

Análise de desempenho dos satélites SCD-1 e SCD-2 baseada nos dados recebidos pelo Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais

Lúcio dos Santos Jotha¹
Manoel Jozeane Mafra de Carvalho¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE-CRN
Rua Carlos Serrano, 2073-Lagoa Nova 59076-340 - Natal - RN, Brasil
{lucio.jotha}@crn2.inpe.br
{manoel}@crn.inpe.br

Abstract. The Brazilian System of Environmental Data Collection (SBCDA) consists of a network of environmental data collection (PCDs), belonging to various users platforms scattered throughout the territory and Brazilian territorial sea that transmit their data to satellites. The National Institute for Space Research (INPE) provides the service, currently using the SCD-1 and SCD-2 satellite, Receiving Stations of Cuiabá and Alcântara, and the Center for Mission Data Collection (SINDA), located in Natal-RN. These satellites are already in operation for almost 22 and 16, respectively, but still show a very satisfactory performance. This paper presents a comparison between actual data received by the system and data produced by simulations. The main tool used for this purpose was the STK software - System Tool Kit, produced by AGI (Analytical Graphics, Inc.), which enables the modeling of orbiting satellites, providing ample backdrop for various analyzes of the past and prospects for the future. Other tools for treatment and conversion of files were also used to feed a database, within which various analyzes have become possible. These results were used to assess the current state of the system and suggest improvements for future deployments that are underway. Many other tests may also be performed in the future.

Palavras-chave: Brazilian System of Environmental Data Collection, National Institute for Space Research, System Tool Kit, SBCDA, SCD-1, SCD-2, INPE, STK.

1. Introdução

O Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA) é constituído pela rede de plataformas de coleta de dados (PCDs) espalhadas pelo território e mar territorial brasileiros, pelo Segmento Espacial, composto atualmente pelos satélites SCD-1, SCD-2 (Satélite de Coleta de Dados 1 e 2), pelas Estações de Recepção de Cuiabá e de Alcântara, e pelo Centro de Missão Coleta de Dados (SINDA), localizado em Natal-RN. A Figura 1 ilustra o fluxo de dados na rede.

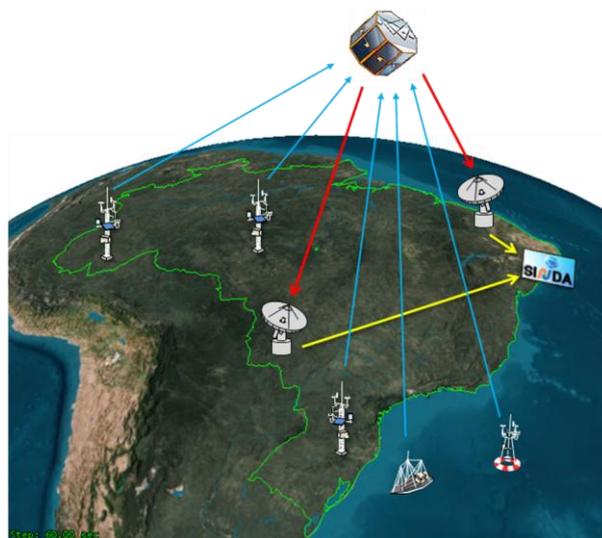


Figura 1. Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais

De acordo com a aplicação específica, as PCDs possuem tipos e quantidades diferenciadas de sensores. Cada PCD, após coletar os dados relativos à sua aplicação, armazena-os internamente até o próximo ciclo de coleta, o que ocorre para a maioria das vezes, após 3 horas, quando faz sua atualização. Esses dados possuem um tamanho máximo de 256 bits (32 bytes).

Como a comunicação das PCDs é unidirecional, as mesmas não têm como perceber a presença de algum satélite em sua área de alcance. Por essa razão transmite repetidas vezes, geralmente com intervalo aproximado de 200 segundos, a mesma série de dados armazenados, sem que tenha confirmação de recepção por algum satélite. A transmissão é feita na taxa de 400 bps (bits por segundo), o que ocupa um tempo menor do que 1 segundo para cada transmissão.

Como a posição do satélite na abóboda celeste também não pode ser detectada pela PCD, a sua transmissão é omni-direcional. É utilizada a frequência de 401,62 MHz, na banda de UHF.

A função do SCD-1 e SCD-2 consiste, basicamente, em retransmitir, em direção às estações receptoras de Cuiabá e Alcântara, os sinais de RF recebidos das PCDs.

Quando um satélite passa sobre a região de visibilidade (alcance das antenas) de uma estação receptora, os sinais das plataformas que se encontram visíveis ao satélite são captados e retransmitidos à estação, onde os dados são gravados.

Os satélites SCD-1 e SCD-2 operam na faixa de frequência UHF para recepção das mensagens transmitidas pelas PCDs: em torno de 401,62 MHz. Os sinais recebidos a bordo dos satélites são retransmitidos para o solo na Banda S em 2.267,52 MHz.

O sucesso desses satélites pioneiros é incontestável, já que, lançados em 9 de fevereiro de 1993 e 22 de outubro de 1998, respectivamente, com previsão de vida operacional da ordem de, respectivamente, um e dois anos, sobrevivem ainda hoje, após ultrapassar em vários anos as previsões de funcionamento, com desempenhos satisfatórios.

Os dados das PCDs retransmitidos pelos satélites e recebidos nas estações de Cuiabá e/ou Alcântara são enviados para o Centro de Missão de Coleta de Dados em Natal/RN para processamento, armazenamento e disseminação para os usuários. O envio desses dados ao usuário é feito através da Internet em, no máximo, 30 minutos após a recepção.

1.1 Objetivo do trabalho

Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise do desempenho dos satélites SCD-1 e SCD-2, confrontando os dados reais obtidos a partir dos arquivos efetivamente recebidos pelo Centro da Missão (SINDA), com as simulações realizadas por software.

2. Metodologia de Trabalho

Em nosso trabalho escolhemos um período de análise não muito distante (de 15 a 18/10/2014), para o qual foram tomados todos os arquivos recebidos pelo SINDA. Por meio de simples softwares de tratamento de dados brutos, foram abertos os conteúdos das transmissões das PCDs, que foram reunidos em um banco de dados Access, onde foram feitas as pesquisas de dados, utilizando linguagem SQL.

O software STK (System Tool Kit) produzido pela AGI (Analytical Graphics, Inc.), possibilita a modelagem da órbita de satélites, oferecendo um cenário amplo para diversas análises do passado e previsão para o futuro. Este utiliza os parâmetros orbitais fornecidos pelo sistema NORAD (North American Aerospace Defense Command), que monitora, cadastra e disponibiliza dados de qualquer corpo que se encontre orbitando em torno da terra.

3. Resultados e Discussão

Algumas análises são mostradas neste trabalho, abrangendo alguns dos aspectos.

3.1 Tempos Médios de Revisita

O Tempo médio de revisita é um parâmetro que retrata um requisito do usuário, significando o tempo máximo em que os dados de uma PCD deverão ser atualizados.

Os satélites SCD-1 e SCD-2 foram colocados em órbitas com aproximadamente 750 km de altitude e 25 graus de inclinação em relação ao plano do Equador, o que permite uma cobertura adequada de todo o território nacional. O plano orbital do SCD-2, lançado quase 6 anos depois do SCD-1, foi defasado em ascensão reta em relação a este por um ângulo de 180 graus, de modo a garantir que passagens de cada um preencham os períodos diários em que ocorrem passagens do outro não visíveis pelas estações terrenas.

Passados 16 anos, a defasagem entre os satélites já se encontra reduzida dos 180° iniciais (Figura 2a) para algo em torno de 60° (Figura 2b).

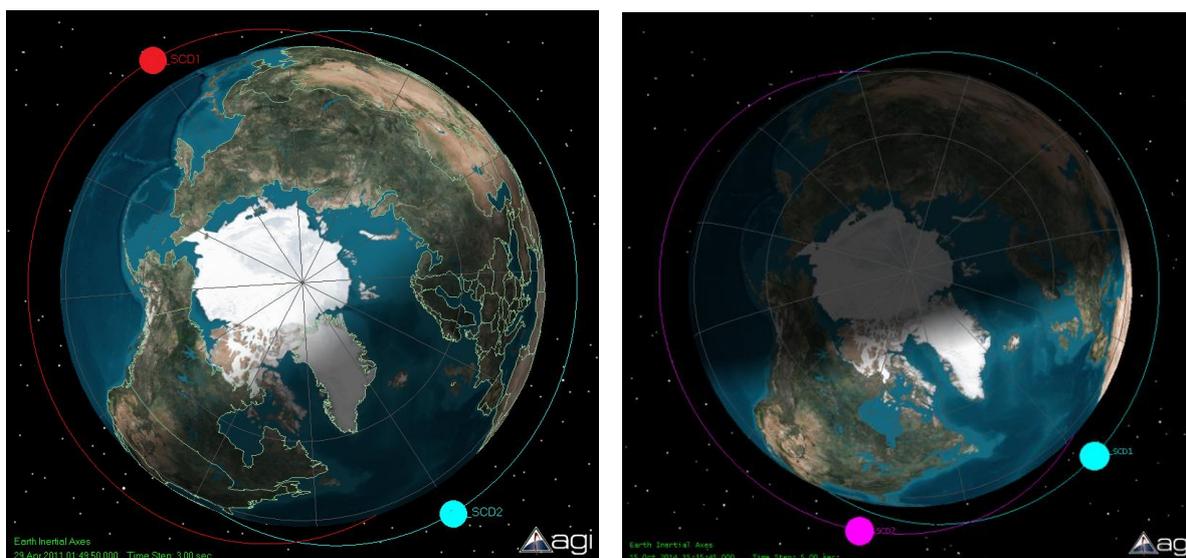


Figura 2. Diferença angular entre os satélites SCD: (a) 1998; (b) 2014

Foram realizadas 2 simulações no STK com os cenários (1998 e 2014) onde são mostrados os tempos de cobertura acumulado dos 2 satélites (Figura 3).

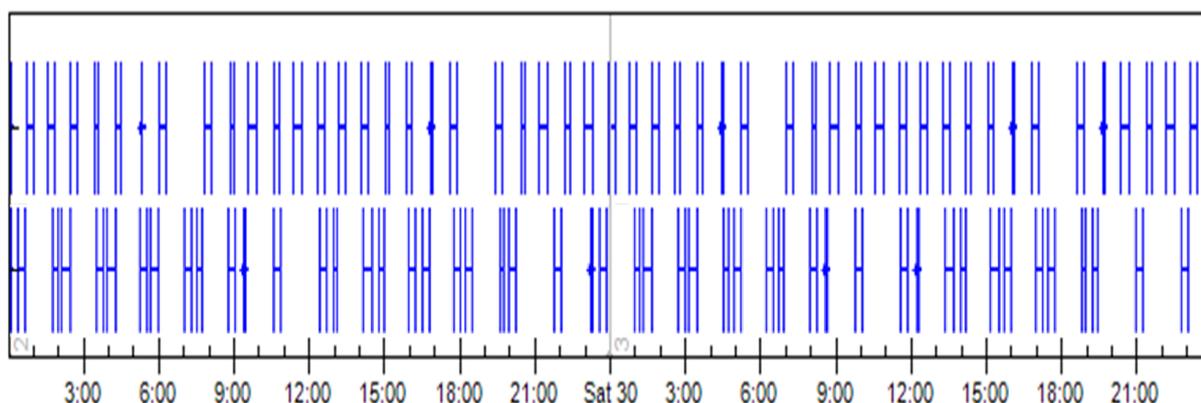


Figura 3. Tempos de cobertura dos satélites SCD em 1998 (acima) e 2014 (abaixo)

Como consequência desta evolução, gradativamente os tempos médios de revisita foram aumentando, degradando a qualidade do serviço, o que pode ser observado pelo aumento considerável da incidência de intervalos sem cobertura, conforme visto nas Figuras 3 e 4.

3.2 Quantidade de arquivos recebidos

A Figura 4 mostra, para os 4 dias da pesquisa, em simulação feita no software STK, todos os trechos de órbitas com cobertura pelas estações terrenas de Alcântara (verde) e Cuiabá (vermelho, em sobreposição), para o SCD-1 (superiores) e o SCD-2 (inferiores).

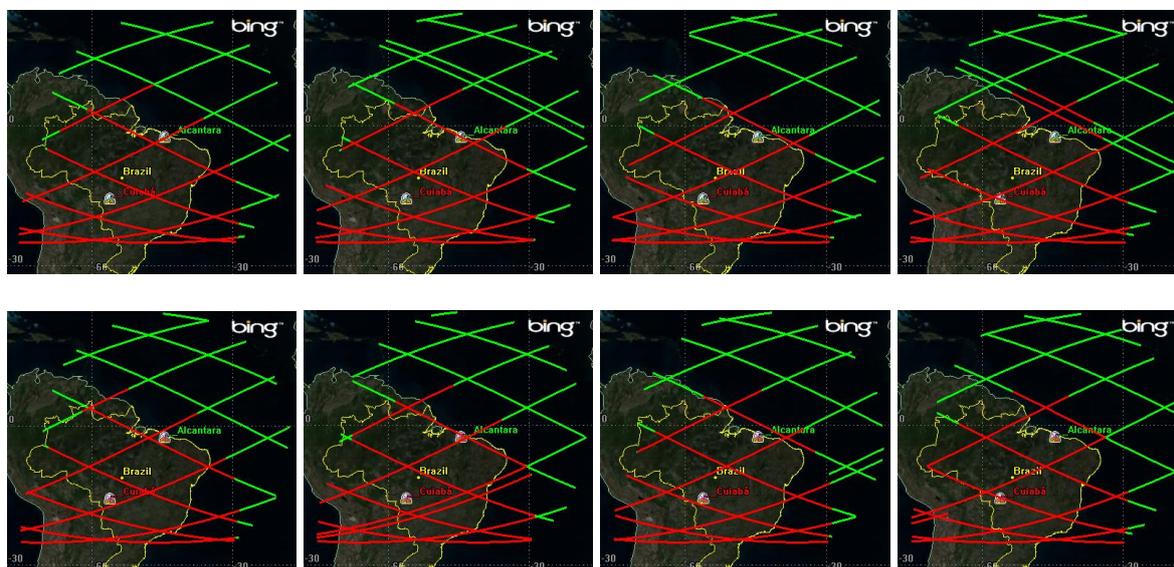


Figura 4. Trechos de cobertura dos satélites pelas estações terrenas

Podemos ver a média de 12 passagens diárias com cobertura por uma (ou ambas) as estações terrenas. No entanto, nem todas são produtivas, sendo que algumas não são rastreadas. A Tabela 1 mostra, para cada dia considerado, as quantidades de arquivos recebidos de cada satélite por cada estação.

Tabela 1. Quantidades de passagens rastreadas no período considerado

Satélite	Dia 15/10/2014			Dia 16/10/2014			Dia 17/10/2014			Dia 18/10/2014		
	Pass.	ALC	CBA									
SCD-1	11	-	6	12	-	5	12	-	5	13	-	4
SCD-2	11	7	8	12	6	9	12	6	8	12	8	9

Obs.: Alcântara não recebeu dados do SCD-1 no período

3.3 Natureza dos arquivos recebidos

Para análise da natureza dos arquivos recebidos foram utilizadas as numerações de identificação das PCDs, que é uma das informações transmitidas. Existem faixas de numerações designadas para os usuários do SBCDA, fornecida pelo INPE, totalizando 2700 ID. Deste total, consta no SINDA como existindo 883 ID ativas. Foram utilizadas como amostra os arquivos recebidos no dia 17/10/2014. Não foram recebidos transmissões do SCD-1 por Alcântara, mas isso não compromete os resultados. Na Tabela 2 são mostrados os resultados.

Tabela 2. Natureza dos arquivos recebidos em 17/10/2014

Satélite	SCD-1		SCD-2		Total
	Alcântara	Cuiabá	Alcântara	Cuiabá	
Estação receptora					
Total de registros recebidos	0	2.696	7.567	5.688	15.951
Registros de PCDs do SBCDA	0	1.410	2.724	2.509	6.643
Precentual	-	52%	36%	44%	42%
Total de PCDs identificadas	0	629	930	805	1.090
PCDs pertencentes ao SBCDA	0	270	282	277	285
Precentual	-	43%	30%	34%	26%

Obs.: Alcântara não recebeu dados do SCD-1 no dia

Principais conclusões:

- Apenas 42% dos registros recebidos são de interesse do SBCD.
- Do total de PCDs detectadas, apenas 26% pertencem ao SBCD.
- Dentre todas as PCDs cadastradas no SBCD, apenas 32% transmitiram no dia.

3.4 Degradação do SCD-1

O satélite SCD-1, hoje com quase 22 anos em operação, apresenta limitação de operação, devido ao esgotamento de suas baterias, só funcionando quando seus painéis solares se encontram expostos ao sol. A Figura 5 mostra uma simulação no STK, mostrando todas as passagens do SCD-1 para o período de análise (de 15 a 18/10/2014).

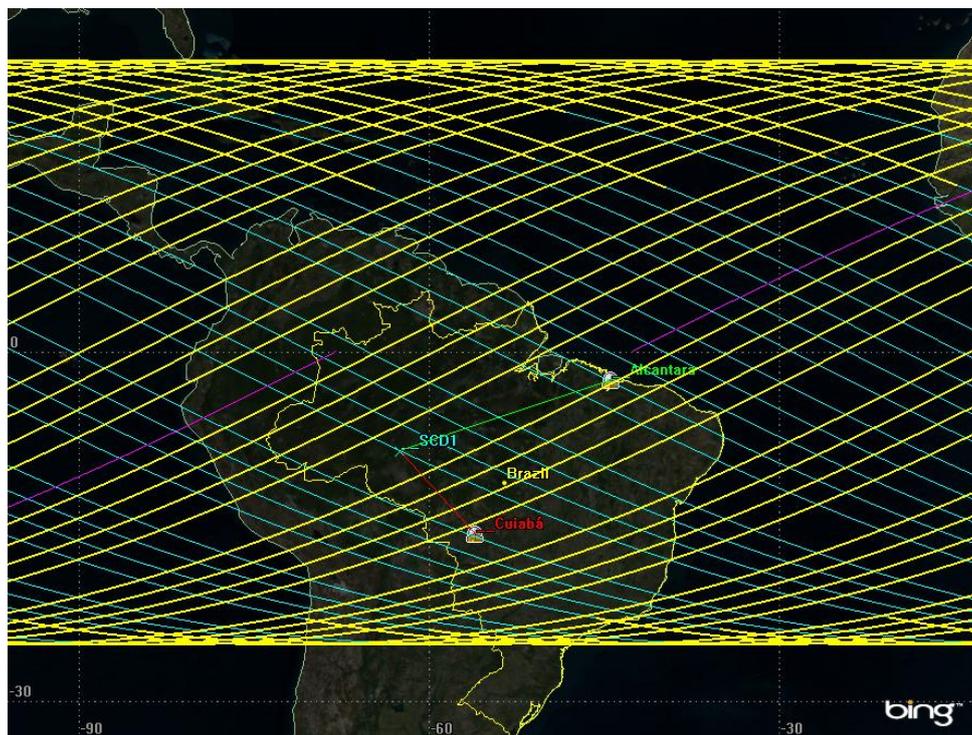


Figura 5. Passagens do SCD-1, destacando os trechos iluminados

Todas as passagens do SCD-1 no período são mostradas em linha azul. Sobreposta a esta, a linha amarela indica os trechos onde a órbita está iluminada pelo sol, o que corresponde a pouco mais de 50% do tempo total. No exemplo do momento da simulação, o SCD-1 tem visibilidade para as duas estações terrenas, mas, por se encontrar em um trecho não iluminado, permanece fora de operação.

A Figura 6 mostra uma simulação para uma passagem do SCD-1 com cobertura para as duas estações (dentro do círculo azul na visão 2D), no momento em que sua órbita passa a ser iluminada pelo sol (trecho amarelo da órbita), que pode ser visto com detalhe na visão 3D.



Figura 6. Momento em que o SCD-1 passa a ser iluminado pelo sol (2D e 3D)

A Tabela 3 mostra os horários do primeiro e último registros recebidos na passagem que, em confronto com os eventos simulados no STK, apresentaram valores bastante coerentes.

Tabela 3. Passagem semi iluminada do SCD-1 no dia 15/10/2014

Horários dos eventos	Simulação	Registros recebidos
Início da cobertura de Cuiabá	06:25:54.740	(inoperante)
Início de iluminação do satélite	06:34:13.735	Primeiro: 06:34:43.903
Término da cobertura de Cuiabá	06:38:45.740	Último: 06:37:12.015

3.4 Cobertura dos satélites

Para a análise de cobertura dos satélites foi adotada a seguinte metodologia:

- Simulação no software STK da órbita do satélite para um determinado horário de passagem, com definição de seu traçado e do limite geográfico da cobertura.
- Plotagem no STK de cada PCD cadastrada, pelo seu número de identificação e coordenadas geográficas.
- Decodificação do arquivo recebido pelo SINDA para a passagem e importação dos dados para o banco de dados.
- Identificação no banco de dados das numerações de todas as PCDs recebidas na passagem.
- Exportação para o STK da relação de PCDs detectadas.
- Identificação no STK apenas das PCDs selecionadas.

O resultado obtido é mostrado na Figura 7, para duas passagens diferentes do SCD-2, onde se adotou a seguinte simbologia:

- linha vermelha - traçado da órbita.
- linha preta - limite geográfico da cobertura.

- c) marcadores azuis - localização das PCDs recebidas
- d) linha verde - alcance da PCD mais distante detectada.

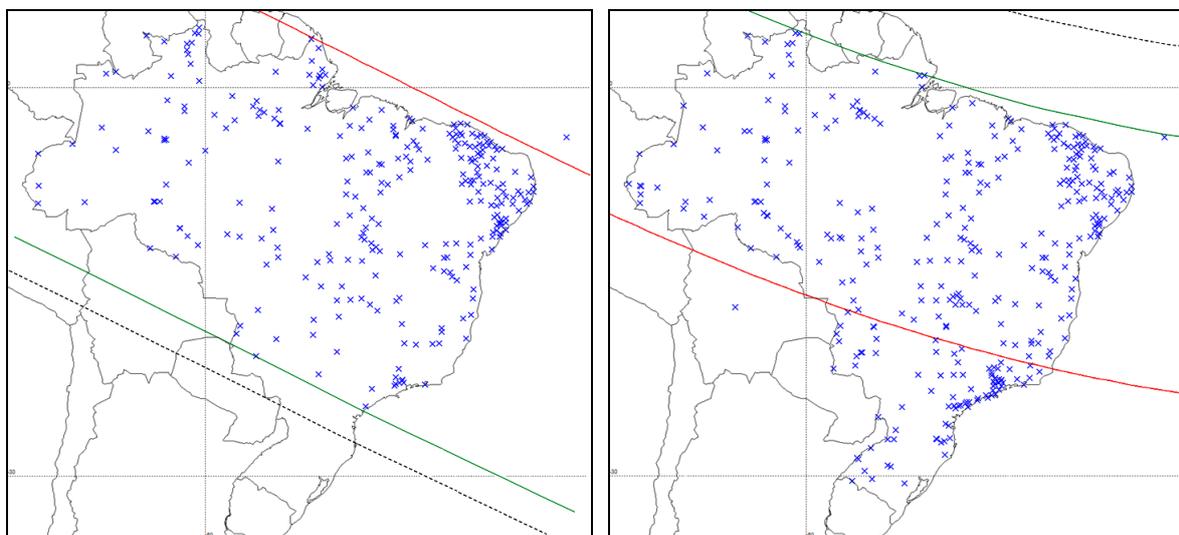


Figura 7. Cobertura dos satélites SCD-1(esquerda) e SCD-2 (direita)

Como se pode observar, a cobertura do satélite está muito satisfatória.

4. Conclusões

Estas foram algumas das análises possíveis de se realizar com as ferramentas que dispomos para avaliar a situação atual do sistema e propor melhorias para as futuras implementações que estão a caminho.

Os resultados foram considerados muito satisfatórios, apesar do tempo de uso dos satélites e de sua tecnologia, servindo de elemento de estímulo para os projetos em andamento para complementar e substituir o segmento espacial do SBCDA.

Muitas outras análises poderão ainda ser realizadas. Como exemplo, uma análise que se encontra em andamento é a da ocupação de frequências das PCDs, com sua distribuição geográfica.

4. Referências bibliográficas

Larson, W. J., Wertz, J.R., Space Mission Analysis and Design, Space Technology Series. Torrance, Terceira edição, 1999.

NORAD - North American Aerospace Defense Command

SINDA - Sistema Integrado de Dados Ambientais. Disponível em:
<<http://sinda.crn2.inpe.br/pcd/site/novo/site/index.php>>

STK - System Tool Kit, AGI- Analytical Graphics, Inc.