

## ANÁLISE DO SISTEMA DE COLETA DE DADOS DA MECB

Eduardo A.P. Tude  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515, São José dos Campos, SP

### RESUMO

Descreve-se o sistema de coleta de dados a ser introduzido no 1º satélite da MECB. O sistema é composto por PCDs, transponder (carga útil do satélite), estação terrena e centro de missão. Apresenta-se a análise do enlace e discutem-se problemas para o seu dimensionamento.

#### 1. INTRODUÇÃO

O 1º satélite da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) colocará em operação um sistema de coleta de dados, apresentado na Figura 1.

Neste sistema as Plataformas de Coleta de Dados (PCDs), espalhadas pelo Brasil, transmitem o sinal em 401,62 e 401,65 MHz para o satélite. O transponder PCD (carga útil do satélite) recebe estes sinais e os retransmite em 2267 MHz para a estação terrena em Cuiabá. Na estação terrena o sinal é recebido, processado e encaminhado ao Centro de Missão em Cachoeira Paulista, para distribuição aos usuários.

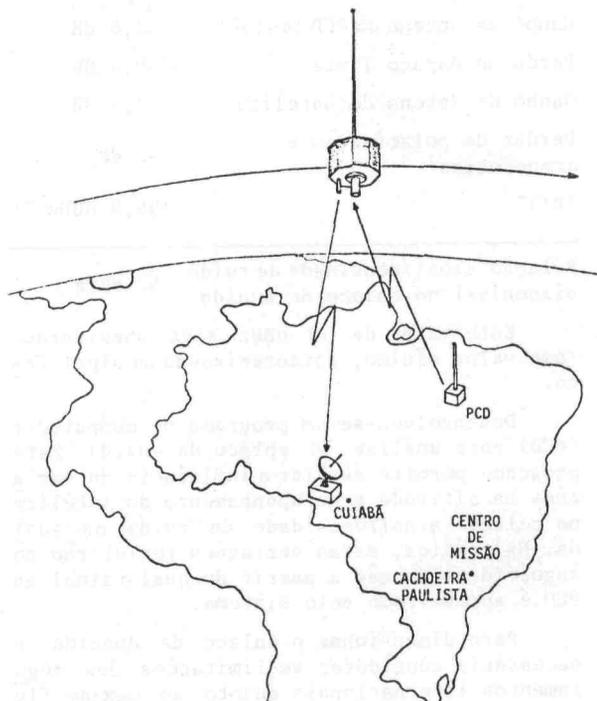


Fig. 1 - Sistema de coleta de dados.

Sistemas como o LANDSAT, GOES, TWERLE e ARGOS realizam a coleta de dados por satélite [1]. No Brasil, dispõe-se de PCDs que operam com satélites geostacionários (GOES) ou TIROS-N (ARGOS).

Neste trabalho descreve-se o sistema de coleta de dados (Seção 2) e a análise do enlace (Seção 3). Finalmente, na Seção 4 apresentam-se algumas conclusões.

#### 2. SISTEMA DE COLETA DE DADOS

As PCDs são pequenos transmissores de in formação, de natureza ambiental. Elas estão conectadas a sensores de grandeza como temperatura, pressão, velocidade de vento ou nível de rio.

O sinal da PCD tem o formato apresentado na Figura 2 e sua duração varia entre 360 e 920ms, de acordo com a quantidade de dados. As transmissões são feitas a uma taxa de 400 bit/s, ocupando uma faixa de aproximadamente 2 kHz, e a intervalos regulares entre 40 e 200s, programados de acordo com a localização geográfica da PCD.

360 A 920 ms							
160 ms	SINC. BIT	SINC. FORMATO	INICIALIZAÇÃO	Nº SENSORES	IDENTIFICAÇÃO	DADOS	
PORTADORA PURA	15	8	1	4	20	8	8

Fig. 2 - Formato do sinal da PCD.

As PCDs utilizam modulação PSK com portadora residual e um dos canais apresentados na Figura 3. Um deles é o do sistema internacional ARGOS e foi escolhido de modo a permitir recepção das PCDs ARGOS instaladas no Brasil. O sistema foi dimensionado para 500 PCDs nos dois canais.

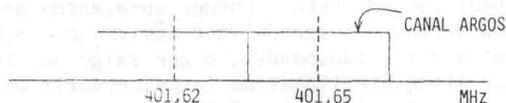


Fig. 3 - Canais utilizados pelas PCDs do sistema.

O satélite terá uma órbita circular de aproximadamente 700 km de altitude e 25° de inclinação, com duração aproximada de 100 minutos (14 órbitas por dia). A Figura 4 apresenta durações típicas do tempo de contato entre uma PCD localizada em Natal, o satélite e a estação terrena em Cuiabá. Considera-se que o contato se estabelece quando a PCD vê o satélite com ângulo de elevação maior do que 15° e, ao mesmo tempo, o ângulo de elevação do satélite em Cuiabá é maior ou igual a 5°. Para PCDs mais próximas do centro do Brasil, este tempo de contato aumenta.

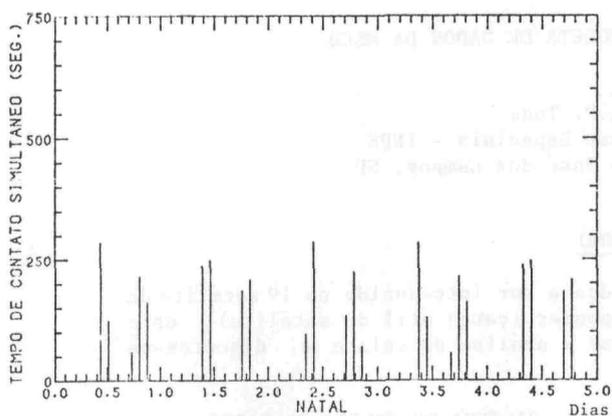


Fig. 4 - Tempo de enlace Natal-Cuiabá.

Os sinais das PCDs chegam de forma aleatória ao satélite, espalhados em uma faixa de aproximadamente 26 kHz em torno da frequência nominal. Isto ocorre devido ao efeito Doppler resultante da velocidade relativa entre satélite e plataforma e a variações na frequência central dos osciladores de referência das PCDs, e tem a vantagem de permitir a detecção de dois ou mais sinais simultâneos, quando não se superpõem no espectro. O nível de potência dos sinais na entrada do transponder apresenta também uma larga faixa dinâmica devido a:

- discrepâncias na EIRP (potência efetiva irradiada isotropicamente) das PCDs;
- flutuações irregulares da antena do satélite;
- diferença entre as distâncias de propagação dos sinais das PCDs;
- variações da altitude do satélite;
- perdas diversas, como atenuação atmosférica, multitrajeto e perdas de polarização; e
- erro de apontamento do satélite devido ao seu balanço.

Na escolha da configuração do transponder PCD, considerou-se inicialmente a alternativa de retransmissão dos sinais das PCDs sem introdução da modulação PM. Esta solução apresentou desvantagens devido a larga faixa dinâmica dos sinais na entrada do transponder, o que exige um transmissor altamente linear de forma a reduzir os produtos de intermodulação. Também em uma pequena porcentagem do tempo, o fluxo máximo de potência na terra excederia os regulamentos internacionais. Optou-se então pela alternativa apresentada na Figura 5.

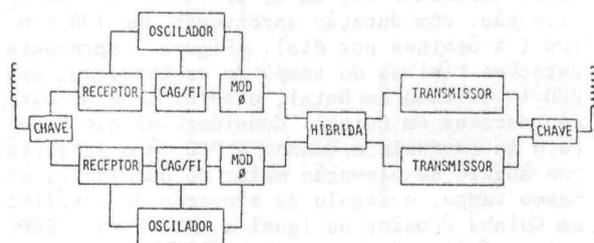


Fig. 5 - Diagrama de blocos do transponder PCD.

O transponder PCD é composto de duas antenas tipo hélice quadrifilar [2] e cadeias redundantes dos circuitos de recepção, modulação e transmissão. Os sinais recebidos das PCDs são transpostos, por dois batimentos, para uma faixa de 65 a 125 kHz. A frequência intermediária adotada (23,715 MHz) permite que todas as frequências de osciladores de bordo sejam derivadas de um único oscilador de referência. A cadeia de amplificação do sinal possui uma malha de Controle Automático de Ganho (CAG) que tende a equalizar o nível de potência do conjunto de sinais e ruído do enlace de subida, mantendo o índice de modulação do sinal transmitido entre 1,6 e 2,0 rad. A banda básica de 65 a 125 kHz modula uma portadora em fase, que após multiplicação de frequência e amplificação é transmitida para a estação terrestre. O sinal é então processado e conduzido, através de uma rede de comunicação de dados (REDACE), para o Centro de Missão em Cachoeira Paulista, de onde é distribuído para os usuários.

### 3. ANÁLISE DO ENLACE

Para analisar o enlace de subida, considere-se uma PCD típica com uma potência de 2W, um ângulo de elevação ( $\phi$ ) de  $16^\circ$  e o satélite sem erro de apontamento. Tem-se então:

Potência da PCD	3 dBW
Ganho da antena da PCD ( $\phi=16^\circ$ )	-2,6 dB
Perda no espaço livre	-149,4 dB
Ganho da antena do satélite	2,1 dB
Perdas de polarização e atmosférica	-2 dB
$(KT)^{-1}$	198,9 dBHzW <sup>-1</sup>

Relação sinal/densidade de ruído disponível no enlace de subida 50 dBHz

Este valor de 50 dBHz será considerado como valor mínimo, caracterizando um sinal fraco.

Desenvolveu-se um programa de computador (PCD) para análise do enlace de subida. Este programa permite avaliar a influência de variações na altitude e no apontamento do satélite na relação sinal/densidade de ruído da subida. Na prática, estas variações refletirão no ângulo de elevação a partir do qual o sinal da PCD é aproveitado pelo sistema.

Para dimensionar o enlace de descida é necessário considerar as limitações dos regulamentos internacionais quanto ao máximo fluxo de potência que pode incidir sobre a terra numa determinada faixa de frequências. Estas restrições limitaram a potência máxima do transmissor do satélite a  $P_t = -14,6$  dBW. Supondo uma variação de  $\pm 1$  dB na potência nominal, adotou-se para fins de dimensionamento uma potência mínima de -16,6 dBW. Com este valor pode-se analisar o enlace de descida, considerando o caso em que o ângulo de elevação da estação terrestre ( $\phi$ ) é  $5^\circ$ .

Potência mínima do satélite	-16,6 dBW
Ganho da antena do satélite	2 dB
Perda no espaço livre	167,5 dB
Perdas atmosféricas	-0,5 dB
G/T da estação terrena	21,1 dBK <sup>-1</sup>
K <sup>-1</sup> (Constante de Boltzmann)	228,6 dBHzW <sup>-1</sup> K

---

Relação portadora/densidade de ruído disponível na descida 67,1 dBHz

A relação sinal/densidade de ruído na descida é calculada a partir da relação portadora/densidade de ruído e da perda de modulação do sinal. A perda de modulação depende do número de sinais que chegam ao transponder e da diferença de nível entre estes sinais.

Pode-se agora analisar a equação total do enlace:

$$\left(\frac{S}{N_0}\right)_T^{-1} = \left(\frac{S}{N_0}\right)_s^{-1} + \left(\frac{S}{N_0}\right)_d^{-1} + \left(\frac{S}{N_0}\right)_i^{-1}$$

onde  $(S/N_0)_i$  é a relação sinal/densidade de ruído devido a intermodulação e foi estimada no pior caso como 53,5 dBHz [3]. A relação sinal/densidade de ruído total mínima para que seja possível o enlace é 43,8 dB.

Desenvolve-se um programa de computador (ENLACE) que calcula a relação sinal/densidade de ruído total do enlace em função do número de sinais que chegam ao transponder e da potência do sinal médio. A Tabela 1 apresenta os resultados para dois e seis sinais, e permite afirmar que o sinal fraco será aproveitado nas seguintes situações por exemplo:

- um sinal fraco e um sinal forte com diferença de nível  $\leq 14$  dB (a diferença máxima estimada para o sistema é 12 dB);
- um sinal fraco e cinco sinais médios com diferença de nível em relação ao sinal fraco  $\leq 9$  dB (a diferença estimada para o sistema é de 6,6 dB).

TABELA 1

RELAÇÃO SINAL/DENSIDADE DE RUÍDO TOTAL

N = 2		N = 6	
DNS*	$(S/N_0)_t$	DNS	$(S/N_0)_t$
14	44,0	9	43,8
15	43,3	10	43,2
16	42,6	11	42,5
17	41,8	12	41,7
18	41,0	13	41,9

\* Diferença de nível entre sinal e demais sinais presentes.

#### 4. CONCLUSÕES

Apresentaram-se as características básicas do sistema de coleta de dados a ser introduzido com o 1º satélite da MECB.

O enlace foi analisado por dois programas de computador, desenvolvidos para avaliar o desempenho do sistema. Foram feitas, no entanto, algumas hipóteses relativas à distribuição das PCDs, às variações na altitude e ao apontamento do satélite, e à distribuição dos sinais na entrada do transponder, que precisam ser confirmadas com uma simulação global do sistema. Esta simulação orientará a introdução de grupos de PCDs no sistema em sua fase operacional, a exemplo do que ocorre com o sistema ARGOS.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J.R. de Oliveira. "Sistema de Coleta de Dados do primeiro satélite brasileiro". In: Anais do Primeiro Seminário de Usuário do Sistema Nacional de Coleta de Dados por Satélite, São José dos Campos, 1981.
- [2] B.S.M.C. Galvão, C.E. Santana. "Antena para plataforma de coleta de dados". São José dos Campos, INPE, julho 1980 (INPE-1820-RPE/186).
- [3] M.H.M. Costa. "Estudo de viabilidade do subsistema transponder de carga útil do primeiro satélite da MECB". São José dos Campos, INPE, março 1984 (INPE-3028-RPI/90).