

## O desempenho do processador de coleta de dados versão III nas estações de recepção do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais

Auro Tikami

Carlos Alberto Ferrari

Marcus Vinicius Cisotto

Wilson Yamaguti

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil

auro.tikami@inpe.br, {ferrari, marcao, yamaguti}@dss.inpe.br

**Abstract:** The Brazilian Environmental Data Collection System provides data collection services based on SCD-1 and SCD-2 satellites to an increasing user community. The SCD-1, in spite of 19 years in flight operation, is operating in a degraded mode as well as SCD-2 with 14 years in operation continues to offer 24 hours/7 days data relay function to more than a 1000 platforms. Several effort actions to improve the ground infrastructure to receive and to process the relayed messages have being performed. A Data Collection Processor, named PROCOD, is a ground receiving station equipment that process the down linked relayed frequency band and recover the messages transmitted from the data collection platform networks. A new PROCOD version was developed and installed in the Cuiaba ground station by mid-2012. The development cycle follows the traditional space project phases, starting from specification to acceptance tests and field validation. The exceptional performance obtained with PROCOD III version during field tests in Cuiaba ground station is presented in this paper, as well as the concepts used in the design. This equipment employs digital processing technology, field programmable gate arrays components and more than 20 years of INPE experience in ground equipment development. The measured operational results show a 121% improvement in message recovery compared to PROCOD-II for SCD-1 passes and an 85% improvement for SCD-2. Although these exceptional results obtained, a new PROCOD version is being in discussion to meet demands for increasing numbers of platforms and applications.

**Palavras-Chave:** Data Collection Platform, Data Collection Processor, Brazilian Environmental Data Collection System, Plataforma de Coleta de Dados, Processador de Coleta de Dados, Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais.

### 1. Introdução

O Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais é um sistema de coleta de dados ambientais “in-situ” baseado em satélites de órbita baixa, cuja operação foi iniciada por volta de 1993, com o lançamento do primeiro satélite de coleta de dados SCD-1. Atualmente, o sistema é constituído pela constelação de satélites SCD-1 e SCD-2, pelas diversas redes de Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) espalhadas pelo território nacional, pelas Estações de Recepção de Cuiabá e de Alcântara, e pelo Centro de Missão Coleta de Dados, denominado SINDA (Sistema Nacional de Dados Ambientais), instalado no Centro Regional do Nordeste, Natal, RN. A comunidade usuária é extensa com mais de 1000 plataformas instaladas.

Apesar do SCD-1 estar em operação por 19 anos em órbita, e o SCD-2 em operação por 14 anos, o sistema ainda presta relevantes serviços de coleta de dados às diversas organizações usuárias como em Hidrologia (ANA, SIVAM); Meteorologia (CPTEC, núcleos estaduais de Meteorologia); Oceanografia (Bóias de deriva, bóias ancoradas) (DHN, Petrobrás); Química da Atmosfera; Qualidade d’água (Comitês de bacias hidrográficas, prefeituras, CETESB, e órgãos de Gestão e Fiscalização de Recursos Hídricos e Meio Ambiente); Defesa Civil (sistemas de alerta hidrológico); Monitoração de Nível de reservatórios de usinas hidrelétricas (ANEEL); Rede

Maregráfica; Engenharia e Testes (fornecedores de plataformas); Pesquisa científica; Educação e Treinamento; Transmissão e Geração de Energia Elétrica (geradoras e distribuidoras de energia elétrica); Monitoramento Ambiental (dados auxiliares para determinação do Risco de Fogo no projeto de Detecção de Queimadas em florestas) (Yamaguti, 2009).

Os esforços em melhoria do sistema tem sido contínuo, especialmente no segmento solo referente ao processamento de sinais retransmitidos pelos satélites SCD-1 e SCD-2 realizado pelo Processador de Coleta de Dados (PROCOD). A Figura 1 ilustra o PROCOD na versão 3 em uma estação de recepção do sistema. Os dados adquiridos pelo PROCOD são enviados após a passagem do satélite para o SINDA realizar o processamento, armazenamento e a disseminação das mensagens para os usuários.

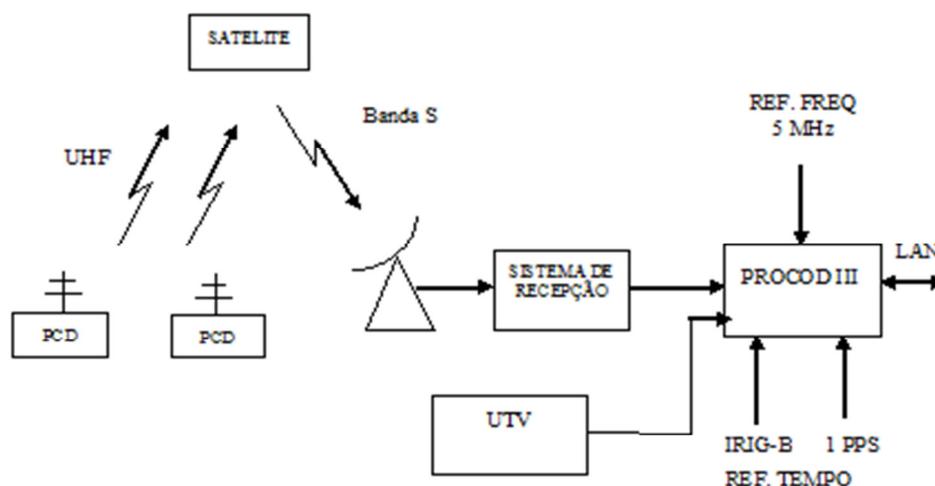


Fig. 1- Cadeia de processamento da carga útil em uma estação de recepção.

Este artigo descreve o papel do PROCOD, em especial o PROCOD-III na cadeia de recepção da carga útil e o desempenho operacional significativo alcançado com sua instalação na estação de Cuiabá em meados de 2012. O PROCOD-III resulta da experiência do INPE de mais de 20 anos no desenvolvimento de equipamentos de solo e em particular processadores de coleta de dados.

## 2. Evolução dos Processadores de Coleta de Dados.

O desenvolvimento do Processador de Coleta de Dados I, PROCOD-I no INPE, foi iniciado no âmbito do programa MECB, sendo finalizado no ano de 1991. O equipamento iniciou sua operação com o lançamento do SCD-1. O PROCOD-I foi desenvolvido com tecnologia totalmente analógica possuindo 02 canais de processamento de sinais de PCDs paralelos em cada uma das duas faixas de 30 kHz utilizadas atualmente pelo INPE. Embora esteja ainda em operação, sua capacidade tornou-se limitada com a expansão do número de plataformas instaladas no sistema.

No ano de 2001 foi encomendado à indústria nacional o fornecimento do Processador de Coleta de Dados II, PROCOD-II. Este processador foi desenvolvido com tecnologia digital, possuindo 06 canais de processamento paralelos que podem ser configurados para as faixas de recepção. Também está operacional até os dias de hoje, mas sua capacidade de processamento restringe a demanda atual, com mais 1000 PCDs

instaladas no Brasil e centenas de outras plataformas do Sistema Argos que compartilham a mesma faixa de transmissão.

Para aumentar o desempenho de recepção, uma nova versão ou geração do Processador de Coleta de Dados foi proposta e desenvolvida. O PROCOD-III desenvolvido com tecnologia digital apresenta 08 canais de processamento paralelos em cada uma das duas faixas de 30 kHz utilizadas atualmente pelo INPE.

A Tabela 1 mostra comparativamente as especificações impostas para o desenvolvimento de cada uma das versões do PROCOD.

Tabela 1 – Quadro comparativo das especificações de projeto do PROCOD.

	<b>PROCOD-I</b>	<b>PROCOD-II</b>	<b>PROCOD-III</b>
<b>Ano</b>	1991	2001	2011
<b>Tecnologia</b>	Analógica	Híbrida	Digital
<b>Dimensões</b>	3 unidades de 3U	1 unidade de 3U	1 unidade de 2U
<b>Faixas de Operação Simultâneas</b>	1	1	2
<b>Canais por Faixa</b>	2	6	8
<b>Relação Sinal/Ruído</b>	43	42	40
<b>Estratégia de Detecção</b>	Varredura centralizada	Varredura descentralizada	Análise Espectral centralizada

### 3. Descrição do Processador de Coleta de Dados III

A Figura 2 apresenta o diagrama de blocos do PROCOD-III que foi organizado em Módulo de Entrada, FPGA e memórias. O FPGA do PROCOD-III apresenta internamente em Hardware os processadores NIOS MCTL e MCE, MUTEX e os módulos de FFT, Conversor de Frequências, Processador de Sinais e Datação. E em software, o FPGA do PROCOD-III apresenta os módulos dos processadores NIOS: Busca e Detecção, Controle, Formatação de Mensagens e Comunicação.

O PROCOD-III, através da LAN, comunica-se com o Módulo de Interface com o Usuário instalado em um computador PC da Estação Terrena para seu monitoramento e configuração. E também através da LAN, o PROCOD-III pode ser configurado para a realização de testes e enviar os resultados para PC UTV III (Unidade de Teste e Verificação III).

No Módulo de Entrada o sinal de vídeo é condicionado e separado em duas faixas: faixa 1 (de 65 a 95 kHz) e a faixa 2 (de 95 a 125 kHz). Estas duas faixas são convertidas para uma mesma FI em dois canais diferentes, uma para cada faixa e é realizada a conversão análogo-digital. Os dados digitais da conversão são enviados ao FPGA e no Módulo FFT são armazenados em duas FIFOs para processamento da FFT.

O NIOS, com base nos dados fornecidos pela FFT, realiza o processo de busca e detecção de sinais de PCDs e programa os grupos de canais de processamento analisando as frequências componentes do sinal, verificando se a presença de uma





Fig. 3 – Janela de monitoramento em tempo real do PROCOD-III.

#### 4. Resultados obtidos

##### 4.1 Desempenho do PROCOD III medido com a UTV

Através da Unidade de Teste e Verificação III foram gerados 16 sinais típicos de PCDs, de mesma relação sinal/densidade de ruído, simultâneos no tempo e distribuídos em duas faixas de frequências, sendo 8 na faixa de 65 a 95 kHz e 8 na faixa de 95 a 125 kHz. Todos esses sinais foram transmitidos e retransmitidos para o PROCOD-III num total de 1280 transmissões de PCDs para cada relação sinal/densidade de ruído. A Tabela 2 apresenta o resultado dos testes.

Tabela 2 – Teste de Probabilidade de Sucesso do PROCOD-III

S/N <sub>0</sub> (dBHz)	Probabilidade de Sucesso
35	0,656
36	0,836
37	0,935
38	0,998
39	0,999
40	1,000

## 4.2 Desempenho operacional comparativo entre os PROCODs I, II e III

Como base para esta comparação foram utilizadas as passagens dos satélites, SCD-1 de número 103365 ocorrida às 16:46hs do dia 09 de Setembro de 2012 e SCD-2 de número 73091 ocorrida às 12:44hs do dia 25 de agosto de 2012. Os resultados estão nas Tabelas 3 e 4. As mensagens de PCDs processadas são todas aquelas em que o equipamento conseguiu detectar e processar. As mensagens de PCDs consideradas úteis são aquelas, entre as processadas, que não possuem nenhuma indicação de erro.

Tabela 3 – Comparação entre os PROCODs I, II e III com SCD-1.

<b>PROCOD</b>	<b>Mensagens de PCDs Processadas</b>	<b>Mensagens de PCDs consideradas úteis</b>	<b>Mensagens descartadas</b>
I	858	469	45,3 %
II	1746	796	54,4%
III	1901	1764	7,21%

Tabela 4 – Comparação entre os PROCODs I, II e III com SCD-2.

<b>PROCOD</b>	<b>Mensagens de PCDs Processadas</b>	<b>Mensagens de PCDs consideradas úteis</b>	<b>Mensagens descartadas</b>
I	904	659	27,1 %
II	1995	1235	38,1%
III	2409	2285	5,1%

Para a passagem do satélite SCD-1, em relação às mensagens de PCDs consideradas úteis, pode-se notar um ganho de 121% do PROCOD-III em relação ao PROCOD-II e o PROCOD II tem um ganho de 69% em relação ao PROCOD-I.

Para a passagem do satélite SCD-2, em relação às mensagens de PCDs consideradas úteis, pode-se notar um ganho de 85% do PROCOD-III em relação ao PROCOD-II e o PROCOD-II tem melhora de 87% em relação ao PROCOD-I.

## 5. Comentários Finais

O desempenho medido do PROCOD-III durante os testes reais com os satélites SCD-1 e SCD-2 e com a Unidade de Teste e Verificação III mostram melhorias excepcionais em relação aos modelos anteriores. Isto permitirá sobreviver em termos de desempenho do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais que utiliza satélites cujos tempos de vida previstos já foram largamente ultrapassados. O SCD-1 com vida útil inicial de 6 meses já opera há mais de 19 anos em órbita, e o SCD-2 cerca de 14 anos em órbita.

Em função das demandas, uma nova versão, PROCOD-IV, deverá ser desenvolvida. Este equipamento é basicamente uma atualização tecnológica do PROCOD-III, utilizando componentes eletrônicos de última geração. Possuirá a capacidade processar 32 sinais de PCDs simultâneos, em uma faixa contínua de 120

kHz, composta das duas faixas de 30 kHz utilizadas atualmente mais outra faixa de 60 kHz pleiteada pelo INPE.

### **Referências Bibliográficas**

Yamaguti, W.; Orlando, V.; Pereira, S. P. **Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais: Status e planos futuros**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 1633-1640. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00044-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.21.20.46/doc/1633-1640.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2012.

Bacellar, J.T.M. et al, A-EIF-004 Ground Segment Communication Protocol Specification, INPE, 1992.