

Sistemas de suporte à qualidade de imagens: uma inovação na estação terrena do INPE

Alexandre Maia de Almeida
Flávio Pimentel Duarte
Marco Aurélio Oliveira da Silva
Antonio José Machado e Silva

Gisplan Tecnologia da Geoinformação - GISPLAN
Av. Armando Lombardi 800 s311 – 22640-020 – Rio de Janeiro - RJ, Brasil
{amaia, fduarte, m_aurelio, antonio}@gisplan.com.br

Abstract. This paper describes two tools codenamed Marlin and Sailfish developed to allow visualization and quality evaluation of satellite images, and geometric and radiometric analysis and simulation of parameters involved in generating those images.

Palavras-chave: CBERS, satellite, visualization, image processing, geometric evaluation, visualização, processamento de imagens, avaliação geométrica.

1. Introdução

As imagens do satélite CBERS são cada vez mais utilizadas pelos usuários brasileiros. 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 (EPIPHANIO, 2005).

Em função da política de distribuição gratuita e dos problemas enfrentados pelo programa Landsat, as imagens CBERS estão sendo utilizadas para as mais variadas aplicações, tais como, meio-ambiente, monitoramento florestal, monitoramento do desenvolvimento, expansão agrícola, fiscalização, apoio a levantamentos de solo e aplicações educacionais.

É nítido, entretanto, que as imagens CBERS ainda não alcançaram o mesmo patamar de qualidade que as imagens Landsat, tanto no aspecto radiométrico quanto no geométrico.

No intuito de mudar esta situação, o INPE promove o desenvolvimento de aplicativos que permitem um controle mais efetivo sobre a qualidade das imagens distribuídas.

Num primeiro momento, estes aplicativos permitirão conhecer a real situação, oferecendo métricas sobre as qualidades radiométrica e geométrica das imagens CBERS. Num segundo momento, este estudo identificará as fontes de degradação, o que permitirá alterar os modelos de geração de produtos para eliminar, ou pelo menos reduzir, tais distorções. Por fim, os aplicativos permitirão que o INPE ofereça ao público especificações técnicas sobre os produtos disponíveis, nos mais variados níveis de processamento.

Estes aplicativos constituem o Sistema de Avaliação e Controle de Qualidade das Imagens CBERS e, pela descrição a seguir, representam uma inovação no conceito de estações terrenas de Sensoriamento Remoto, e na relação com os usuários.

São dois aplicativos desenvolvidos, envolvendo quatro objetivos principais, isto é, visualização, avaliação, análise e 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 aos usuários de imagens de satélite. O *Marlin* pode trabalhar com imagens de qualquer satélite, independente da tecnologia do sensor ser ótica ou radar 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 intimamente ligado ao software da estação multi-satélite (MS³ – *Multi Satellite Station System*). 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.

Nas seções seguintes as principais funcionalidades do *Marlin* e do *Sailfish* são apresentadas.

2. Marlin

O *Marlin* é uma ferramenta que compreende as funcionalidades de visualização e avaliação de imagens. Este software foi escrito com tecnologia multi-plataforma e interface simples, de forma que seja de fácil distribuição e utilização. Algumas janelas desta ferramenta são apresentadas pela **Figura 1**.

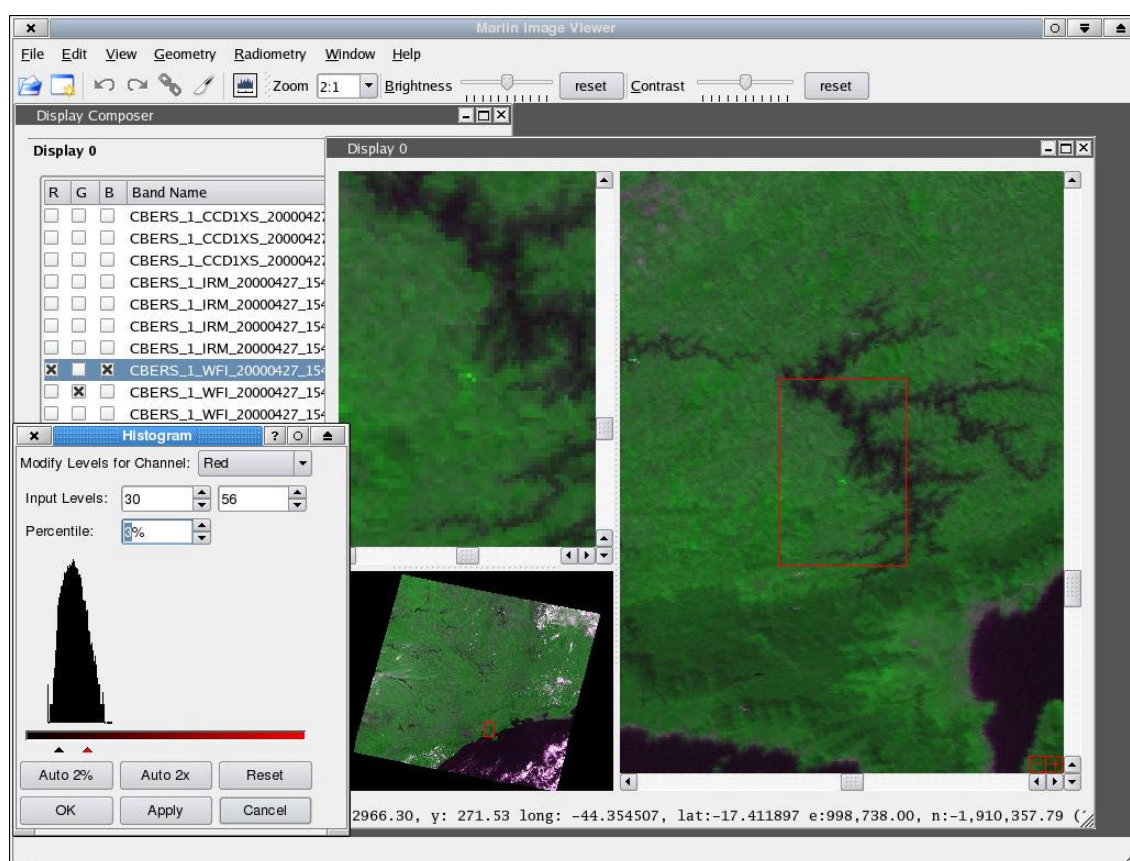


Figura 1 – Marlin – Visualizador de Imagens.

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 (translação, ortogonal, similaridade, afim ortogonal, afim e polinomiais, incluindo racionais, como por exemplo a transformação projetiva), resíduos dos pontos de controle e medida de erro médio quadrático. 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 de modo a permitir que eles sejam avaliados pela equipe do INPE. Ainda, este arquivo pode ser utilizado para alimentar a geração de imagens nível 3 com a qualidade do produto sendo controlada pelo próprio usuário.

Conforme é mostrado na **Figura 1**, o *Marlin* trabalha com o conceito de *Display*, que consiste em uma janela com três quadros (global, principal, e zoom) onde o usuário monta a composição *RGB* associando uma ou mais bandas a cada canal. A composição das imagens em mosaico é feita automaticamente baseando-se apenas em suas coordenadas georreferenciadas, podendo inclusive envolver bandas com resoluções espaciais diferentes.

Dentre outros recursos, o *Marlin* oferece a possibilidade de acoplamento de um conjunto de *Displays* de modo a manter os quadros principais centralizados na mesma coordenada e também determinar o registro entre bandas e a autocorrelação da banda.

As operações radiométricas oferecidas pelo *Marlin* 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).

3. Sailfish

O *Sailfish* oferece solução específica para imagens CBERS tomadas a partir dos instrumentos CCD (*High Resolution CCD Camera*), IRMSS (*Infrared Multispectral Scanner*) e WFI (*Wide Field Imager*), atendendo aos objetivos de análise e simulação. Possui acesso às rotinas de localização da estação terrena 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, detetores defeituosos, região de superposição, etc). Maiores detalhes sobre o processo de formação de imagens de satélite, ver Machado e Silva (1999). 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 são geradas referentes a 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 são:

- Efemérides, atitude e *time-code* (instrumentos CCD, IRM e WFI);

- **CCD:** ângulo do espelho, ângulos de *boresight* e distância focal;
- **IRMSS:** ângulos de *boresight* e constantes utilizadas na definição do ângulo de varredura direta e reversa; e
- **WFI:** ângulos de *boresight* e parâmetros de visada dos *arrays* da esquerda e da direita (Figura 2).

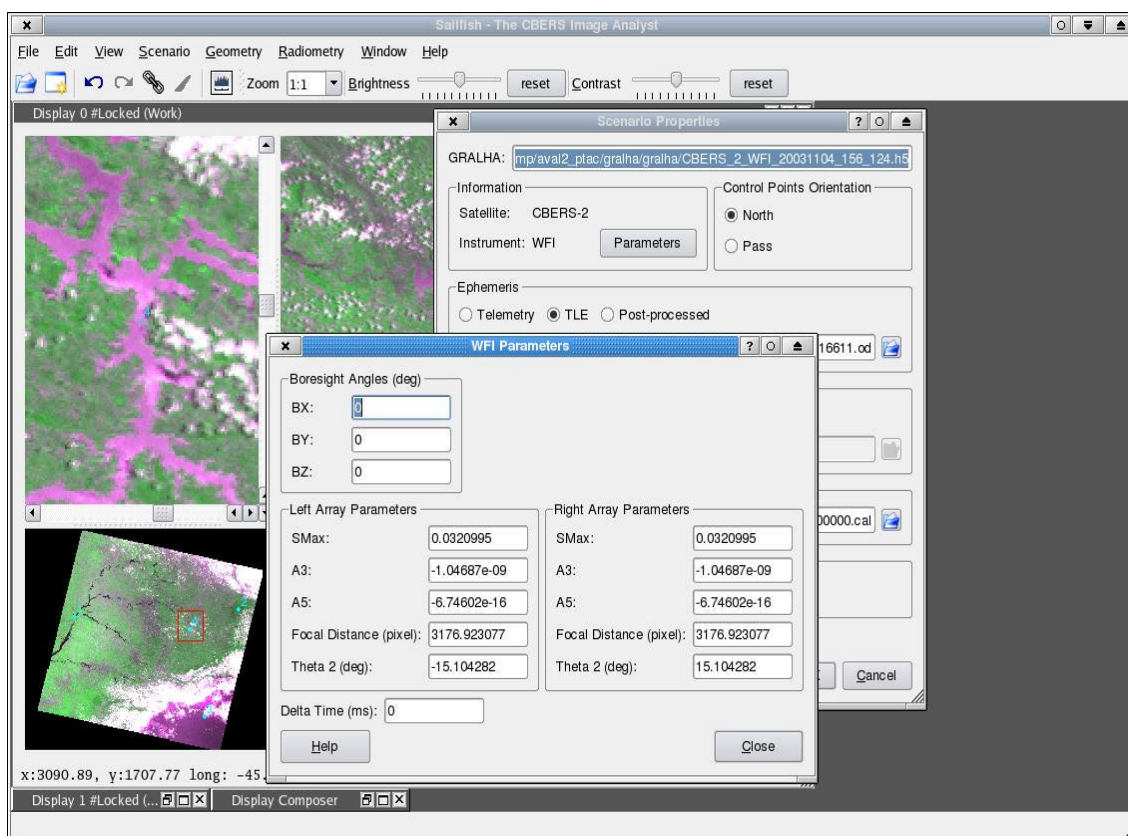


Figura 2 – Edição dos parâmetros do WFI.

A ferramenta também permite a simulação de efeitos através da contaminação dos dados de efemérides (X, Y, Z), atitude (*roll*, *pitch*, *yaw*) e tempo de início das varreduras com ruídos, gaussianos ou uniformes, parametrizados.

As imagens CBERS em nível 3 de processamento podem ser facilmente avaliadas através do *Sailfish* a partir da abertura de um arquivo *Georeference*, o qual é gerado juntamente com as imagens. Este arquivo contém os pontos de controle utilizados no processo de correlação bem como os *chips* de imagem correspondentes. Desta forma, é possível avaliar tanto a geometria envolvida quanto o processo de identificação de pontos de controle (Figura 3). Para maiores detalhes sobre o processo de produção de imagens em nível 3 de processamento, ver Silva et al. (2006).

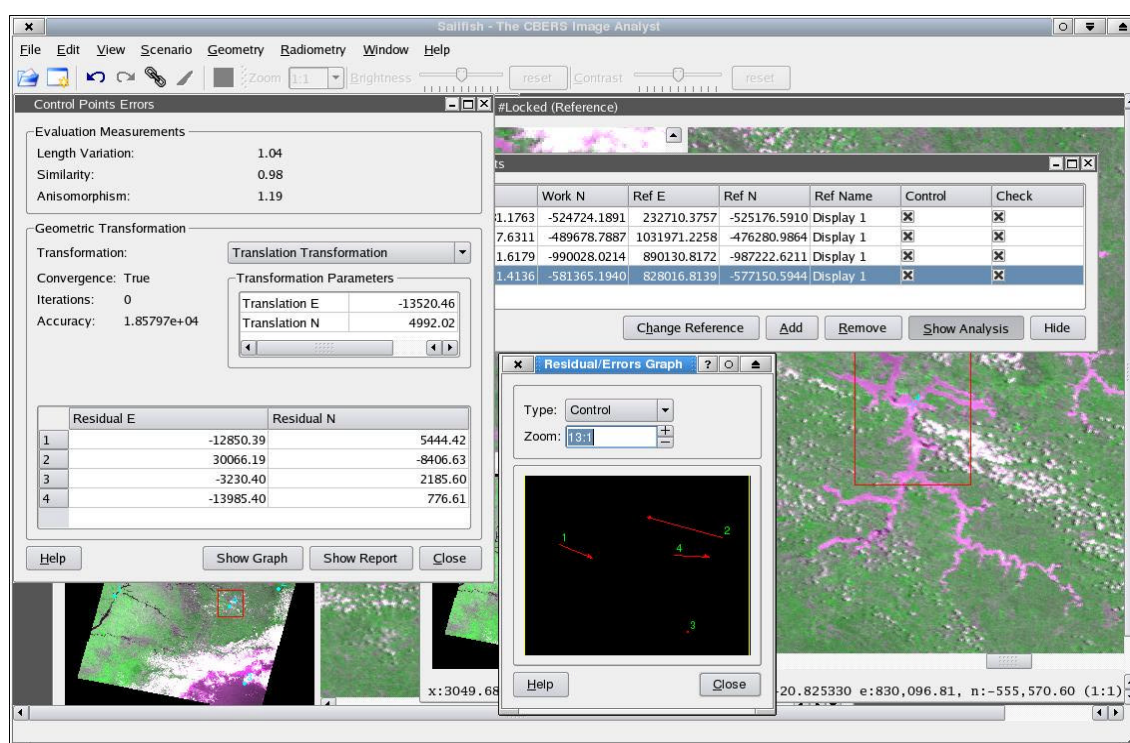


Figura 3 – Avaliação de imagens através do *Sailfish*.

Para análise da qualidade radiométrica da imagem é possível importar um arquivo de calibração externo, calcular a correlação entre detetor e vizinhança, calcular a correlação entre barras de detetores, calcular as estatísticas dos detetores (média e desvio padrão dos conjuntos de detetores pares e ímpares, média e desvio-padrão dos conjuntos de detetores das regiões de superposição entre *arrays*, e média e desvio-padrão dos conjuntos de detetores 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 disponível funções para: equalização de detetor; correção de detetores defeituosos; correção de linhas perdidas; equalização de *arrays*; equalização dos detetores pares e ímpares, filtro FFT (*Fast Fourier Transform*), e 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.

4. Conclusão

Com estas duas ferramentas será possível oferecer aos usuários de imagens CBERS os meios de avaliar a qualidade das imagens geradas e à equipe do INPE será possível avaliar o efeito da variação dos parâmetros que afetam a imagem de forma a melhorar a sua qualidade.

Será possível também utilizar o conhecimento adquirido no processo de avaliação da qualidade geométrica da imagem para realimentar o processo de geração de imagens, aperfeiçoando os modelos de correção geométrica destas imagens.

Estas ferramentas permitem um controle sobre a qualidade das imagens ainda na fase de projeto do satélite e dos sensores. Elas permitirão que o INPE apresente especificações técnicas sobre as qualidades geométricas interna e externa de suas imagens.

O *Marlin* permite avaliar o registro entre bandas espectrais, com precisão *sub-pixel*.

O *Sailfish* será estendido para suportar todos os satélites recebidos pela estação MS³, tais como Landsat e Spot. Ele permitirá criar cenários simulando novos satélites e sensores, através da edição dos parâmetros de geometria da câmera, da definição da órbita e da precisão dos parâmetros orbitais (efemérides e atitude).

Referências

Epiphany, 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. Disponível em: <<http://martedpi.inpe.br/rep-1tid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.19.44>>. Acesso em: 07 ago. 2006.

Gonzalez, R. C.; Woods, R. E. **Processamento de imagens digitais**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. 509p.

Machado e Silva, A. J. F. **Modelo de correção geométrica para imagens HRV-SPOT**. 1998. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1998.

Richards, J. A.; Jia, X. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. Berlin: Springer-Verlag. 1999. 363 p.

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., 2006, Florianópolis. No prelo.

Wolf, P. R.; Guilani, C. D., **Adjustment computations: statistics and least squares in surveying and GIS**, New York, 1997. 564 p.