML* e é a maneira principal de interação com os módulos de processamento. Eles permitem que sejam configurados desde informações gerais tais como nome e número do satélite, nome do instrumento, dados de entrada dos módulos, diretórios dos arquivos, até informações mais específicas de cada módulo. No caso da ferramenta *G2T*, é possível configurar no *WOF* o *datum* da imagem a ser gerada, o nível de processamento, o tipo de interpolação a ser utilizada, etc. Este arquivo é gerado automaticamente pelo catálogo de imagens de acordo com informações fornecidas em uma solicitação de imagem.

## 5 FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE

Conforme apresentado anteriormente, o Sistema de Avaliação e Controle de Qualidade é composto por duas ferramentas: *Marlin* e *Sailfish*.

Na sequência, as principais funcionalidades dessas ferramentas são apresentadas.

### 5.1 *Marlin*: visualizador de imagens

O *Marlin* é uma ferramenta que compreende as funcionalidades de visualização e avaliação de imagens. Para visualização de imagens, o usuário dispõe de ferramentas para a definição de composições coloridas ou monocromáticas, manipulação do brilho e contraste da imagem, manipulação de histograma, aplicação de filtros espaciais e mosaicagem de imagens.

Para a avaliação têm-se ferramentas para a definição da imagem de trabalho (imagem a ser avaliada), da imagem de referência e de pontos de controle. A qualidade da imagem é descrita através de medidas de similaridade, anisomorfismo, variação de

comprimento, parâmetros de transformações geométricas, resíduos dos pontos de controle e medida de erro médio quadrático. As transformações geométricas disponíveis para a análise são: translação, ortogonal, similaridade, afim ortogonal, afim, e polinomiais, incluindo racionais, como a transformação projetiva. Além disso, é possível a visualização dos resíduos dos pontos de controle através de gráficos, bem como a geração de relatório de qualidade geométrica a partir dos valores estimados.

Os pontos de controle medidos no processo de avaliação podem ser exportados e utilizados para alimentar a geração de imagens nível 3 com a qualidade do produto sendo controlada pelo próprio usuário.

As operações radiométricas oferecidas são implementadas através das funcionalidades de processamento de imagens oferecidas pela biblioteca *Terralib*, distribuída pelo INPE. São oferecidas também funcionalidades para realce por manipulação de histograma, filtragem espacial e determinação das estatísticas da imagem (média, moda, valores mínimo e máximo, matriz de covariância, matriz de correlação e entropia).

## 5.2 Sailfish: analista de imagens CBERS

O *Sailfish* oferece solução específica para imagens CBERS tomadas a partir dos sensores CCD, IRMSS e WFI, atendendo aos objetivos de análise e simulação. Possui acesso às rotinas de localização do MS<sup>3</sup> e integração completa com o *Marlin*, englobando todas as suas funcionalidades.

Uma série de fatores influencia a qualidade geométrica da imagem, tais como localização do satélite, atitude, geometria de visada do instrumento, e tempo. Quando são detectados erros acima dos especificados, é necessário identificar a origem destes erros. A identificação dos fatores causadores da degradação da qualidade das imagens, tanto geométrica quanto radiométrica, é primordial para que se consiga produzi-las com a qualidade desejada pelos usuários de imagens CBERS.

Esta ferramenta permite decompor o processo de correção da imagem de forma a isolar e medir o seu efeito na qualidade do produto final.

O *Sailfish* utiliza o conceito de Cenário. Num Cenário, é possível a manipulação isolada de alguns parâmetros geométricos e radiométricos envolvidos na formação de uma imagem (ângulos de *boresight*, ângulo do espelho, dados de efemérides, dados de atitude, detectores defeituosos, região de superposição, etc). Ele permite a modificação destes parâmetros, possibilitando a comparação de diferentes cenários relativos a uma mesma cena. A visualização do efeito provocado por essas alterações pode ser feita instantaneamente, com os recursos de avaliação de imagens herdados do *Marlin*. Além disso, o *Sailfish* dispõe de um interpretador. A partir de uma análise rigorosa dos parâmetros das transformações geométricas, uma série de hipóteses é gerada referente à quais parâmetros envolvidos na formação da imagem

podem estar contribuindo para sua degradação geométrica.

Conforme mencionado anteriormente, para análise da qualidade geométrica, o usuário pode manipular a geometria envolvida no processo de formação da imagem. Os parâmetros disponíveis para edição, para os instrumentos CCD, IRM e WFI são: efemérides, atitude, *time-code* e ângulos de *boresight*. Especificamente, para o instrumento CCD pode ser editado o ângulo do espelho e a distância focal. Para o IRMSS, as constantes utilizadas na definição do ângulo de varredura, direta e reversa, podem ser editadas. Finalmente, para o WFI podem ser editados os parâmetros de visada dos *arrays* da esquerda e da direita.

O *Sailfish* também permite a simulação de efeitos através da contaminação dos dados de efemérides, atitude e tempo das varreduras com ruídos, gaussianos ou uniformes, parametrizados.

Para análise da qualidade radiométrica da imagem é possível importar um arquivo de calibração externo, calcular a correlação entre detector e vizinhança, calcular a correlação entre barras de detectores, calcular as estatísticas dos detectores (média e desvio padrão dos conjuntos de detectores pares e ímpares, média e desvio-padrão dos conjuntos de detectores das regiões de superposição entre *arrays*, e média e desvio-padrão dos conjuntos de detectores de corrente de escuro, tanto no sentido vertical quanto horizontal e separados em pares e ímpares) e calcular a relação sinal-ruído da imagem e o EIFOV (*Effective Instantaneous Field of View*).

A aplicação também oferece a possibilidade de geração de imagens em nível 1 de processamento a partir dos dados brutos. Num Cenário pode-se escolher as funções de correção radiométricas a serem utilizadas e em que ordem elas serão aplicadas. Têm-se disponíveis funções para a equalização de detectores, para a correção de detectores defeituosos, para a correção de linhas perdidas, para a equalização de *arrays*, para a equalização dos detectores pares e ímpares, e permite a aplicação dos filtros FFT (*Fast Fourier Transform*) e do filtro de restauração. O *Sailfish* também é capaz de exportar todos os parâmetros utilizados de forma a permitir a realimentação dos módulos responsáveis pela geração dos níveis de 1 a 4 de imagens CBERS.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentado o processo de geração de imagens pelo MS<sup>3</sup>. Conforme foi apresentado o sistema suporta vários satélites e permite o processamento de imagens em diferentes níveis. Além disso, o MS<sup>3</sup> dispõe de duas ferramentas, *Marlin* e *Sailfish*, que permitem a visualização e avaliação de imagens, análise e simulação da geometria e radiometria do satélite CBERS.

O MS<sup>3</sup> tem o seu desenvolvimento totalmente vinculado à arquiteturas de *hardware* e *software* de baixo custo. Isto permite que o INPE não tenha problemas na manutenção dos diversos componentes

da estação. Projetado sob o paradigma da orientação a objeto, e sendo o sistema dividido em níveis associados às classes de sensores e satélites, a GISPLAN consegue responder com agilidade às necessidades de incorporação de novos sensores e satélites.

Dessa forma, a GISPLAN se sente confortável para incluir no seu sistema um sensor de alta resolução espacial, no caso o HRC do satélite CBERS-2B. Isso representa mais um passo para qualificar o produto brasileiro e permitir que ele seja visto como uma alternativa viável para o processamento dos futuros satélites da série LANDSAT.

O desenvolvimento do MS<sup>3</sup> representa a primeira experiência na área de *software* de nacionalização da cadeia produtiva do Programa CBERS. O programa nasceu com este foco voltado principalmente para o setor de *hardware*, identificando empresas que pudessem desenvolver componentes e até mesmo câmeras para os satélites CBERS.

Os bons resultados alcançados pelo MS<sup>3</sup> demonstram que a indústria brasileira de *software* pode atuar para suprir as necessidades dos diversos setores do Programa CBERS, tais como engenharia, controle e rastreamento de satélites e integração e testes.

O INPE considera a parceria desenvolvida com a GISPLAN para o desenvolvimento do MS<sup>3</sup> como um caso de sucesso absoluto. Os resultados vão além do esperado, tanto em qualidade como em produtividade, e funcionam com um aval para a GISPLAN aprofundar sua participação no Programa CBERS.

## REFERÊNCIAS

COSTA, E. R.; SILVA, M. A. O.; P. E.; MACHADO E SILVA, A. J. F. **Orto-retificação: um passo a mais no processamento de imagens CBERS.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis.

EPIPHANIO, J. C. N. **CBERS – Satélite sino brasileiro de recursos terrestres.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 3175-3182. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8.

MARCARI JUNIOR, E. **H2T – Uma ferramenta para geração de imagens a partir de dados do sensor MODIS.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 4133-4138. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8.

SILVA, M. A. O.; COSTA, E. R.; NEVES, P. E.; MACHADO E SILVA, A. J. F. **O uso de pontos de controle no processamento de imagens CBERS.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis.