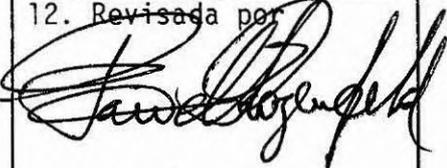
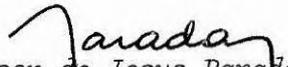


1. Publicação nº INPE-2341-RPE/406	2. Versão	3. Data Março, 1982	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem Programa DEE-DSE-DTE-DSR-DAT-DAS			
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) PEROBA TELEMETRIA DE BALÕES RADIR CONTROLE DE ATITUDE LANÇAMENTO DE BALÕES CARGA ÚTIL DE BALÕES RANUC TELECOMANDO DE BALÕES COMPUTADOR DE BORDO SERE			
7. C.D.U.: 629.733.3			
8. Título MISSÃO PEROBA-I		10. Páginas: 118	
		11. Última página: 97	
		12. Revisada por  Pawel Rozenfeld	
9. Autoria vide página - i -		13. Autorizada por  Nelson de Jesus Parada Diretor	
Assinatura responsável 			
14. Resumo/Notas <i>Este trabalho tem por objetivo informar sobre os recursos empregados e os resultados obtidos com o primeiro lançamento de balão efetuado dentro da missão Plataformas Experimentais com Rastreo Orientado para Balões - PEROBA. O objetivo da missão PEROBA-I foi o de integrar e testar um conjunto de equipamentos de serviço de bordo e de solo com outro conjunto de equipamentos para medidas científicas. Os equipamentos científicos foram três: 1) Medidor de radiação nuclear (experimento RANUC); 2) sensor infravermelho (experimento RADIR); 3) Câmera de sensoriamento remoto (experimento SERE). Os propósitos desta missão foram alcançados, uma vez que grande parte dos sistemas apresentou o desempenho esperado durante todo o voo da missão. O propósito de congrega o esforço de vários programas de pesquisa e de apoio técnico do INPE foi também atingido, com esta missão.</i>			
15. Observações			

9. **Autoria:** *Ricardo de Azevedo Mendes*
José Carlos Maldonado
Clovis Solano Pereira
Eduardo Whitaker Bergamini
Fernando Moraes Santos
Patricio-Paul Normandin Sanz
Aydano Barreto Carleial
Wilton Fosé Fleming
Carlos Eduardo Santana
Etienne Schneider
Marcelo Sampaio
Paulo Donato
Carlos de Oliveira Lino
Estevão Ghizoni Filho
Cesar Celeste Ghizoni
Antonio Lopes
Mario Baruel
Norma Paiva da Motta
Noboru Sato
Renato Senador
Inácio Malmonge Martin
Sivia Regina Darrigo
Edson Rodrigues da Silva
Arnaldo Maluta
Samir Gattãs
Amaury Montes
Marcos A. Siqueira
Carlos Stephen
Rafael A. Correia
Mario Selingardi

SEQUÊNCIA DE INSTANTÂNEOS (FIGURA 1 A 5) DO LANÇAMENTO DA MISSÃO
PEROBA AO AMANHECER DE 19 DE NOVEMBRO DE 1980,
NO INPE EM CACHOEIRA PAULISTA



Fig. 1 - Final da inflagem.



Fig. 2 - 1ª largada.



Fig. 3 - Ascensão inicial.



Fig. 4 - Momentos após a 2ª largada.

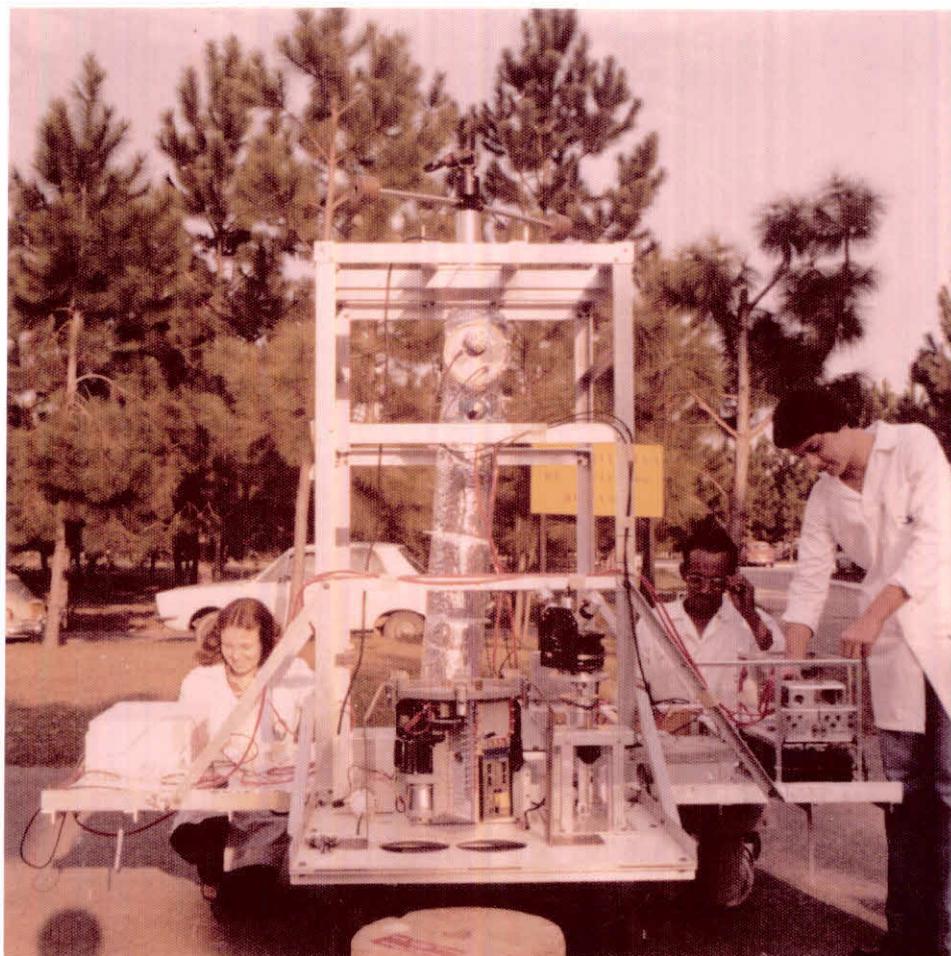


Fig. 5 - Vista parcial da carga lançada com o balão na Missão PEROBA I.

PREFÁCIO

O êxito obtido na Missão Peroba I, realizada em 19 de novembro de 1980 foi, certamente, o fruto do esforço dedicado, conjunto, das várias equipes envolvidas neste empreendimento. Os resultados obtidos com o lançamento deste cargo, que pesava aproximadamente 280 kg, com o auxílio de um balão estratosférico, foi a consumação de um longo e paciente esforço, não anônimo, dos vários membros envolvidos direta ou indiretamente nesta Missão.

Acredita-se que o esforço conjunto da Direção, da Administração e de todo o pessoal técnico-científico do INPE, empenhado nesta missão, foi recompensado. Igualmente, crê-se que existe capacitação técnica potencial nesta Instituição que permitirá a execução conjunta de missões similares mais ambiciosas e sofisticadas, desde que a experiência acumulada até aqui sirva de orientação nos novos empreendimentos.

Agradece-se a todos os que colaboraram decisivamente nesta missão e na elaboração deste relato.

ABSTRACT

This work was aimed to give information on the resources employed and on the results obtained with the first balloon launch realized for the "Plataformas Experimentais com Rastreo Orientado para Balões - PEROBA" (Experimental Platforms with Tracking Oriented for Balloons). The objective of the PEROBA-I mission was to integrate and test a set of on board and ground service equipments with another set of equipments for scientific measurements. There were three scientific equipments: 1) Nuclear radiation meter (RANUC experiment); 2) Infrared sensor (RADIR experiment); 3) Remote sensing camera (SERE experiment). The purposes of this mission were attained since the most part of the system presented the expected performance during the whole mission flight. The purpose of congregating the effort of many research and technical support programs at INPE were attained within this mission, as well.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	<i>xvii</i>
LISTA DE TABELAS	<i>xix</i>
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 - Finalidades	1
1.2 - Equipe participante da missão PEROBA-I	3
<u>CAPÍTULO 2 - SUPERVISÃO DE BORDO</u>	7
2.1 - Introdução	7
2.2 - Organização do "Hardware" do sistema	8
2.2.1 - Computador de bordo ASTRO B/2	8
2.2.2 - Descrição do acoplamento entre o computador de bordo ASTRO B/2 e os demais subsistemas	10
2.2.3 - Organização dos subsistemas de bordo com o computador ASTRO B/2	11
2.2.4 - Computador de solo ASTRO S/1	12
2.2.5 - Configuração do ASTRO S/1 com os subsistemas de terra	13
2.3 - Organização do programa operacional integrado - POI	14
2.3.1 - Programa operacional de bordo	14
2.3.2 - Programa operacional de solo	19
2.3.2.1 - Tarefas realizadas em solo	19
2.3.2.2 - Organização das interrupções	23
2.3.2.3 - Diagrama de estados do programa operacional de solo	23
2.3.3 - Estados iniciais do programa operacional integrado - POI..	24
2.4 - Eventos principais observados na execução do programa opera cional integrado durante a missão	24
2.5 - Conclusões	27
<u>CAPÍTULO 3 - SISTEMA DE TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE TELECOMANDOS</u> ...	33
3.1 - Introdução	33
3.2 - Operação do sistema	33
3.3 - Conclusões	35
<u>CAPÍTULO 4 - SISTEMA DE ESTABILIZAÇÃO E ORIENTAÇÃO DO TELESCÓPIO..</u>	37

	<u>Pág.</u>
<u>CAPÍTULO 5 - TELEMETRIA DE BORDO</u>	41
5.1 - Introdução	41
5.2 - Características gerais	42
<u>CAPÍTULO 6 - ESTAÇÃO DE TELEMETRIA DE SOLO</u>	43
6.1 - Introdução	43
6.2 - Especificações de telemetria	43
6.3 - Fitas magnéticas	49
6.4 - Ocorrências em voo	50
6.5 - Sugestões para a melhoria do sistema	51
6.6 - Conclusões	51
<u>CAPÍTULO 7 - TRANSMISSOR DE TELEMETRIA EM 240 MHz</u>	53
7.1 - Características principais do transmissor	53
7.2 - Finalidade	53
7.3 - Conclusões	56
<u>CAPÍTULO 8 - RADIOMETRIA DE INFRAVERMELHO (RADIR)</u>	59
<u>CAPÍTULO 9 - EXPERIMENTO FOTOGRÁFICO (SERE)</u>	67
<u>CAPÍTULO 10 - EXPERIMENTO DE RADIAÇÃO NUCLEAR (RANUC)</u>	75
<u>CAPÍTULO 11 - CUSTOS OPERACIONAIS DE LANÇAMENTO</u>	77
<u>CAPÍTULO 12 - TESTES REALIZADOS COM A CARGA ÚTIL E DE SERVIÇO E COM</u> <u>PORTAMENTO DURANTE O VÔO</u>	79
12.1 - Descrição dos testes	79
12.2 - Análise do ruído nos canais telemétricos	87
12.3 - Comportamento em voo	88
12.4 - Conclusões	91
<u>CAPÍTULO 13 - DETETOR DE PULSOS DE RADIAÇÃO</u>	93
<u>CAPÍTULO 14 - CONCLUSÃO</u>	95

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 - Configuração geral do sistema bordo/solo	8
2.2 - Fotografia do computador de bordo ASTRO B/2	9
2.3 - Arquitetura do computador de bordo ASTRO B/2	9
2.4 - Unidade de distribuição de sinais elétricos	10
2.5 - Detalhe das conexões do computador ASTRO B/2 aos outros sub sistemas de bordo	11
2.6 - Arquitetura do computador ASTRO S/1	12
2.7 - Fotografia da configuração da parte de computação do segmen to solo	13
2.8 - O computador ASTRO S/1 no segmento solo da missão PEROBA-I.	14
2.9 - Estrutura da unidade de controle de estado/numérico	16
2.10 - Diagrama de estados do programa operacional de bordo	18
2.11 - Diagrama de estados do programa operacional do computador S/1	24
3.1 - Sistema de telecomunicações de telecomunicações de teleco mando	34
4.1 - Interface eletromecânica entre a saída do computador de bor do e o controle de referência	38
4.2 - Esquema da malha de controle de elevação	39
4.3 - Amplificador diferencial	39
5.1 - Diagrama de blocos TM/bordo	41
6.1 - Configuração da estação principal (Missão PEROBA-I)	44
6.2 - Configuração para teste de 240 MHz	45
7.1 - Esquema da montagem de vôo	53
7.2 - Transmissor usado no vôo	54
7.3 - Transmissor usado no vôo	56
8.1 - Diagrama esquemático da óptica do telescópio	60
8.2 - Esquema da eletrônica do sistema	60
8.3 - Registro dos dados obtidos de parte do vôo	62
9.1 - Trajetória geográfica provável do balão na Missão PEROBA-I.	70
9.2 - Fotografia típica do solo, tomada pela carga útil do balão na Missão PEROBA-I.....	71

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
6.1 - Especificações gerais de telemetria	45
6.2 - Especificações de telemetria VHF - 231 MHz	46
6.3 - Gravações de fita magnética - principal	46
6.4 - Especificações de telemetria 1680 MHz	47
6.5 - Gravações de fita magnética secundária	47
6.6 - Especificações de telemetria VHF - 240 MHz	47
6.7 - Especificações de telemetria	48
6.8 - Fitas gravadas no gravador PR 500	49
6.9 - Fitas gravadas no gravador PR 2230	49
6.10 - Ocorrências	50

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - FINALIDADES

Em meados de 1978, vários programas de pesquisa do INPE iniciaram esforço congregado com a estrutura de apoio técnico desta instituição, no sentido de estenderem as possibilidades de aplicações oferecidas, potencialmente, com o lançamento de balões estratosféricos. Na época, formou-se o consenso entre alguns pesquisadores de que o desenvolvimento das cargas de serviço pelo instituto, para balões, poderiam ser extendidas. Com tal objetivo em mente, duas consequências importantes puderam ser exploradas: 1) maior independência na importação de componentes e 2) maior integração entre a carga útil e de serviço do balão, o que permite a obtenção de um maior número de medidas científicas ou técnicas, em vôo. Desta forma, objetivou-se uma maior padronização na obtenção de medidas e de alternativas de configuração dos subsistemas de bordo. Estas configurações padronizadas poderão vir a ser oferecidas, gradualmente, nas missões futuras. Esforço para oferecer recursos semelhantes no segmento solo das missões de balão também foi iniciado com os objetivos adotados.

Uma outra motivação, não menos importante, que moveu o interesse por este tipo de esforço tecnológico, na época, foi a possibilidade concomitante que se abriu, no sentido de utilizar as missões de balão no teste de recursos tecnológicos a serem empregados na Missão Satélite, proposta pelo INPE à COBAE. O teste gradual de sistemas cada vez mais complexos, que possam validar recursos de bordo e/ou de solo a serem empregados naquela missão, com o recurso de vôo de balões, poderá vir a ser uma forma relativamente econômica de obter uma qualificação, pelo menos parcial, para tais sistemas a serem empregados em satélites.

O vôo com balão é um excelente meio de laboratório no desenvolvimento de sistemas espaciais, descontadas as diferenças ambientais experimentadas por um satélite real sendo colocado em órbita.

Dos propósitos traçados em meados de 1978, e aqui descritos de forma abreviada, constituiu-se a missão denominada Plataformas Experimentais com Rastreo Orientado para Balões-PEROBA.

Este trabalho descreve de forma resumida os recursos empregados e os resultados obtidos com a primeira missão PEROBA, também denominada PEROBA I.

A missão PEROBA I foi realizada em 19 de novembro de 1980. O local de lançamento do balão com a sua carga se deu no Centro de Lançamento de Balões-CLB do INPE, em Cachoeira Paulista. A momento do lançamento se deu às 06:20 h. O tempo de duração da missão PEROBA I foi de 7 horas e 40 minutos, aproximadamente. Em torno das 14:00 h, foi observada a queda da carga do balão, com o auxílio de paraquedas, nas proximidades da cidade de Maria da Fé, Estado de Minas Gerais.

A missão PEROBA I teve por finalidade testar vários recursos de serviço de bordo e de solo, em parte significativa, desenvolvidos pelo INPE. Do ponto de vista científico, esta missão contou com três experimentos: 1) sensor de radiação nuclear (RANUC) do tipo γ ; 2) sensor de radiação infravermelha (RADIR); 3) câmara de sensoriamento remoto fotográfico. Dentro dos objetivos técnicos da missão, foram testados os seguintes subsistemas: a) transmissor de telemetria de bordo; b) transmissor e receptor de telecomandos; c) supervisão de bordo; d) estação de telemetria de solo; e) mecanismo e eletrônica de controle de atitude do experimento RADIR; f) moduladores e misturador de subportadoras; g) estrutura mecânica da carga do balão; h) acoplamento mecânico girante carga-balão; i) filtro de antena de estação de solo.

Esta primeira missão permitiu, após extensivos testes de subsistemas e de integração, a obtenção de vários resultados práticos, técnicos e científicos que deverão tornar viáveis novos experimentos em missões futuras do INPE. Os capítulos seguintes substanciam os objetivos alcançados e os recursos utilizados para tanto.

1.2 - EQUIPE PARTICIPANTE DA MISSÃO PEROBA I

. Apoio Técnico:

- Logística: Clóvis Solano Pereira
Inácio Malmonge Martin
- Mecânica: Noboru Sato
- Eletrônica: Satoshi Koskima (PEROBA I)
- Lançamento e Busca: Bernard Roger M. de Sede
Ricardo Niero
Manoel Antonio dos Santos
Benedito Rennô
José Adriano Monte Rezende
Renato Senador (PEROBA I)
- Estação de Telemetria de Solo: Rosemary Schneider
Maria José do Nascimento
Elisete Rinke
José Roberto Chagas
Pedro Rubens A.de Carvalho(DME)
- Acoplamento Mecânico Girante: Noboru Sato
Ricardo Niero
Renato Senador

. Subsistema de supervisão de bordo:

Ricardo de Azevedo Mendes
José Carlos Maldonado
Eduardo Whitaker Bergamini
Fernando Moraes Santos

. Subsistema transmissor/receptor de telecomandos

Patricio-Paul Normandin Sanz
Aydano Barreto Carleial

. Subsistema de telemetria de bordo: Tx/240 MHz

Wilton José Fleming
Carlos Eduardo Santana

. Subsistema de telemetria de bordo: VCO + Misturador + Tx/La Barge

Etienne Schneider
Marcelo Sampaio

. Subsistema de controle de atitude/estabilização

Paulo Donato
Carlos de Oliveira Lino
Estevão Ghizoni Filho (até 04/80)
Cesar Celeste Ghizoni
Antonio Lopes
Mario Baruel
Norma Paiva da Motta

. Subsistema de estrutura da carga/balanceamento

Carlos de Oliveira Lino
Noboru Sato

. Subsistema "RANUC" e interface de telecomando

Renato Senador
Inácio Malmonge Martin
Silvia Regina Darrigo
Edson Rodrigues da Silva
Arnaldo Maluta
Samir Gattás

. Subsistema "RADIR"

Amaury Montes
Cesar Celeste Ghizoni
Marcos A. Siqueira
Norma Paiva da Motta
Mario Baruel

. Subsistema de sensoriamento remoto

Carlos Stephen

Rafael A. Correia

Mario Selingardi

CAPÍTULO 2

SUPERVISÃO DE BORDO

2.1 - INTRODUÇÃO

Esse subsistema permite a comunicação protocolar entre dois computadores de bordo e de terra, viabilizando a aquisição, controle, a transmissão e recepção de dados entre as unidades funcionais do sistema terra-bordo, incluindo a transmissão e a recepção de telecomandos.

Um fator pioneiro nessa missão, foi a possibilidade de telecomandar o sistema, através da comunicação entre os dois computadores, um de terra (ASTRO B/1) e outro de bordo (ASTRO B/2), viabilizando assim o controle em tempo real dos subsistemas de bordo.

Ressalta-se aqui a importância da Missão PEROBA-I, pois além do objetivo de aquisição de dados científicos e de informações de estados do sistema, para estudos posteriores, muito mais significativa foi a validação técnica do projeto, que pode servir como base de estudos para projetos mais avançados, envolvendo veículos espaciais.

A Figura 2.1 dá uma idéia desse subsistema.

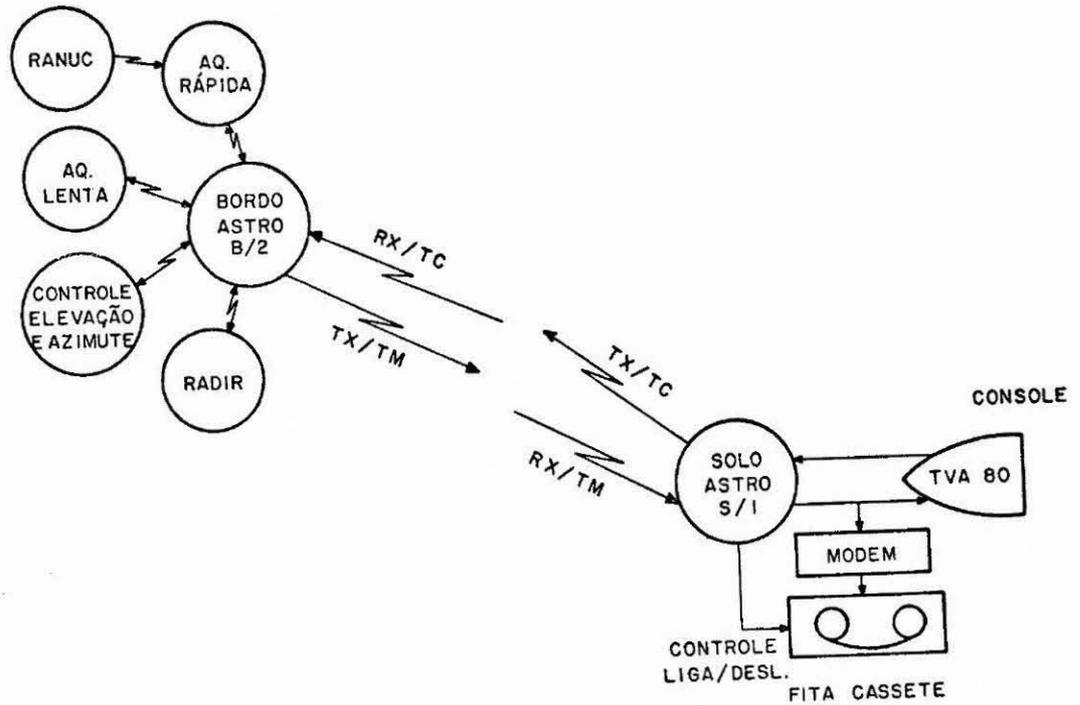


Fig. 2.1 - Configuração geral do sistema bordo/solo.

2.2 - ORGANIZAÇÃO DO "HARDWARE" DO SISTEMA

2.2.1 - COMPUTADOR DE BORDO ASTRO B/2

A fotografia e a arquitetura básica do computador ASTRO B/2, utilizada na missão, PEROBA-I, estão representados nas Figuras 2.2 e 2.3.



Fig. 2.2 - Fotografia do computador de bordo ASTRO B/2.

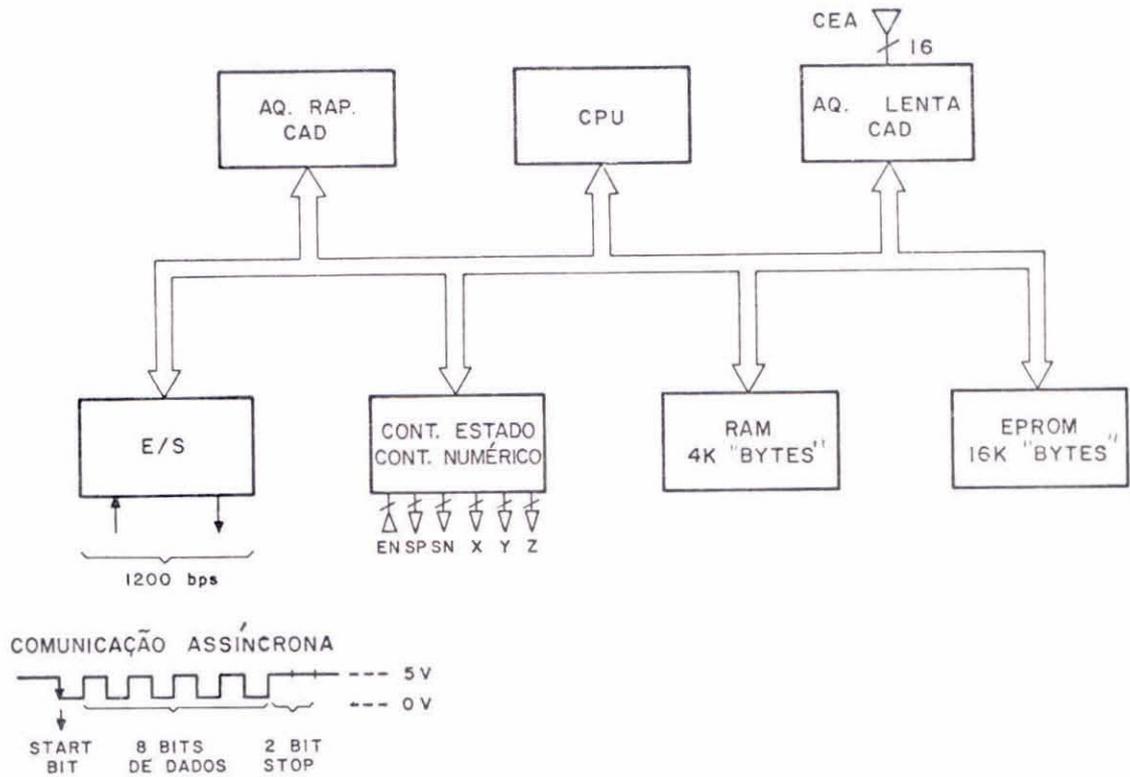


Fig. 2.3 - Arquitetura do computador de bordo ASTRO B/2.

2.2.2 - DESCRIÇÃO DO ACOPLAMENTO ENTRE O COMPUTADOR DE BORDO ASTRO B/2 E OS DEMAIS SUBSISTEMAS

A conexão física entre o computador de bordo ASTRO B/2 e os demais subsistemas a bordo é feita através de uma unidade de distribuição de sinais elétricos como mostrado na Figura 2.4.

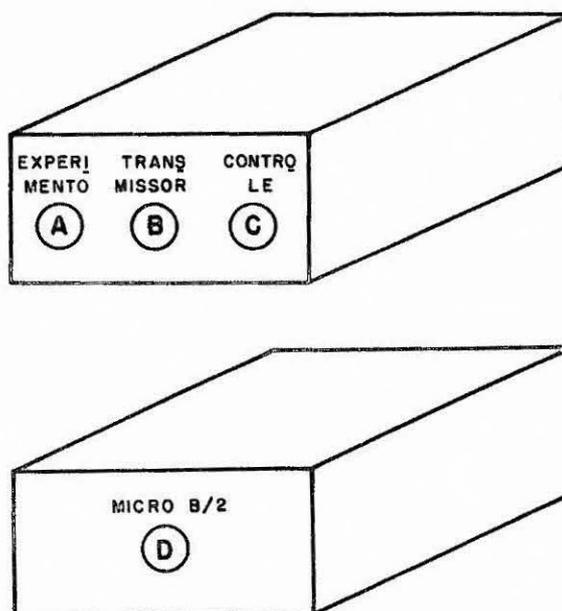


Fig. 2.4 - Unidade de distribuição de sinais elétricos.

O conector A (Experimento) acopla o computador ASTRO B/2 ao receptor de telecomando (Rx/Tc) e do controle de disparo da pirometria para a separação da carga do balão.

O conector B (Transmissor) acopla o computador ASTRO B/2 ao Transmissor de Telemetria (Tx/TM).

O conector C (Controle) acopla o computador de bordo ao circuito de controle de atitude de elevação e de azimute do Telescópio e ao experimento RADIR.

2.2.3 - ORGANIZAÇÃO DOS SUBSISTEMAS DE BORDO COM O COMPUTADOR ASTRO B/2

Na missão PEROBA-I, o computador de bordo foi configurado com os demais subsistemas como demonstra a Figura 2.5.

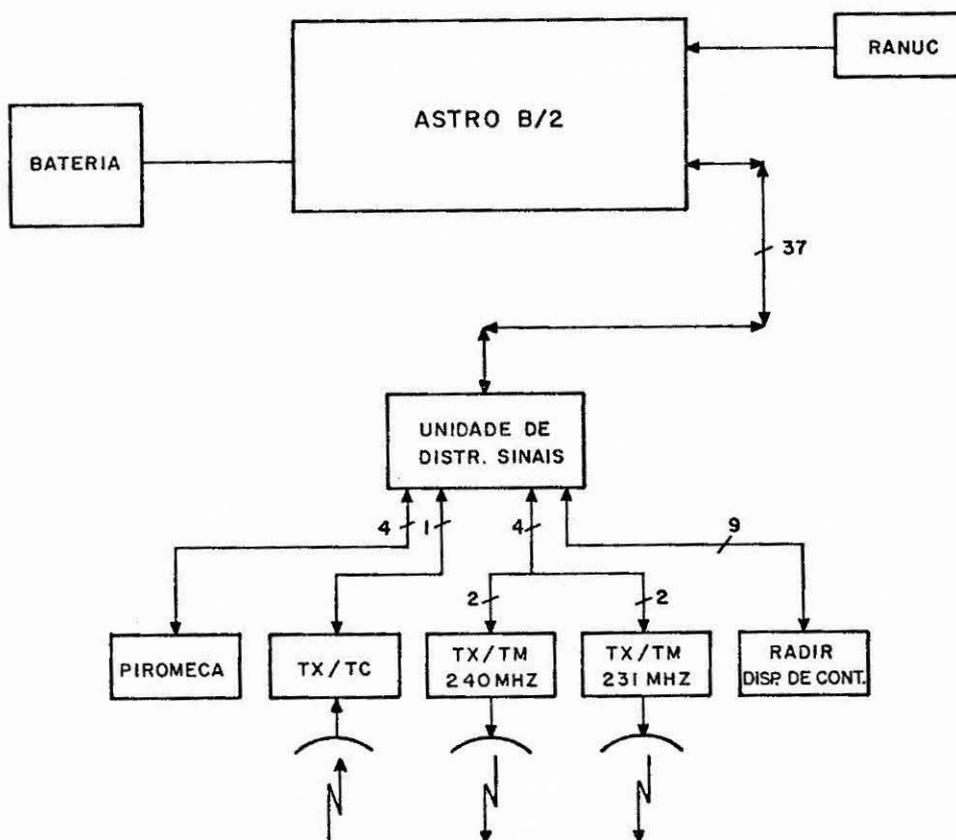


Fig. 2.5 - Detalhe das conexões do computador ASTRO B/2 aos outros subsistemas de bordo.

2.2.4 - COMPUTADOR DE SOLO ASTRO S/1

O segmento solo da "Missão PEROBA-I" teve a sua parte de computação configurada como demonstra a arquitetura descrita pela Figura 2.6.

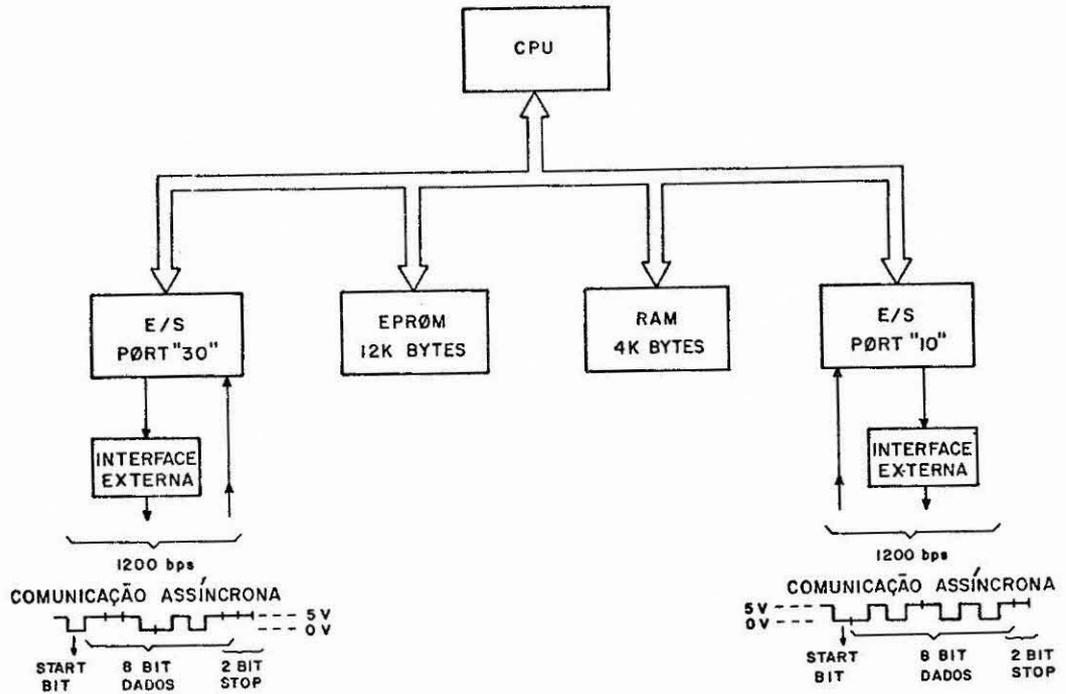


Fig. 2.6 - Arquitetura do computador ASTRO S/1.

A fotografia da configuração da parte de computação do segmento solo se encontra na Figura 2.7.



Fig. 2.7 - Fotografia da configuração da parte de computação do segmento solo.

2.2.5 - CONFIGURAÇÃO DO ASTRO S/1 COM OS SUBSISTEMAS DE TERRA

A organização do computador ASTRO S/1 com os demais sub sistemas do segmento solo, na missão PEROBA-I, está apresentada na Figura 2.8.

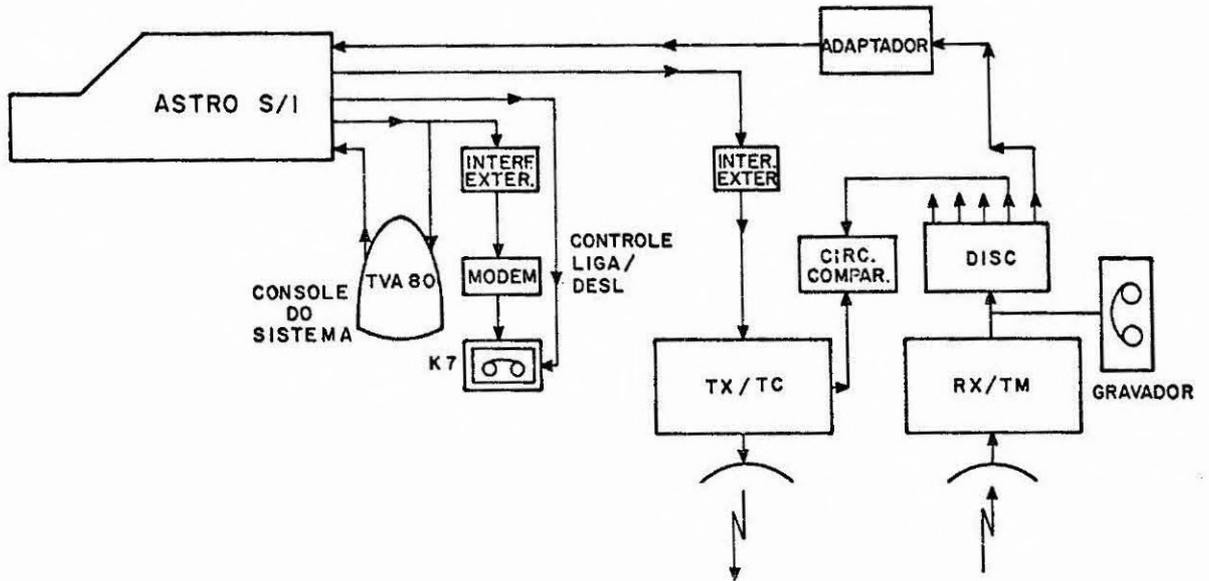


Fig. 2.8 - O computador ASTRO S/I no segmento solo da missão PEROVA-I.

2.3 - ORGANIZAÇÃO DO PROGRAMA OPERACIONAL INTEGRADO - POI

2.3.1 - PROGRAMA OPERACIONAL DE BORDO

O programa operacional de bordo utilizado na missão teve por objetivo executar controle, aquisição e transmissão de dados. Este segmento do programa operacional integrado fica residente no computador ASTRO B/2.

A estrutura deste programa está baseada em técnicas de sistemas operacionais, que lhe dão a capacidade de aceitar telecomandos a partir do computador do centro de controle em terra. A operação entre os dois computadores é interativa, uma vez que o elo de comunicação é fechado pelas respostas aos telecomandos, enviados pela mensagens de telemetria de bordo.

1. Tarefas realizadas a bordo

Na versão atual, o Programa Operacional de Bordo, sob o controle do monitor, executa as seguintes tarefas:

a) Unidade de aquisição rápida do detetor de pico

Este processo adquire o dado e atualiza o acumulador ("Buffer") de aquisição.

Objetivos: Levantamento de histogramas de radiação de raios X, raios γ , etc. Cada histograma é formado por um conjunto de contagens, para cada nível de energia adquirida pelo detetor de pico e convertido para um valor digital.

b) Unidade de aquisição lenta

Faz a aquisição de dados de 16 canais analógicos multiplexados, armazenando-os em acumuladores que compõem o quadro de telemetria.

As entradas analógicas disponíveis da unidade de aquisição lenta foram configuradas como segue, para a Missão PEROBA-I:

- S0(0) - Tensão de referência do motor de elevação
- S1(1) - Tensão de referência do motor de azimute
- S2(2) - Sinal do radiômetro
- S3(3) - Temperatura do transmissor de 240 MHz
- S4(4) - Tensão de referência da piromeca
- S5(5) - Tensão de referência da fonte de -15V
- S6(6) - Fonte de -5V
- S7(7) - Terra
- S8(8) - Fonte de +5V
- S9(9) - Temperatura do VCO do TX 231 MHz
- SA(10) - Tensão de referência de fonte de +15V
- SB(11) - Temperatura da CPU do ASTRO B/2

- SC(12) - Temperatura das fontes do ASTRO B/2
- SD(13) - Temperatura de RAM do ASTRO B/2
- SE(14) - Temperatura da EPROM do ASTRO B/2
- SF(15) - Temperatura ambiente

c) Recepção de telecomando

Possibilita o controle dos subsistemas de bordo através de telecomandos transmitidos sob o controle do computador (ASTRO S/1) do centro de controle em terra.

Os sinais utilizados para controlar os subsistemas de bordo, através do computador (ASTRO B/2) estão localizados na placa de controle estado/numérico, representada na Figura 2.9.

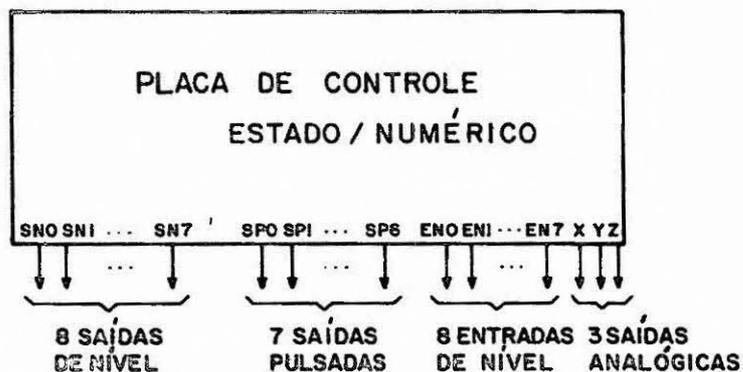


Fig. 2.9 - Estrutura da unidade de controle de estado/numérico.

As saídas de controle foram alocadas de acordo com a relação seguinte:

- SN3 - habilita o controle de disparo da piromeca
- SN4 - habilita o controle de azimute
- SN6 - habilita o controle de elevação
- SN0, SN1, SN2, SN5 - não utilizados

SP1 } utilizados para disparar o dispositivo pirotécnico.
SI2 }

SP0, SP3, SP4, SP5, SP6 - não utilizados

X - controle de azimute

Y - controle de elevação

Z - não utilizado

d) Transmissão de dados e resposta de T.C.

Existem dois acumuladores para aquisição de dados, sendo que o monitor de bordo controla o chaveamento destes dois acumuladores. Vencido o período de aquisição, o bloco adquirido passa a ser transmitido e é então alocado o outro acumulador, para a aquisição no próximo período.

O processo de transmissão pode ser ocupado, sob o controle do monitor de bordo, para transmitir blocos de dados ou para resposta de telecomandos aceitos pelo sistema de bordo.

e) Implementação de um relógio

O "hardware" do sistema fornece uma interrupção periódica, o que possibilita a implementação de um relógio a bordo, cujo conteúdo transmitido juntamente com o bloco de dados, o que possibilita um estudo mais eficaz dos dados recebidos, associando-os ao tempo real de aquisição.

f) Disparo automático do dispositivo pirotécnico

Com a implementação do relógio no computador de bordo, é simulado uma minuteria programável para disparar o dispositivo pirotécnico. O relógio da minuteria é inicializado para um certo número de horas, podendo esse número ser alterado através de telecomando.

2. Organização das interrupções de bordo

Os níveis de interrupção do computador de bordo ASTRO B/2, na missão, foram alocados na forma seguinte:

- Nível 3 - Recepção de TC (RX/TC)
- Nível 2 - Transmissão para o solo (TX/TM)
- Nível 1 - Base de tempo ("Timer")
- Nível 0 - Aquisição rápida de dados

3. Diagrama de estados do programa operacional de bordo

O programa operacional de bordo obedece a um diagrama de estados que está sinteticamente representado pela Figura 2.10.

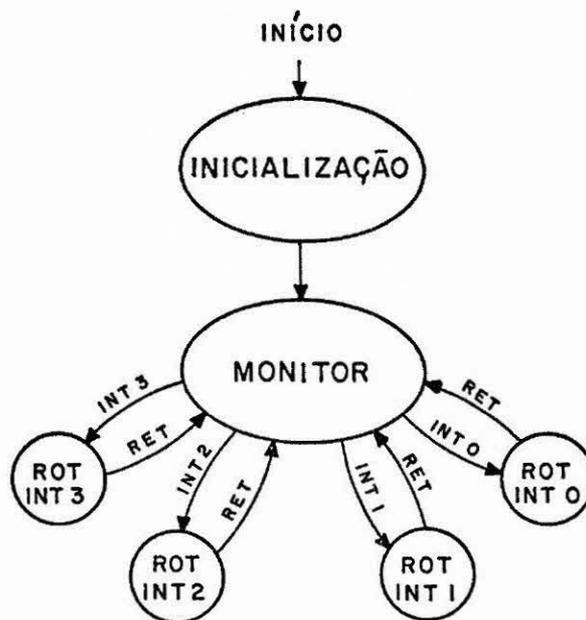


Fig. 2.10 - Diagrama de estados do programa operacional de bordo.

2.3.2 - PROGRAMA OPERACIONAL DE SOLO

O programa operacional de solo realiza a recepção de dados adquiridos em balões estratosféricos ou aviões, possibilitando o envio de telecomandos, requisitados através do painel de controle, console do sistema, constituindo-se assim no centro de controle da missão.

2.3.2.1 - TAREFAS REALIZADAS EM SOLO

Na versão atual, as seguintes funções são executadas pelo programa operacional de solo:

- a) Recepção de blocos de informação em intervalos de tempo pre-determinados.

O programa analisa o bloco de dados recebidos. Se o bloco for correto, ele é formatado e, transmitido para a tela do painel de controle. Se o bloco for incorreto, é solicitada a retransmissão do bloco ao sistema de bordo. Os blocos aceitos são registrados num gravador K.7, para viabilizar estudos posteriores dos dados recebidos.

- b) Transmissão de telecomandos

Após o operador requisitar um telecomando através do painel de controle do sistema, o telecomando é enviado para bordo, de acordo com um protocolo específico.

O formato genérico para se requisitar um T.C. pelo painel de controle é o seguinte:

- | | |
|---|-----------------------------|
| TC ∅ nn ∅ D ₁ D ₁ ∅ D ₂ D ₂ ∅ D ₃ D ₃ * | - TC com 3 dados associados |
| TC ∅ nn ∅ D ₁ D ₁ ∅ D ₂ D ₂ * | - TC com 2 dados associados |
| TC ∅ nn ∅ D ₁ D ₁ * | - TC com 1 dado associado |
| TC ∅ nn* | - TC sem dado associado |

Ex.: TC Ø OA Ø 01* - Solicita alteração de transmissão para se dar de minuto em minuto.

Nota: Ø indica caracter branco (nulo)

Os telecomandos implementados no programa operacional para execução na missão PEROBA-I foram os seguintes:

. Telecomandos com transmissão automática pelo programa operacional de solo

- 01 - Resposta para bloco de dados válidos
- 02 - Resposta para bloco de dados inválidos
- 0B - Aviso de "Reset" de solo
Requisita o "Reset" de bordo
- 0C - Reconhecimento de "Reset" de bordo
Requisita o "Reset" de solo

Obs.: O Operador não solicita manualmente esses telecomandos.

. Telecomandos solicitáveis pelo operador de controle

- 03 - Ordem de execução

Após já ter aceito um telecomando específico, o sistema de bordo espera que a ordem de execução seja enviada. Será executada o último T.C. específico enviado. A execução se dá somente uma vez.

- 04 - Chaveamento de fonte

Liga/desliga a fonte de alimentação do transmissor.

- 05 - Disparo do dispositivo pirotécnico

Uma vez enviado esse T.C. e a ordem de execução, a carga será separada imediatamente.

06 - Alteração do tempo de disparo do dispositivo pirotécnico
TC Ø 06 Ø HH*

Ex.: HH = 08, significa que após 8 horas do início de operação, a carga será separada.

07 - Controle de azimute TC Ø 07 Ø PP*

Onde PP significa a posição pretendida e é uma medida que tem correspondência na curva de calibração de azimute.

08 - Controle de elevação TC Ø 08 Ø PP*

Onde PP significa a posição pretendida de elevação do telescópio e que também tem correspondência unívoca na curva de calibração de elevação.

09 - Telecomando de teste TC Ø 09 Ø DD*

Este telecomando envia uma ordem ao computador de bordo B/2 para que este carregue a área de aquisição de dados com o dado recebido transmitindo o bloco assim formado para a terra, juntamente com a aquisição lenta de dados dos sensores e com hora dada pelo relógio de bordo.

0A - Alteração do período entre transmissões dos blocos de dados
TC Ø 0A Ø M₁M₁*

M₁M₁ define o novo período de transmissão

0D - Fechamento do elo e 0E abertura do elo

Existem dois modos de operação: elo aberto e elo fechado. Elo fechado ou aberto é indicado no sensor S9.

S9 = * D₁D₁D₁ - indica elo aberto

S9 = Ø D₁D₁D₁ - indica elo fechado

Quando o sistema estiver em elo aberto, o bloco de dados é transmitido e em seguida liberado para aquisição. Se o sistema estiver em elo fechado o bloco só é liberado após receber um ACK de validação do computador de solo. Caso não seja recebido ACK de validação dentro de um intervalo de tempo estabelecido, o monitor de bordo provoca a retransmissão do bloco de dados. Esses dois modos de operação possibilitam desligar o TX/TC, uma vez que este perde potência quando ligado por um período maior que 20 min. Para tanto, basta abrir o elo. Deve-se ressaltar que em elo aberto, corre-se o risco de perda de blocos de dados devido a erros de transmissão, pois o bloco de dados é transmitido somente uma vez. Os telecomandos OD e OE não necessitam de ordem de execução.

c) Recepção de ACK de telecomando válido/inválido

Recebido um telecomando pelo sistema de bordo, ele transmite os seguintes blocos para a terra, com as mesmas características de formato de um bloco TC:

- 01 - ACK de TC válido
- 02 - ACK de TC inválido

Quando o sistema de bordo é reinicializado (executa "Reset"), ele envia um bloco de dados para o solo, requisitando a reinicialização ("Reset") de solo.

- 04 - Requisita Reset de solo - Recebida uma requisição de reinicialização ("Reset") de solo, ele transmite um ACK e se reinicializa.

- 03 - ACK de reinicialização de solo.

d) Controle do painel de comando

Tanto a composição da mensagem na tela do painel de comando como o processo de interação do sistema operacional, assim como as re

quisições feitas pelo operador, são controladas e habilitadas pelo moni
tor de solo.

e) Controle de Temporização ("TIME OUT")

O "hardware" do sistema de solo fornece uma interrupção
periódica, possibilitando assim o controle das variáveis de estado do
sistema.

2.3.2.2 - ORGANIZAÇÃO DAS INTERRUPÇÕES

Os níveis de interrupção do computador de solo ASTRO S/1,
na missão, foram alocados na forma seguinte:

Nível 3 - Recepção do teclado do painel de comando (Requisição de
T.C.) Transmissão para a tela do painel de comando e
gravador K7

Nível 2 - TX/TC (Transmissão de telecomando)

Nível 1 - RX/TM (Recepção de telemetria)

Nível 0 - Base de tempo ("timer")

2.3.2.3 - DIAGRAMA DE ESTADOS DO PROGRAMA OPERACIONAL DE SOLO

O diagrama de estados do programa operacional de solo, re
sidente no computador ASTRO S/1, está resumidamente representado na Fi
gura 2.11.

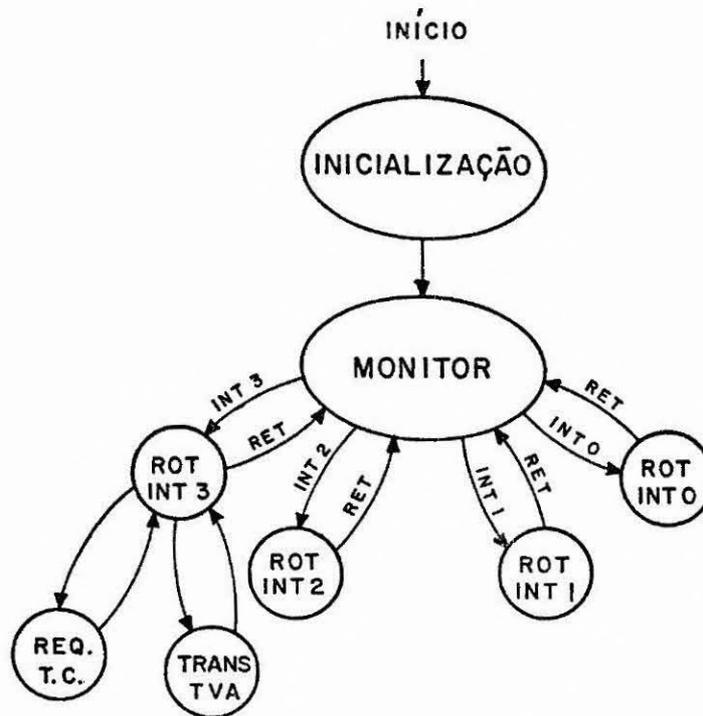


Fig. 2.11 - Diagrama de estados do programa operacional do computador ASTRO S/1

2.3.3 - ESTADOS INICIAIS DO PROGRAMA OPERACIONAL INTEGRADO - POI

- . Elo aberto
- . Período de transmissão: de 2 em 2 minutos
- . Posicionamento de elevação: 0^0
- . Posicionamento de azimute: 0^0
- . Tempo de disparo automático do dispositivo pirotécnico: 6 horas

Obs.: Todos os tempos envolvidos devem ser corrigidos pelo fator 1,25 (na Missão PERBA-I).

2.4 - EVENTOS PRINCIPAIS OBSERVADOS NA EXECUÇÃO DO PROGRAMA OPERACIONAL INTEGRADO DURANTE A MISSÃO

Data: 09.11.80

Horário de "Reset" do computador ASTRO B/2: 05h 40 min.

Horário de Lançamento: 6h 30 min.

Horário do 1º bloco de dados aceito pelo ASTRO S/1: 6h 40 min.

Horário do último bloco de dados recebidos: 14h 16 min.

Horário de disparo da carga: 13h 53 min.

Durante a operação, foram validados todos os telecomandos disponíveis:

- . A alteração do período de aquisição foi bastante útil, pois foi possível observar que quando a taxa de aquisição de dados diminuía, tornava-se interessante aumentar o período de aquisição, obtendo-se uma quantidade de histogramas mais adequado para análise científica posterior.
- . O período de transmissão de blocos de dados foi alterado várias vezes. Foram comandados intervalos de: 1 em 1 min., 2 em 2 min. e 5 em 5 min.
- . O controle de elevação e de azimute do sistema de atitude funcionou dentro das expectativas, com implicação direta nos dados obtidos com o experimento RADIR.
- . No final da missão, o telescópio foi colocado, por telecomando na posição 90^0 , evitando-se assim possíveis danos na carga, quando do seu impacto no solo.
- . O telecomando de teste foi utilizado e confirmada a expectativa de maior confiabilidade nos dados transmitidos para o solo.
- . O tempo de disparo automático do dispositivo pirotécnico foi alterado de 06 para 08 horas, mostrando assim a versatilidade de opções sobre a duração da missão com esse sistema.
- . Os telecomandos para abrir e fechar elo de comunicação operacional foram de grande importância nesta operação, visto que possibilitavam desligar o TX/TC, permitindo assim um maior alcance.
- . O telecomando para disparar a carga foi acionado com sucesso às 13h e 52 min.

Após o lançamento do balão, foi elaborado um programa no minicomputador HP 21MX para a recuperação dos dados gravados no K7, que foram, dessa forma, impressos no formato original dos blocos de telemetria, enviados em tempo real, durante a missão.

Os quadros recuperados foram compilados e cópias foram enviadas para os cientistas envolvidos em dois experimentos científicos (RADIR e RANUC).

A seguir mostram-se alguns blocos de mensagem de telemetria, adquiridos nessa missão.

HORA BASE: 5h 40 min

FATOR DE CORREÇÃO PARA OS HORÁRIOS DOS BLOCOS: Multiplicar por 1,25

SIGNIFICADO DAS VARIÁVEIS:

H = hora

S = segundo

M = minuto

P = perda (em Hexadecimal)

HISTOGRAMA DE NÍVEIS DE ENERGIA DE RADIAÇÃO GAMA (RANUC)

S0 = Tensão de referência do motor de elevação

S1 = Tensão de referência do motor de azimute

S2 = Radiômetro

S3 = Temperatura do TX/TM de 240 MHz

S4 = Tensão de referência de piromeca

S5 = Referência da fonte de -15V do ASTRO S/2

S6 = Fonte de -5V do ASTRO S/2

S7 = Terra

S8 = Fonte de +5V do ASTRO S/2

S9 = Temperatura do TX/TM de 231 MHz

SA = Referência da fonte de +15V do ASTRO B/2

SB = Temperatura da CPU do ASTRO B/2

SC = Temperatura das fontes do ASTRO B/2

SD = Temperatura da RAM do ASTRO B/2

SE = Temperatura da EPROM do ASTRO B/2

SF = Temperatura AMBIENTE

2.5 - CONCLUSÕES

A missão PEROBA-I, além de validar tecnicamente o projeto do sistema, possibilitou ressaltar a necessidade de implementação de certas sofisticações no projeto, as quais não foram implementadas nessa missão por falta de tempo, como por exemplo o envio de quadros de dados de serviço, dissociado do quadro de dados científicos. Os dados de serviço compõe-se de variáveis de estado, sensores, contagem de número de telecomandos aceitos, último telecomando executado, próximo T.C. a ser executado, etc. Este tipo de recurso permitiria uma melhor análise de desempenho do sistema de computação e dos subsistemas da missão.

De um modo geral, o desempenho do sistema de computação foi satisfatório, tendo sido, neste aspecto, atingidos os objetivos da missão.

H =00 M=48 S=00 P=E59

0000 0000 0000 0000 0021 0458 9999 4388 1062 0528 0344 0206 0102 0032 0028 0025
0016 0020 0014 0014 0015 0008 0011 0009 0022 0013 0009 0004 0012 0015 0008 0008
0011 0006 0007 0003 0005 0009 0004 0008 0009 0007 0001 0007 0002 0003 0003 0004
0005 0004 0003 0005 0005 0001 0002 0002 0002 0006 0001 0001 0002 0003 0001 0005
0005 0003 0004 0002 0002 0002 0003 0000 0004 0003 0001 0002 0003 0005 0003 0005
0001 0002 0002 0003 0001 0002 0003 0000 0002 0006 0002 0004 0001 0004 0001 0001
0002 0001 0000 0001 0002 0002 0002 0003 0000 0000 0002 0005 0001 0002 0000 0002
0000 0000 0003 0002 0001 0001 0004 0001 0001 0001 0001 0002 0001 0001 0000 0352
0002 0001 0000 0003 0001 0000 0000 0001 0001 0000 0000 0001 0001 0000 0000 0000
0001 0002 0003 0001 0002 0001 0000 0001 0000 0003 0000 0000 0000 0000 0000 0000
0002 0002 0001 0000 0003 0001 0002 0000 0001 0001 0000 0000 0001 0000 0000 0000
0001 0000 0000 0001 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0002 0002 0003 0000 0001 0001
0000 0000 0000 0000 0000 0001 0001 0000 0000 0000 0000 0000 0002 0001 0000 0000
0000 0000 0002 0001 0001 0000 0000 0003 0000 0000 0000 0000 0000 0001 0000 0000
0000 0001 0002 0002 0001 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0001 0000 0002 0001 0001
0000 0000 0000 0000 0001 0000 0001 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 1790

S0= 001 S1= 000 S2= 011 S3= 086
S4= 109 S5= 048 S6=-123 S7=-008
S8= 127 S9=*025 SA= 053 SB= 064
SC= 062 SD= 066 SE= 064 SF= 027

H =01 M=41 S=27 P=E78

3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232
3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232 3232

S0= 001 S1=-001 S2= 010 S3= 089
S4= 108 S5= 045 S6=-123 S7= 000
S8= 127 S9=*025 SA= 053 SB= 051
SC= 054 SD= 062 SE= 049 SF= 016

Bloco Inválido
Telecomando de Teste

H =06 M=28 S=48 P=AA2

0000 0000 0000 0006 0142 0164 4088 3136 3600 4189 4160 3288 2332 1099 0528 0268
0137 0111 0094 0116 0096 0089 0093 0071 0086 0077 0067 0071 0093 0032 0101 0074
0072 0070 0050 0046 0048 0052 0046 0038 0035 0032 0035 0031 0036 0036 0038 0033
0034 0028 0027 0032 0035 0022 0027 0024 0038 0027 0024 0028 0031 0029 0030 0024
0031 0027 0026 0019 0021 0024 0030 0029 0019 0018 0021 0023 0029 0026 0030 0016
0027 0023 0022 0018 0019 0012 0017 0016 0021 0014 0013 0014 0021 0018 0012 0011
0016 0021 0016 0013 0012 0021 0011 0013 0014 0008 0008 0011 0015 0016 0015 0014
0012 0008 0013 0004 0009 0008 0013 0009 0009 0006 0008 0008 0008 0006 0011 0007
0013 0005 0014 0005 0011 0012 0010 0004 0006 0011 0006 0012 0009 0011 0012 0014
0010 0009 0004 0004 0007 0009 0009 0010 0010 0010 0010 0004 0007 0012 0007 0011
0011 0006 0008 0004 0008 0007 0009 0004 0002 0005 0009 0008 0007 0008 0010 0008
0004 0005 0008 0005 0006 0008 0009 0006 0006 0008 0004 0010 0007 0008 0006 0003
0011 0004 0008 0007 0003 0009 0008 0008 0006 0011 0006 0007 0005 0006 0004 0009
0007 0009 0006 0007 0008 0002 0006 0007 0006 0003 0004 0008 0004 0006 0005 0002
0008 0005 0006 0004 0005 0003 0007 0006 0004 0003 0007 0005 0006 0006 0005 0002
0009 0002 0012 0007 0007 0004 0002 0002 0010 0007 0002 0006 0005 0003 0005 9999

S0= 002 S1=-080 S2= 007 S3= 096

S4= 109 S5= 049 S6=-124 S7= 000

S8= 124 S9=*022 SA= 050 SB= 065

SC= 065 SD= 071 SE= 062 SF= 066

H =06 M=37 S=00 P=57C

0000 0000 0001 0089 0277 1500 3112 1293 1055 0760 0741 0592 0658 0483 0466 0351
0376 0331 0296 0322 0308 0261 0234 0240 0257 0196 0186 0171 0154 0138 0113 0081
0137 0076 0074 0072 0069 0042 0055 0032 0049 0043 0040 0041 0037 0045 0046 0035
0046 0031 0040 0042 0030 0033 0029 0035 0027 0029 0045 0024 0031 0030 0031 0029
0019 0033 0030 0024 0031 0032 0023 0027 0036 0036 0020 0032 0028 0011 0022 0018
0024 0027 0021 0022 0019 0014 0033 0014 0022 0030 0019 0015 0024 0014 0022 0022
0020 0020 0012 0015 0017 0017 0011 0009 0022 0015 0015 0018 0012 0012 0012 0018
0008 0012 0020 0013 0012 0009 0011 0012 0013 0018 0005 0018 0008 0012 0012 0245
0020 0012 0014 0012 0007 0007 0010 0013 0010 0016 0015 0007 0007 0013 0010 0005
0011 0010 0016 0016 0009 0009 0008 0011 0011 0011 0009 0007 0009 0011 0008 0008
0013 0008 0011 0013 0013 0011 0016 0008 0006 0013 0009 0009 0018 0008 0011 0006
0012 0001 0012 0013 0008 0007 0008 0006 0013 0014 0009 0010 0013 0010 0011 0008
0012 0010 0010 0009 0013 0014 0013 0021 0013 0007 0012 0007 0009 0006 0014 0009
0010 0013 0011 0008 0010 0018 0013 0010 0011 0014 0010 0014 0009 0005 0013 0016
0014 0010 0007 0019 0010 0008 0008 0010 0023 0016 0012 0011 0017 0014 0014 0005
0015 0008 0014 0015 0024 0011 0021 0014 0017 0023 0023 0014 0018 0018 0012 9999

S0= 000 S1=-080 S2= 003 S3= 096

S4= 072 S5= 048 S6=-124 S7= 000

S8= 122 S9=*017 SA= 050 SB= 061

SC= 064 SD= 068 SE= 060 SF= 002

CAPÍTULO 3

SISTEMA DE TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE TELECOMANDOS

3.1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo analisa o funcionamento da transmissão e da recepção de telecomando (TC) durante o lançamento e o voo da carga útil (científica e tecnológica) da Missão PEROBA-I, levada à altitude de aproximadamente 35 km por um balão estratosférico de 74.000 m³, no dia 19 de novembro de 1980.

3.2 - OPERAÇÃO DO SISTEMA

O transmissor de TC (segmento de terra) foi ligado momentos antes do lançamento do balão, sendo obtida a primeira comunicação cerca de vinte minutos depois. O transmissor ficou localizado na sede do INPE, em São José dos Campos, e o balão foi lançado em Cachoeira Paulista.

De forma geral pode-se dizer que o desempenho do transmissor e do receptor de TC foi bom durante quase a totalidade do voo, havendo uma interrupção de funcionamento do receptor aproximadamente quinze minutos, quando a temperatura da carga útil desceu abaixo de -30°C, de acordo com as informações de telemetria, no trajeto ascendente. Logo depois que a temperatura voltou a subir foi restabelecido o funcionamento normal do receptor de TC, e conseqüentemente do enlace, sem nenhuma interrupção posterior.

É bom assinalar que a interrupção foi devida, provavelmente, à falha do circuito NOR na saída do receptor para o microcomputador. Esta afirmação pode ser feita com base no tipo de sinal de TC rebatido pelo balão, observado com osciloscópio durante o voo. O sinal de RF, funcionou durante todo o tempo que o estágio de potência do transmissor ficou ligado. Os componentes integrados foram do tipo comum, isto é, de

especificação não-militar, pois seriam usados com as baterias alcalinas (temperatura mínima tolerável - 20°C). Isto exige isolamento total tanto das baterias como dos integrados. Porém, as baterias alcalinas foram substituídos pelas de níquel-cádmio quando os circuitos de TC já estavam montados. Assim sendo, os componentes não-militares permaneceram nos circuitos a bordo.

A Figura 3.1 mostra os segmentos de terra e de bordo (transmissor e receptor de TC) com o conversor de pulsos NRZ/bifase de 1200 b/s e as suas ligações com outros equipamentos da missão (microcomputador, interface, detetor de erros, transmissor e receptor de telemetria).

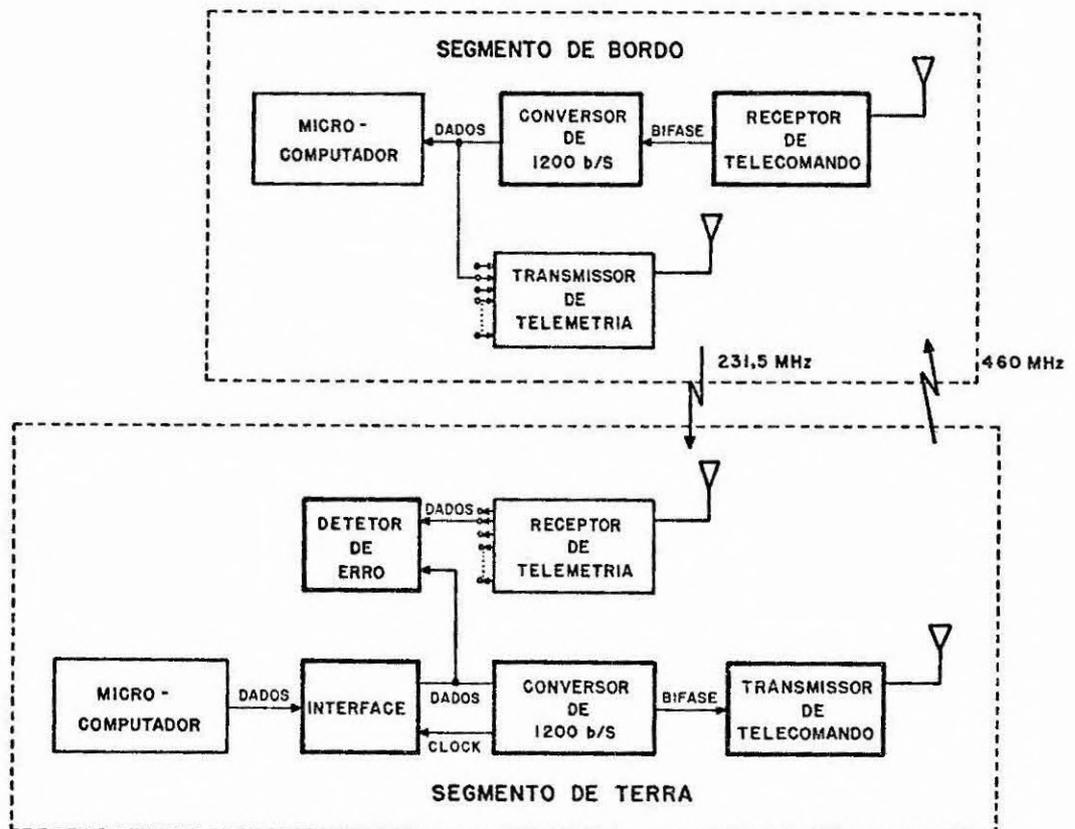


Fig. 3.1 - Sistema de telecomunicações de telecomando.

Pode-se afirmar que foi infrutífera a comparação dos dados de TC recebidos em terra por retorno, com aqueles transmitidos, devido ao ruído do canal de 93 KHz (subportadora da telemetria), sendo impossível obter uma avaliação mais ou menos precisa dos dados transmitidos por esse meio. Isto ficou confirmado pela contagem de erros do detector, mesmo sem terem sido transmitidos dados de TC.

A julgar pelo funcionamento do sistema TC durante o voo, porém, poder-se-ia afirmar que o transmissor e o receptor teriam funcionado além da distância máxima atingida durante o voo (aproximadamente 200 km de São José dos Campos). A título de informação, quando o último telecomando foi transmitido (ordem de desligar o balão da estrutura), o estágio de potência do transmissor estava superaquecido e tinha alcançado sua corrente mínima, o que ocorre depois de um certo tempo que o estágio de potência permanece ligado sem interrupção. É natural supor, então, que o enlace apresentava boa margem de segurança naquela ocasião.

Os circuitos de TC, bem como o funcionamento geral do sistema, estão descritos no Relatório INPE-1830-RPE/194.

3.3 - CONCLUSÕES

Seria muito útil que o sistema de telecomunicações de telecomando para balões contasse com dois canais de volta (de bordo para terra) com uma qualidade razoável: um para os dados de 1200 b/s, e um outro para o sinal de referência indicativo do nível de RF que está chegando ao receptor. Seria interessante ter este sinal de referência de volta também através do microcomputador de bordo. O sinal direto através da telemetria tornaria possível a orientação da antena do transmissor de TC com bastante precisão; o sinal através do microcomputador serviria para se ter uma confirmação da intensidade de sinal que está chegando ao receptor de TC. Com isto pode-se obter um aumento da confiabilidade do sistema como um todo.

Com o fim de obter uma avaliação imediata e futura do funcionamento do sistema de telecomunicações de telecomando, seria muito benéfico ter disponível uma contagem do número de telecomandos transmitidos a bordo, o número de telecomandos recebidos corretamente a bordo e o número de telecomandos com respostas confirmadas em terra, referentes àqueles que podem ser transmitidos e confirmados entre transmissão dos blocos de dados no total do tempo de vôo da missão.

Este recurso permitiria obter assim um maior controle sobre todo o sistema.

CAPÍTULO 4

SISTEMA DE ESTABILIZAÇÃO E ORIENTAÇÃO DO TELESCÓPIO

Para permitir que a missão de radiometria fosse realizada, foi necessário o desenvolvimento de um sistema para estabilização em rotação da plataforma, e um sistema de orientação do eixo do telescópio. A filosofia adotada foi a de um controle clássico com sensores de posição e de velocidades lineares. O controle de elevação foi inteiramente projetado para a missão PEROBA, enquanto para o de azimute (estabilização) utilizou-se parte do conjunto do sistema de estabilização francês, Berenice.

A referência para comando é fornecida pelo computador de bordo, via o sistema de telecomando. O computador inibe toda a malha de controle quer em elevação, quer em azimute, no momento de mudança da referência com a finalidade de evitar oscilações indesejáveis. Após o término deste processo, a malha é ativada imediatamente à operação normal.

Na Figura 4.1 é esquematizada a interface eletromecânica entre a saída do computador de bordo e o controle de referência. Quando a tensão no ponto C iguala-se a V_R (do computador), a nova referência estará ajustada e, após a desibinição da eletrônica, o sistema de controle atuará buscando a posição desejada.

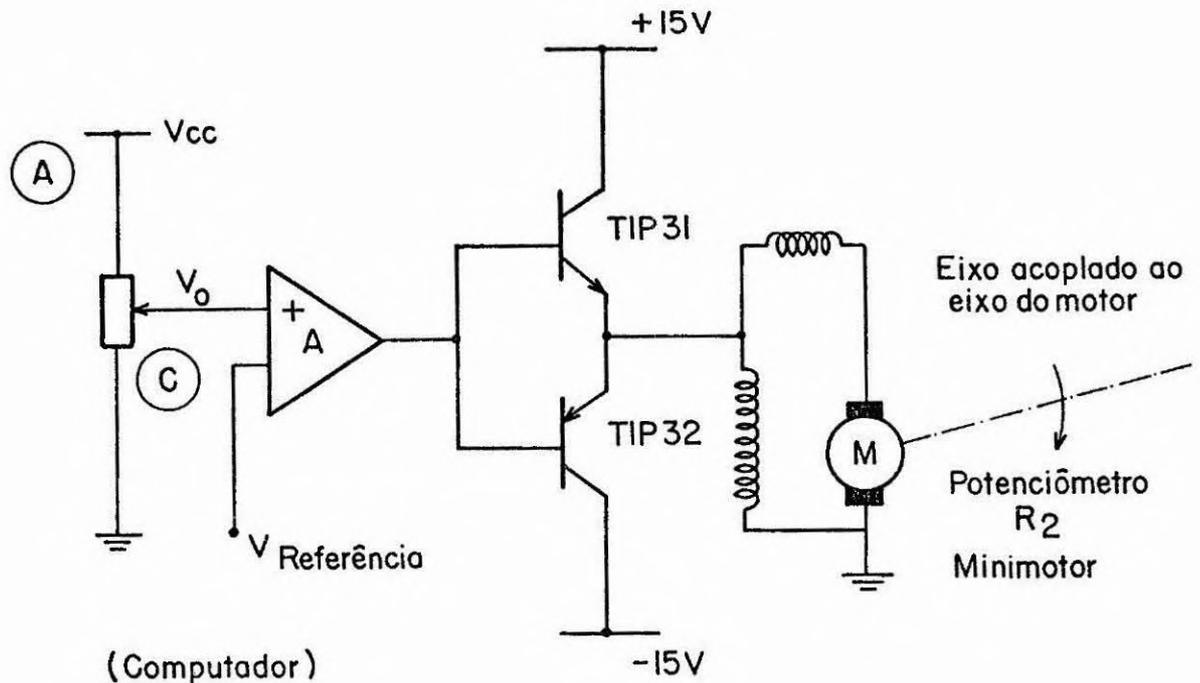


Fig. 4.1 - Interface eletromecânica entre a saída do computador de bordo e o controle de referência.

De maneira geral o esquema da malha de controle de elevação é apresentado na Figura 4.2. Na configuração, para mudança de referência, o ponto A é desligado por um relê, do Helipot R1, e ligado à fonte de +15 volts; e o ponto C é desligado do ponto A e ligado à entrada não-inversora do amplificador diferencial da Figura 4.3. O motor DC gira o telescópio até que a tensão de armadura se anule. O ganho do amplificador é maximizado de modo a obter-se a melhor precisão possível, sem instabilidades. A inclusão de um tacômetro, especialmente construído para as baixas velocidades do servo, permite o uso de um ganho elevado e uma consequente melhor precisão de apontamento. O sistema para orientação em azimute é exatamente idêntico ao de elevação com exceção do motor de potência, que posiciona uma bússola de aviação especialmente adaptada. A bússola, ao ser deslocada de um ângulo determinado, via realimentação R1 de posição e R2 de referência, ativa um sistema óptico, o qual fornece um sinal de erro ao sistema de estabilização (Berenice) giroscópico. O sistema gira duas massas de latão, forçando toda a plataforma

a girar em sentido contrário, de modo a conservar o momento angular to tal. Existe uma única posição de equilíbrio, a qual depende da posição relativa da plataforma em relação ao Norte magnético.

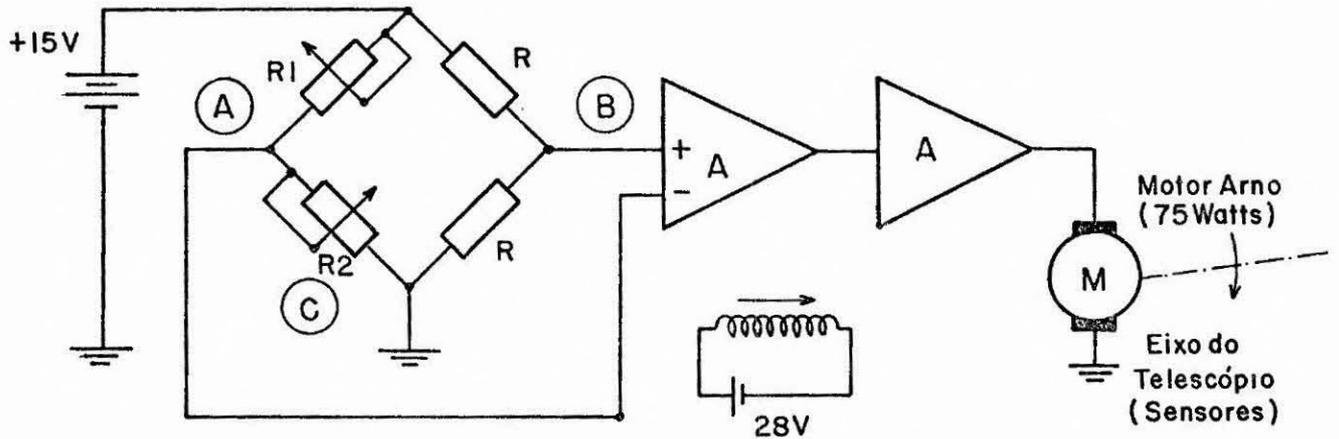


Fig. 4.2 - Esquema da malha de controle de elevação.

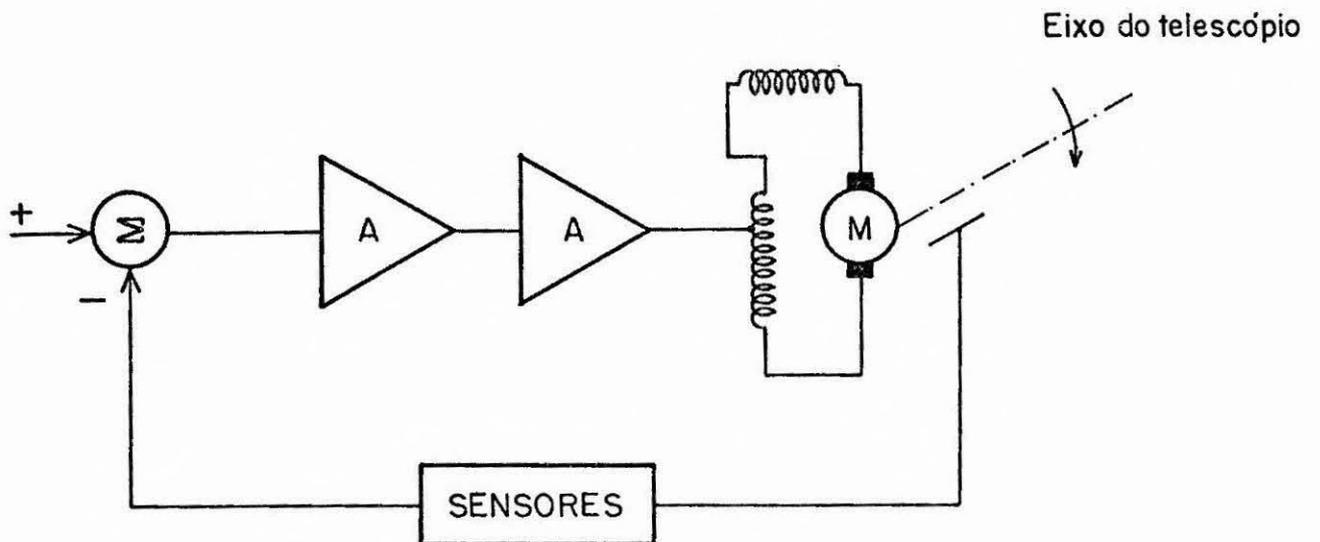


Fig. 4.3 - Amplificador diferencial.

Os resultados obtidos foram bastante bons. Existe o problema do motor de elevação, o qual não correspondeu às especificações de linearidade, além da histerese inerente.

CAPÍTULO 5

TELEMETRIA DE BORDO

5.1 - INTRODUÇÃO

Em sua fase atual, dentro da missão PEROBA-I, dadas as suas características de processamento (computador) de bordo, existe a necessidade de poucos canais de informação dedicados à telemetria de bordo.

O computador de bordo canaliza todas as informações dos vários subsistemas envolvidos em uma só via de telemetria e de telecomando. Assim, além do canal do computador, foi colocado à disposição: um canal para o retorno do telecomando, um canal para o radiômetro de infravermelho, um canal de pressão atmosférica, e um canal que não foi utilizado. O sistema de modulação utilizado foi o FM/FM, cujo diagrama de blocos está na Figura 5.1.

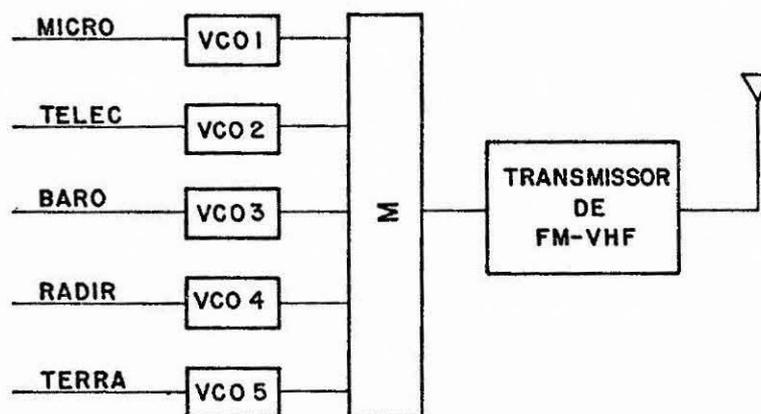


Fig. 5.1 - Diagrama de blocos TM/bordo.

5.2 - CARACTERÍSTICAS GERAIS

Sistema FM/FM

VCO 1	93 KHz	± 7,5%	canal IRIG 19
VCO 2	52,5 KHz	± 7,5%	canal IRIG 17
VCO 3	22,0 KHz	± 7,5%	canal IRIG 14
VCO 4	14,5 KHz	± 7,5%	canal IRIG 13
VCO 5	10,5 KHz	± 7,5%	canal IRIG 12
Potência de transmissão	2,8 Watts		
Modulação	"True" FM		
Tipo de antena	monopolo		
Zin VCO	200 K Ω		
Zout VCO	40 K Ω		
Entrada dos VCOs	0 - 5V		
Alimentação do sistema	28 volts		
Consumo	500 mA		
Bateria	VR - 10		
Barômetro	Sprenger E-066		

CAPÍTULO 6

ESTAÇÃO DE TELEMETRIA DE SOLO

6.1 - INTRODUÇÃO

O vôo da missão PEROBA-I foi também o primeiro teste da infra-estrutura de rastreo telemétrico que está sendo montada pela seção de telemetria do DAT/DLB. Esta infra-estrutura é composta de uma estação principal em São José dos Campos, uma estação secundária em Cachoeira Paulista e uma estação móvel. Para o vôo da missão PEROBA-I, foram utilizadas somente as estações de São José dos Campos e de Cachoeira Paulista.

Devido ao fato de se ter, nesse vôo, muitos subsistemas em seu primeiro teste, procurou-se configurar a estação principal de modo a manter redundância em todos os setores em que isto fosse operacionalmente possível. Esta redundância, além de garantir eventuais falhas, serviu como teste da versatilidade operacional do sistema de rastreo implantado. As Figuras 6.1 e 6.2 são diagramas de blocos da configuração utilizada na missão PEROBA-I.

6.2 - ESPECIFICAÇÕES DE TELEMETRIA

As tabelas 6.1 a 6.10 são um resumo do conjunto de dados que permitem o estabelecimento de uma configuração de rastreo, para atender a uma dada missão. Estes dados são específicos da missão PEROBA-I.

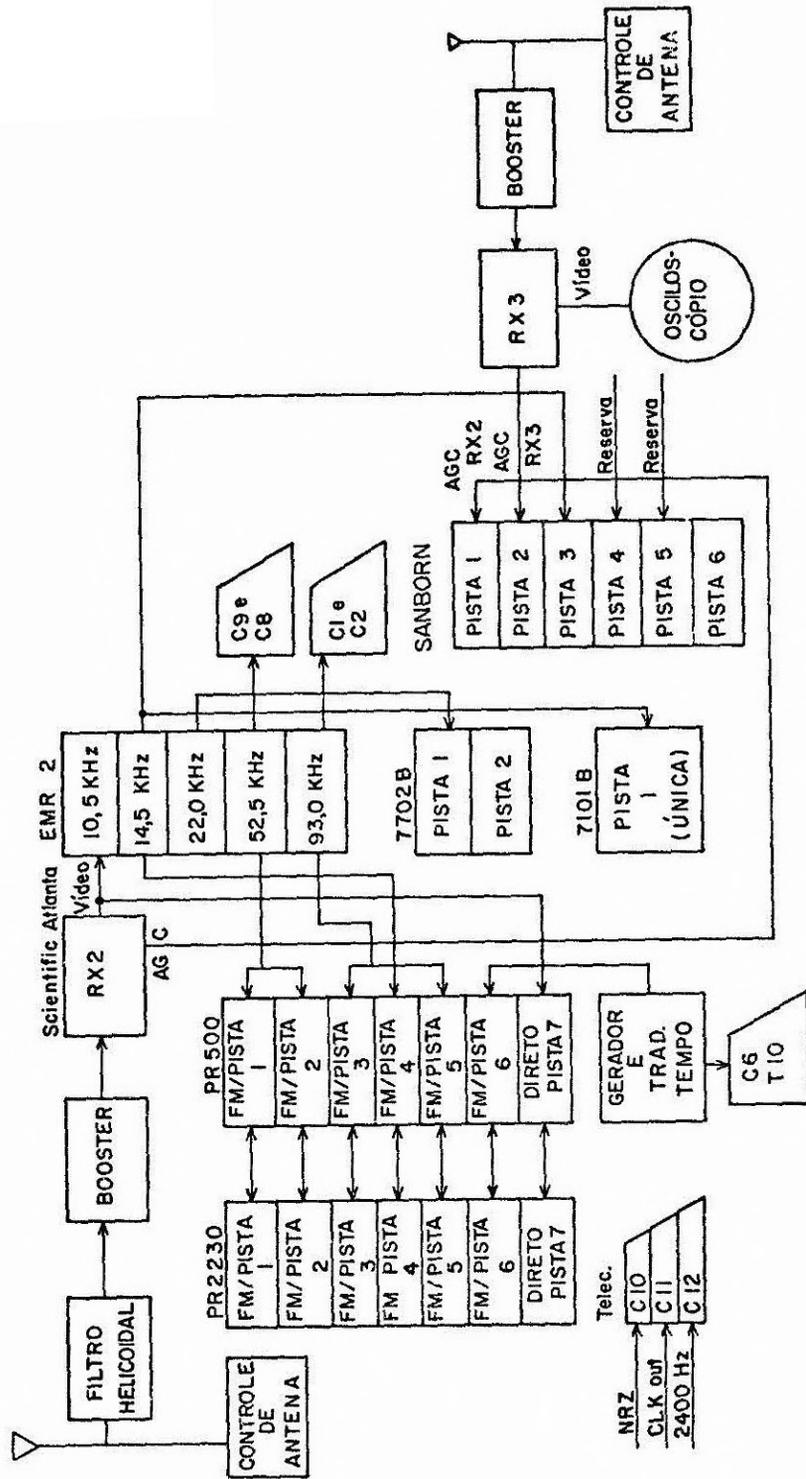


Fig. 6.1 - Configuração da estação principal (Missão PEROBA-I).

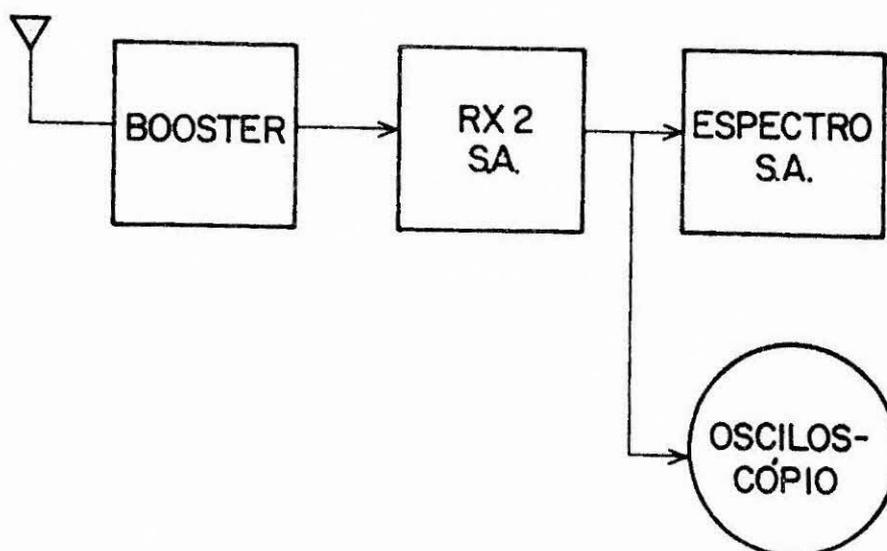


Fig. 6.2 - Configuração para teste de 240 MHz.

TABELA 6.1

ESPECIFICAÇÕES GERAIS DE TELEMETRIA

PORTADORA:

- Frequência: 231 MHz
- Potência: 2.8 Watts
- Desvio: 125 KHz
- Tipo de antena: Monopolo
- Ganho de antena: 1.5 dB
- Modulação: FM

PORTADORA SECUNDÁRIA:

- Frequência: 1680 MHz e 240 MHz
- Potência: .5 Watts e 2 Watts
- Desvio: 160 KHz e 60 KHz
- Tipo de antena: Monopolo e monopolo
- Ganho de antena: 1 dB
- Modulação: FM (ambos) 3K3 Hz e 52.2 KHz

TRAJETÓRIA: 1680 MHz

BARÔMETRO:

- Modelo: Sprenger
- Número 2116
- Data da calibração: a do fabricante

TABELA 6.2

ESPECIFICAÇÕES DE TELEMETRIA VHF - 231 MHz

Subportadoras:

CANAL IRIG	FREQUÊNCIA (KHz)	INFORMAÇÃO
19	93 ± 7.5%	Computador de bordo
17	52.5 ± 7.5%	Telecomando científico
14	22.0 ± 7.5%	Barômetro
13	14.5 ± 7.5%	Radir
12	10.5 ± 7.5%	Canal reservado ao controle de atitude, mas não utilizado, conectado em curto.

TABELA 6.3

GRAVAÇÕES DE FITA MAGNÉTICA - PRINCIPAL

Modelo do gravador: PR 500

Velocidade: 7.5 ips

CANAL	MODO	INFORMAÇÃO
1	FM	Telecomando científico
2	FM	Telecomando científico
3	FM	Computador de bordo
4	FM	Radir
5	FM	Computador de bordo
6	FM	Código de tempo
7	DIRETO	Vídeo

Observações: Gravação sem canal de voz.

TABELA 6.4

ESPECIFICAÇÕES DE TELEMETRIA 1680 MHz

Subportadoras:

CANAL IRIG	FREQUÊNCIA (KHz)	INFORMAÇÃO
Oscilador	3K3Hz	Sem informação

TABELA 6.5

GRAVAÇÕES DE FITA MAGNÉTICA SECUNDÁRIA

Modelo do gravador: PR 2230

Velocidade: 7.5 ips

CANAL	MODO	INFORMAÇÃO
1	FM	Telecomando científico
2	FM	Telecomando científico
3	FM	Computador de bordo
4	FM	Radir
5	FM	Computador de bordo
6	FM	Código de tempo
7	DIRETO	Vídeo

TABELA 6.6

ESPECIFICAÇÕES DE TELEMETRIA VHF - 240 MHz

Subportadora:

CANAL IRIG	FREQUÊNCIA (KHz)	INFORMAÇÃO
D	52.5 ± 15%	Computador de bordo

TABELA 6.7

ESPECIFICAÇÕES DE TELEMETRIA

GRAVAÇÕES DE PAPEL:

1) Gravador térmico, modelo 7702B - HP

Um gravador tipo Sanborn com dois canais para o registro do barômetro e pulsos de um minuto.

Velocidade ajustável

Pista 1: Barômetro Sprenger 2116 (trajetografia)

Pista 2: Reserva

2) Gravador potenciométrico, modelo 7101 B

Velocidade ajustável

Pista 1: Radir

3) Gravador térmico, modelo 850 - HP

Pista 1: AGC RX2

Pista 2: AGC RX3

Pista 3: RADIR

Pista 4: Reserva

Pista 5: Reserva

Pista 6: Inoperante

Velocidade: 15 cm/minuto

Posição do ampliador: 2 Volts/cm

MONITORAÇÃO ESPECIAL:

RADIR: dois gravadores

6.3 - FITAS MAGNÉTICAS

Os dados foram registrados em fitas magnéticas analógicas, cujos números e tempos de utilização se encontram nas Tabelas 6.8 e 6.9.

TABELA 6.8

FITAS GRAVADAS NO GRAVADOR PR 500

FITA Nº	INÍCIO	FINAL
228	6:40:00h	8:17:00h
230	8:20:00h	9:56:00h
232	9:58:46h	11:36:00h
234	11:38:04h	13:15:50h
235	13:19:14h	14:12:00h

Obs.: As fitas se encontram à disposição no arquivo de fitas.

TABELA 6.9

FITAS GRAVADAS NO GRAVADOR PR 2230

FITA Nº	INÍCIO	FINAL
240	6:32:54h	8:07:00h
229	8:14:00h	9:48:00h
231	9:56:00h	11:27:00h
233	11:33:08h	13:06:00h
236	13:12:57h	14:12:00h

Obs.: As fitas se encontram à disposição no arquivo de fitas STE/DAT.

6.4 - OCORRÊNCIAS EM VÔO

Na Tabela 6.10 foram registradas todas as ocorrências que pudessem alterar o recebimento de sinal, ou alterar níveis de referência preestabelecidos. Mesmo as ocorrências consideradas operacionalmente normais foram registradas.

TABELA 6.10

OCORRÊNCIAS

Horário de lançamento: 06:25 local

HORA	EQUIPAMENTO	OCORRIDO	OPER.
06:34h	Rx S.A VHF	Interrupção do sinal de VHF 231 para a verificação do sinal de 240 MHz	
07:30h	Sistema de Rastreo	Otimização final de sintonia	
07:52h	Rx S.A VHF	Interrupção do sinal de VHF de 231 para a verificação do sinal de 240 MHz	
08:06h		Plafond (Teto)	
08:28h	Rx S.A VHF	Recepção do último dado de sinal UHF 1680 MHz	
08:30h	Rx S.A VHF	Perda instantânea de VHF	
08:43h	Antena de VHF	Ajuste da antena de VHF, deteriorização do sinal	
08:50h	Rx S.A VHF	Interrupção do sinal de 231 MHz para a verificação do sinal de 240 MHz	
12:07	Rx S.A VHF	Interrupção do sinal de 231 MHz para a verificação do sinal de 240 MHz	
12:21h	Rx S.A VHF	Fim da recepção do sinal de 240 MHz	
13:00h	Rx S.A VHF	Queda brusca do sinal de 231 MHz, para 8 dB	
13:45h	Rx S.A VHF	Melhora dos sinais de 231 MHz mas inferior ao nível médio indicado durante o vôo	
13:50h	Rx S.A VHF	Sintonia ruim	
13:51	Rx S.A VHF	Sintonia otimizada	
13:52	Telec.Cient.	Acionada a separação	
14:12		Fim do vôo	

Nível máximo de sinal de 231 MHz 30 dB (para o ajuste de sistema)

Desvio indicado: 125 KHz

Todas as ocorrências foram registradas pelo responsável da estação durante o rastreo.

6.5 - SUGESTÕES PARA A MELHORIA DO SISTEMA

- 1) Necessidade de reajustar do sistema de antenas:
no caso de VHF: o reajuste é mecânico
no caso de UFH: o reajuste é de referência geográfica
- 2) Necessidade de fazer um levantamento com o micro das perdas de sinal e verificar se combinam com os eventos anotados durante o voo.
- 3) Necessidade de estudar o problema de nível baixo de sinal em conjunto com o laboratório de microondas que também constatou o problema.
- 4) Necessidade de verificar o problema ocorrido com o transmissor de 1680, para utilizá-lo novamente no próximo voo ou substituí-lo.

6.6 - CONCLUSÕES

Para um primeiro rastreamento, o sistema implantado teve um excelente comportamento e espera-se, para o próximo voo, a correção e melhoria de todos os tópicos discutidos na seção 6.5.

CAPÍTULO 7

TRANSMISSOR DE TELEMETRIA EM 240 MHz

7.1 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO TRANSMISSOR

Frequência: 239,7 MHz
Potência de RF: 0,8W (3W)
Tipo de modulação: FM (TRUE)
Antena transmissora: Monopolo (1,5 dbi)
Alimentação: 28V, 100 mA

7.2 - FINALIDADE

A experiência visava testar a estabilidade de frequência e desvio do sinal modulado, bem como as condições térmicas às quais o transmissor seria submetido durante o voo. O estágio final de potência, que permite uma saída de RF da ordem de 3W, foi desligado por não ter sido realizado o teste de interferência com 3W em 240 MHz. O transmissor ficou, então, operando com 0,8W de potência de RF e a informação a ser transmitida foi sinal do microcomputador. O esquema da montagem é mostrado na Figura 7.1, onde se usou um VCO do CLB para o tratamento inicial dos sinais do microcomputador antes de proceder a modulação FM em 240 MHz. A foto do transmissor é mostrada na Figura 7.2.

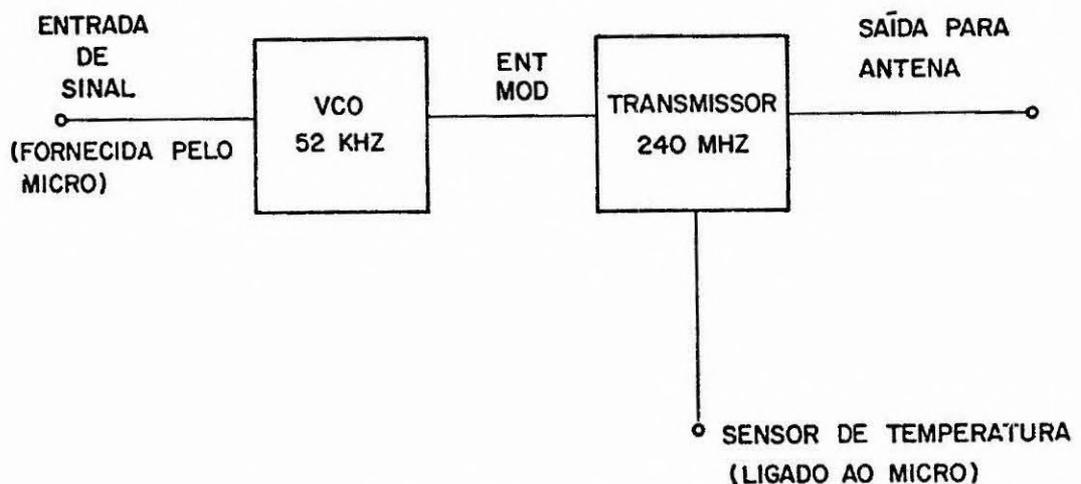


Fig. 7.1 - Esquema da montagem de voo.

Resumo

240 MHz Relação sinal/ruído = 36,5 db

231,5 MHz Relação sinal/ruído = 43 db

A Figura 7.3 fornece os resultados medidos na estação de telemetria do INPE. Para a comparação mostram-se, ainda, os níveis de sinal obtidos com o transmissor de telemetria em 231,5 MHz, usado no vôo. A potência desse transmissor é de 3W.

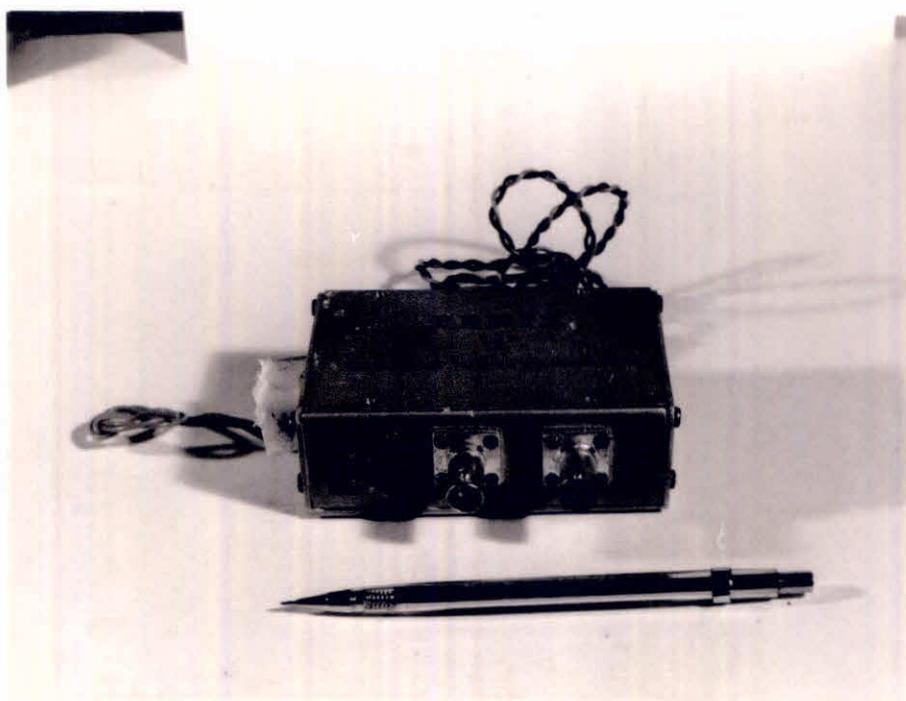


Fig. 7.2 - Transmissor usado no vôo.

7.3 - CONCLUSÕES

A leitura de temperatura fornecida pelo microcomputador indicou variações de 30°C a aproximadamente 55° na caixa do transmissor, mantendo-se o último valor até o final do vôo. Isso se deve, provavelmente, ao forte isolamento térmico resultante das paredes de isopor na caixa de PVC.

A temperatura na caixa do transmissor foi monitorada por um sensor térmico que estava conectado ao microcomputador, permitindo que se acompanhasse, em terra, as variações ocorridas.

Toda a montagem acima foi colocada em uma caixa de PVC, revestida totalmente por paredes de isopor.

Mostra-se também, a seguir, um resumo dos cálculos de "link", com os níveis de relação sinal/ruído esperados.

LINK 240 MHz e 231 MHz

$$P_T = 0,8W \quad F = 240 \text{ MHz} \quad \lambda = 1,25 \text{ m}$$

Perdas no espaço livre, para uma distância de 110 Km

$$L = 121 \text{ db}$$

Ganho do monopolo transmissor: 1,5 dbi

$$\text{ERP} = 30,53 \text{ dbm}$$

Potência disponível na antena receptora

$$\text{Prec.} = \text{ERP} - L = -90,5 \text{ dbm}$$

Temperatura total do sistema, supondo-se um Booster com 4 db NF e um Ganho = 20 db

$$T \cong 1000 \text{ }^{\circ}\text{K} \text{ (ref. Galvão e Fleming (1980))}$$

Potência de ruído na entrada do Booster =

$$N = KTB \cong -114,0 \text{ dbm} \quad (\text{usou-se } B = 300 \text{ KHz})$$

Ganho da antena receptora = 13 dbi (telemetria)

Relação sinal/ruído esperado

$$C = -90,5 + 13 - (-114) = 36,5 \text{ db}$$

Para 231,5 MHz, fazendo-se os cálculos nas mesmas condições tem-se:

$$C = 43 \text{ db}$$

Uma comparação relativa entre os transmissores de 240 MHz e 231,5 MHz mostra que a diferença de sinais recebidos está dentro do esperado pela relação de potências (Figura 7.3).

No final do voo, às 12:10 h, o "link" do microcomputador foir transferido para o transmissor de 240 MHz, funcionando desse modo até às 12:22 h, quando se retornou ao 231,5 MHz, porque a estação de telemetria do CLB indicou nível baixo para recepção. Na estação de telemetria (INPE), a relação sinal/ruído ainda se situação acima de 8 db.

O período de aquisição foi de minuto em minuto, tendo sido recebidos os blocos de

05:10 h

05:11 h

05:12 h

05:13 h

05:14 h

05:17 h

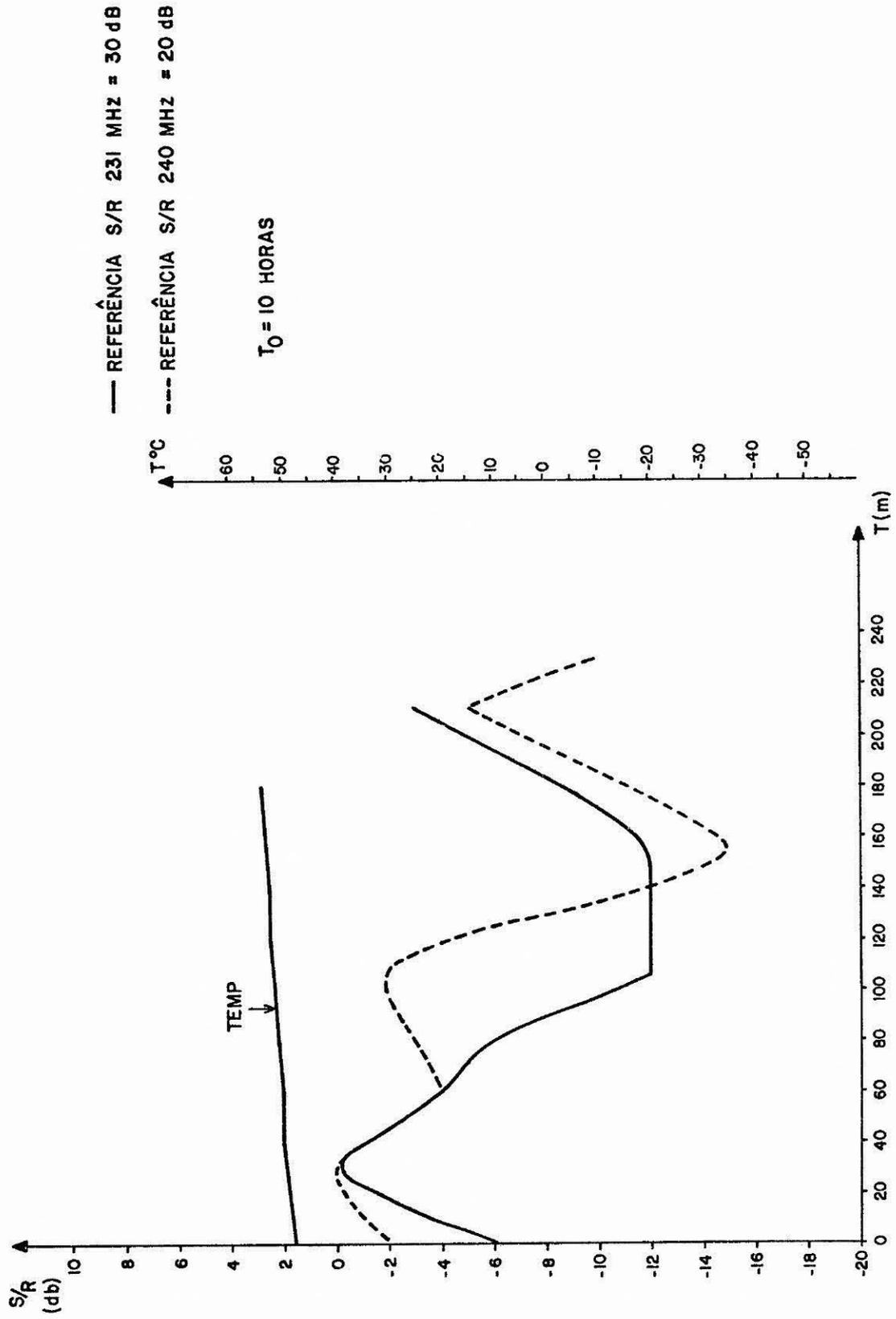


Fig. 7.3 - Transmissor usado no vôo.

CAPÍTULO 8

RADIOMETRIA DE INFRAVERMELHO (RADIR)

O estudo do balanço de energia entre a superfície terrestre e o espaço é de grande importância na determinação da climatologia global. A energia radiante entregue pelo Sol à Terra é processada de vários modos e em parte re-emitida ao espaço.

Para se ter uma idéia da energia emitida ao espaço 30% é emitida na região do visível e 70% na do infravermelho.

A finalidade do experimento de Radiometria é determinar o balanço energético em escala reduzida, a nível de pequenas cidades, localidades e acidentes geográficos. Tais dados são úteis ao entendimento de micro-climas regionais e de grandes concentrações urbanas.

Um radiômetro de alta resolução (1,2m radianos) foi desenvolvido especialmente para a missão. O instrumento utiliza detectores piroelétricos, construídos pela Divisão de Sensores do INPE, e uma óptica telescópica do tipo Cassegrain com distância focal de um metro. O diagrama esquemático da óptica é mostrado na Figura 8.1. A faixa espectral do instrumento é limitada, pela lente de germânio, entre os comprimentos de onda de 1,8 μm a 22 μm .

A detecção é síncrona e, para tal, um ceifador de radiação ("chopper") é montado na entrada do tubo telescópico com a finalidade de fornecer um sinal modulado ao detector. Acoplado ao mesmo sistema ceifador, um acoplador óptico fornece o sinal de sincronismo, para o demodulador síncrono. O esquema da eletrônica é mostrado na Figura 8.2. Na eletrônica, as tecnologias de amplificadores de baixo ruído, os defasadores digitais e os demoduladores síncronos não são usualmente disponíveis e foram desenvolvidos integralmente.

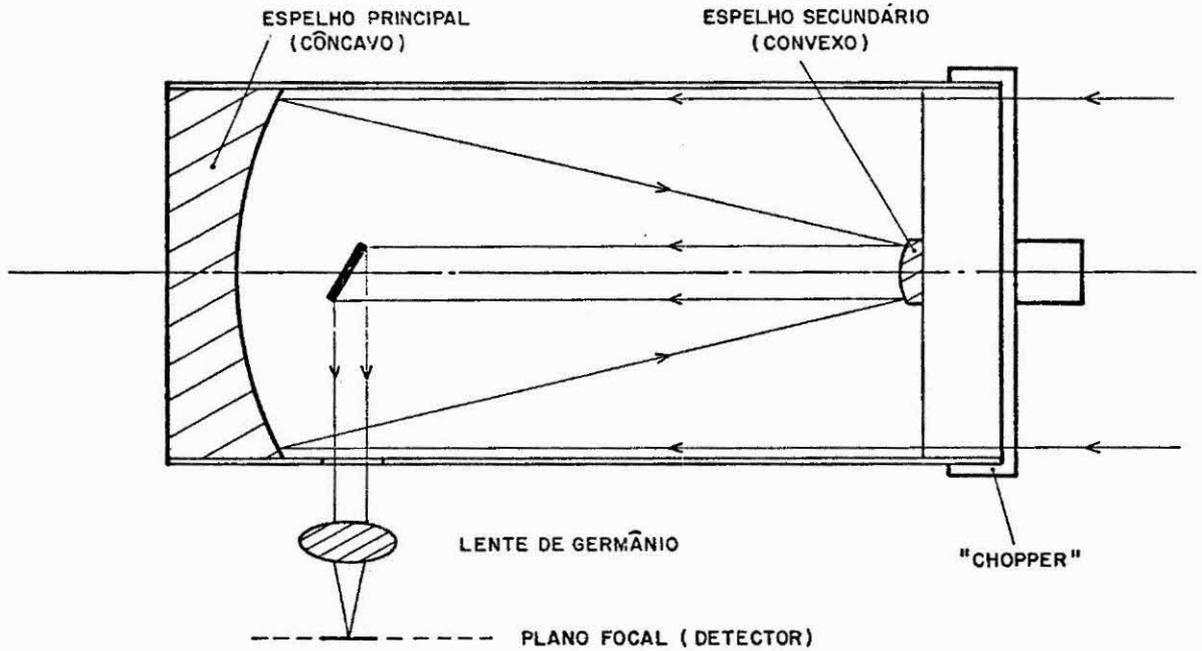


Fig. 8.1 - Diagrama esquemático da óptica do telescópio.

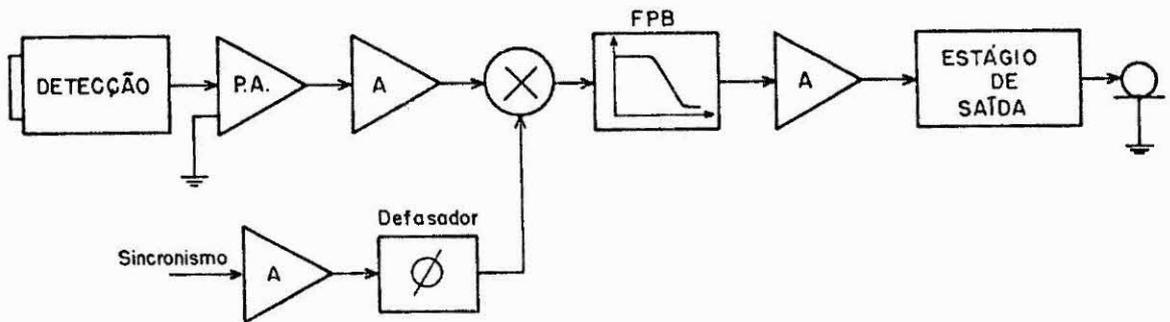


Fig. 8.2 - Esquema da eletrônica do sistema.

O sinal de saída, nível DC, é enviado simultaneamente ao VCO da telemetria e ao computador de bordo para a aquisição amostrada. Ambos os sinais são recebidos e gravados na estação de terra.

O telescópio completo é montado de forma a permitir o movimento de elevação. O sistema de controle de apontamento, descrito no Capítulo 4, permite apontar o telescópio do radiômetro para alvos escolhidos, aumentando desta forma as possibilidades da missão.

O radiômetro é calibrado em terra, com fontes padrão, de modo a tornar possível o conhecimento da potência radiante sendo medida. Na Figura 8.3 é mostrado o registro, em papel, dos dados obtidos de parte do vôo. Pontos característicos são indicados no gráfico. Discussão e interpretação dos resultados da missão são assuntos de um relatório completo, à parte.

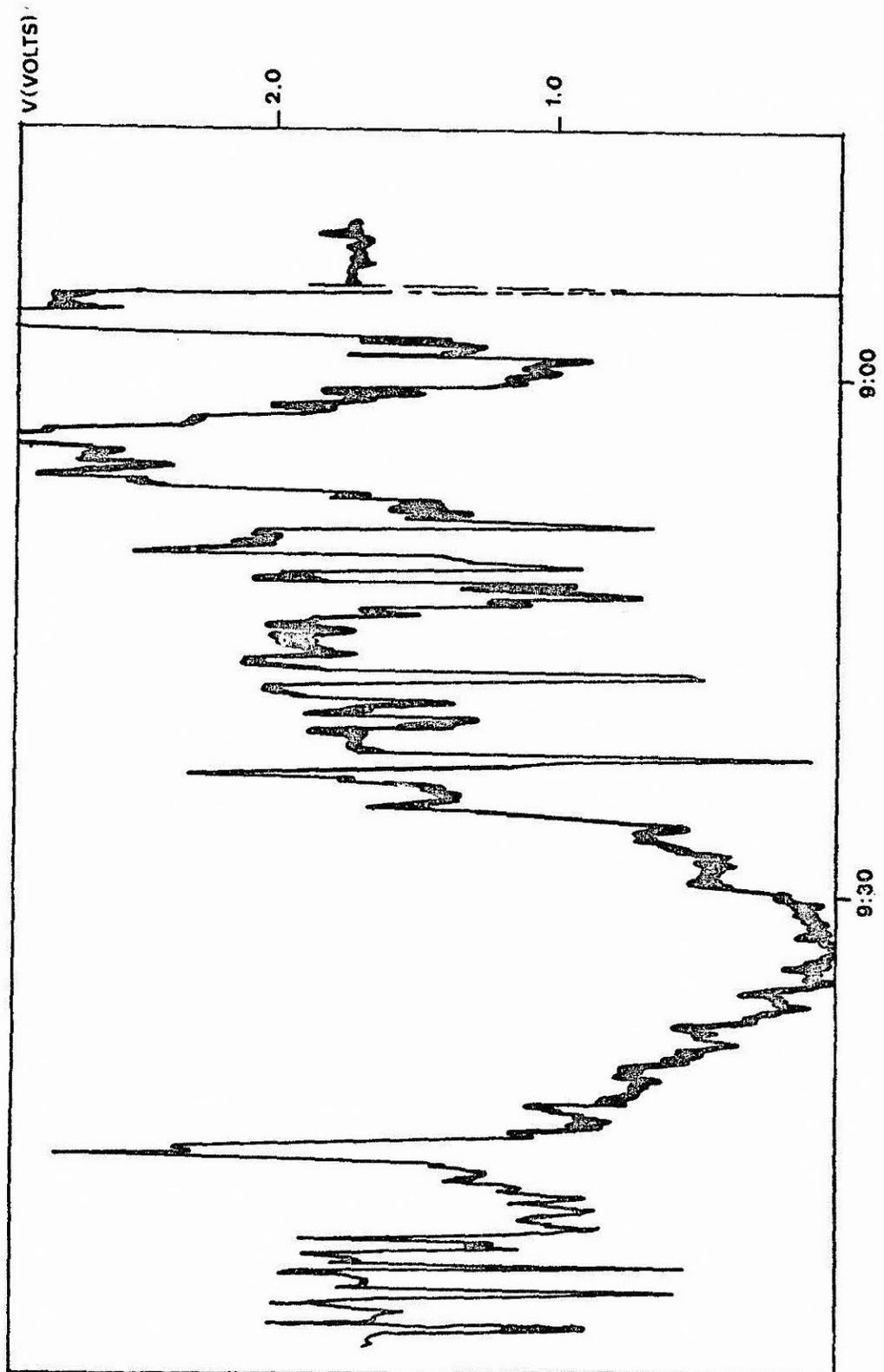


Fig. 8.3 - Registro dos dados obtidos de parte do voo.

(continua)

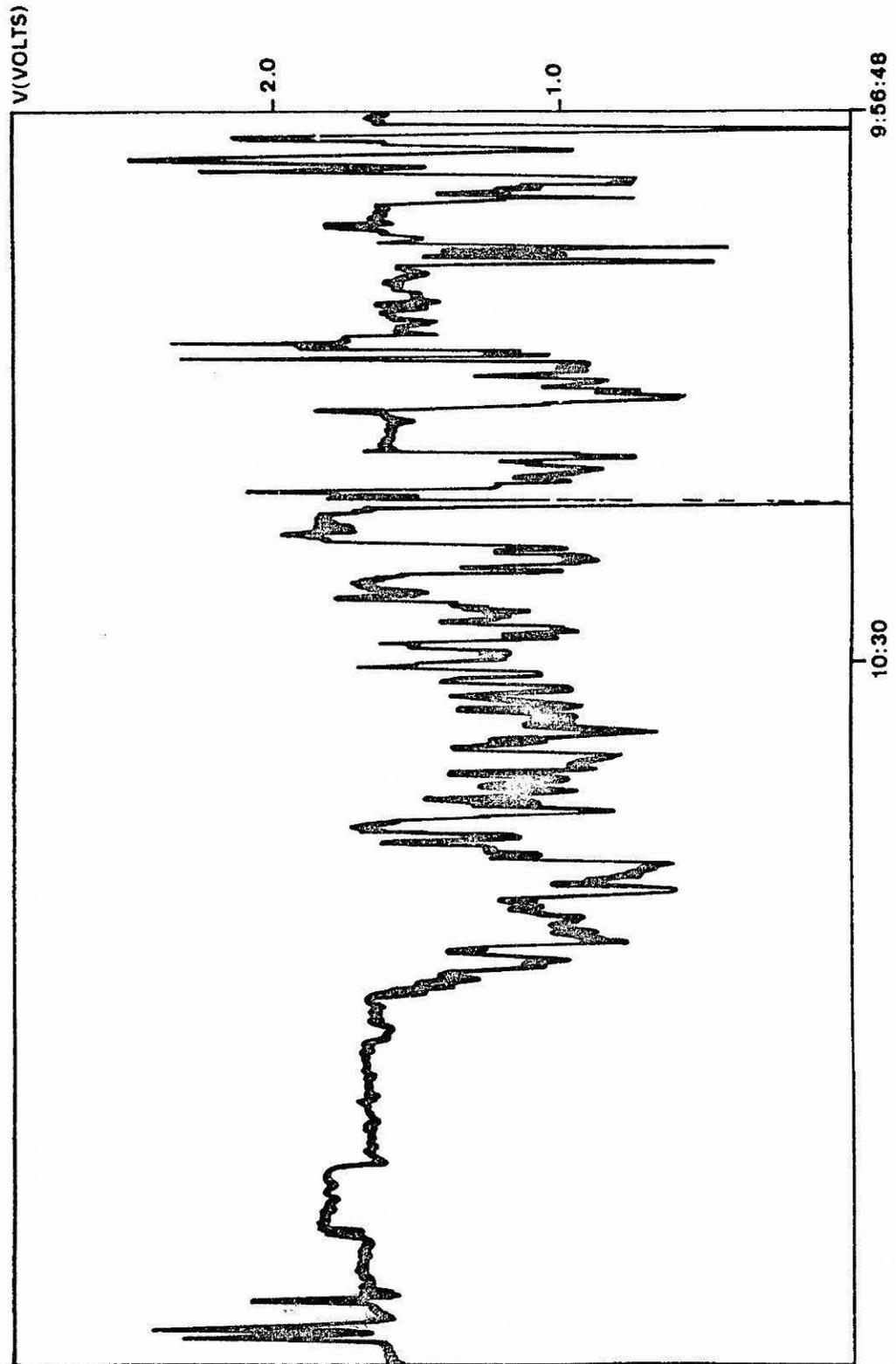


Fig. 8.3 - Continuação

(continua)

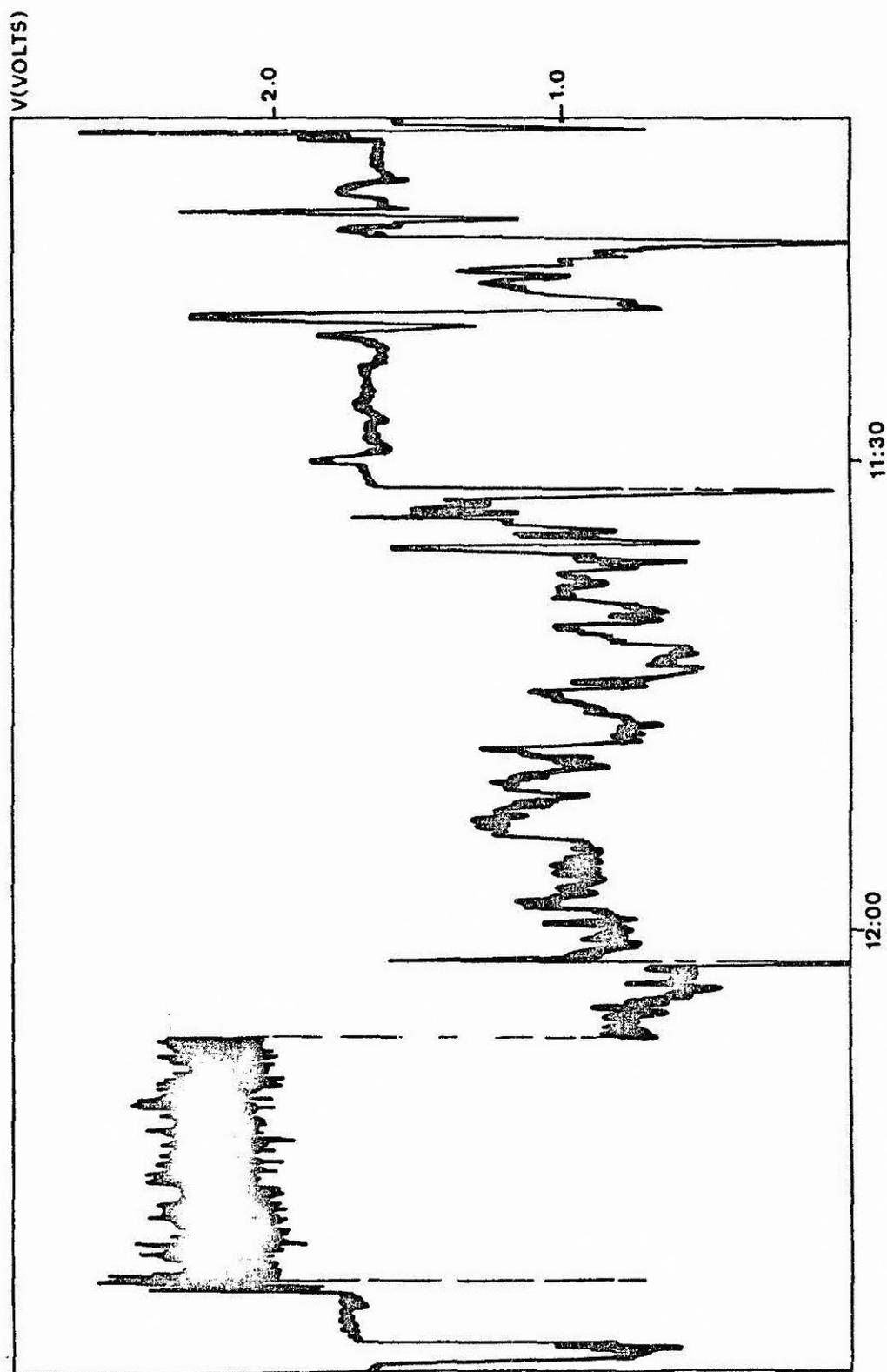


Fig. 8.3 - Continuação

(continua)

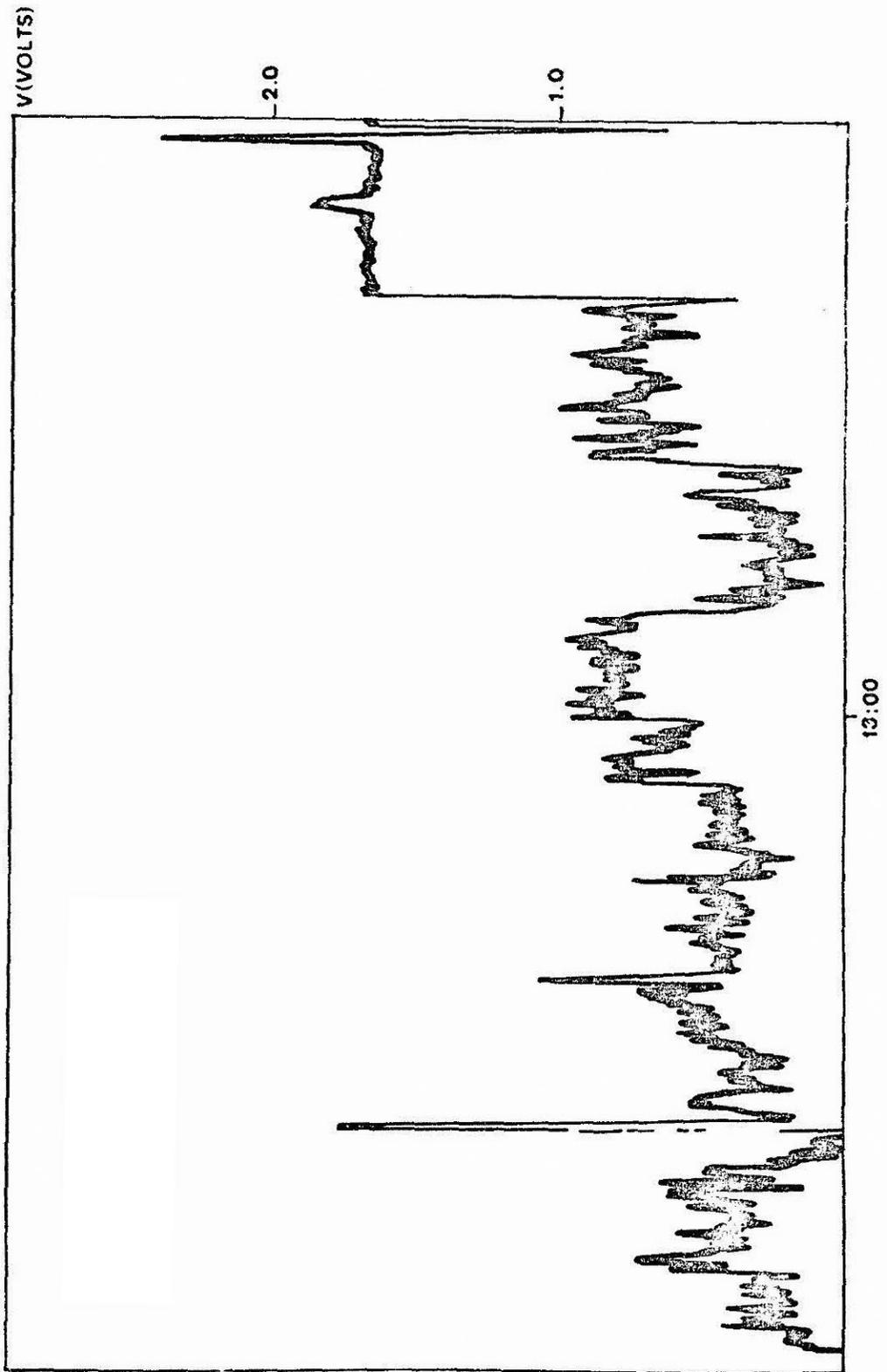


Fig. 8.3 - Conclusão

• •

CAPÍTULO 9

EXPERIMENTO FOTOGRÁFICO (SERE)

Balões estratosféricos constituem excelentes plataformas para a instalação de sensores fotográficos, pois a altitude que atingem permite a aquisição de imagens da superfície da Terra em escalas intermediárias entre fotografia aérea convencional e imagens orbitais, e bastante convenientes para a pesquisa de recursos naturais através de sensoriamento remoto. Adicionalmente, as fotografias obtidas permitem que a trajetória do balão seja reconstituída de forma segura e eficiente.

Durante o experimento PEROBA um conjunto de duas câmaras elétricas HASSELBLAD EL/70, (C1 e C2), acionadas por um intervalômetro eletrônico programável (IEP), foi incluído na carga útil do balão com o objetivo de avaliar o desempenho e a potencialidade do sistema, na geração de imagens da superfície da Terra, na faixa do infravermelho fotográfico.

A câmara C1, com objetiva ZEISS Planar f/2,8 de 80 mm, foi alimentada com filme infravermelho do tipo Kodak Aerochrome 2443/70 mm e deveria fornecer, para a altitude de vôo esperada (40 km), fotografias infravermelhas em falsa-cor, na faixa espectral de 500 a 900 nm, e escala de 1/500 K aproximadamente. A utilização do filme falsa-cor em fotografia de grande altitude é bastante problemática já que a atmosfera interveniente, por efeitos de retroespalhamento e de absorção, altera fortemente o balanço de cor da imagem obtida. Visando minimizar o efeito, um filtro composto de 3 lâminas de gelatina do tipo: Kodak Wratten 12; Kodak Wratten 80 c e Kodak Wratten CC 40 m, foi acoplado à objetiva e o conjunto ajustado focalmente para ∞ a 700 nm.

A baixa latitude de exposição do filme 2443 ($\pm 1/2$), a falta de previsões sobre os níveis de radiância da superfície e a grande variação da irradiância solar durante o vôo do balão, tornam particularmente difícil o ajuste correto dos fatores de exposição. Com base no tra

balho de Malan (1974) e considerando uma atmosfera bastante transparente, os fatores foram ajustados para $f/2.8$ e $1/250$ s.

Para uma velocidade prevista de 60 km/h, para o deslocamento do balão, o intervalo de disparo da câmara C1 foi programado para 8 minutos, o que em caso de trajetória retilínea permite a obtenção de fotografias com 71% de recobrimento longitudinal.

A Câmara C2, com objetiva Zeiss Distagon $f/4$ de 50 mm, câmara C2, foi alimentada com filme do tipo Kodak Infrared Aerographic 2424/70 mm, devendo fornecer, para a altitude de vôo esperada (40 km), fotografias infravermelhos P&B, da superfície, na escala aproximada de $1/800$ K e faixa espectral de 750 a 900 nm, conseguida com a inclusão de um filtro Kodak Wratten 88A na objetiva focalizada em ≈ 800 nm. No caso da fotografia infravermelha P&B, a maior latitude de exposição disponível torna menos crítica a seleção dos fatores de exposição. Para o experimento foram utilizados os fatores: $f/8 \frac{1}{2}$ e $t=1/500$ que, por conseguinte, correspondiam a uma ligeira superexposição (± 1 fstop).

Devido à distância focal mais curta e considerando os parâmetros previstos para o vôo, o intervalo de disparo da câmara C2 foi programado para 8 minutos que permitem, em caso de deslocamento retilíneo, um recobrimento longitudinal de 82% entre as fotos.

O acionamento simultâneo das câmaras C1 e C2 em intervalos de 8 minutos foi conseguido por meio de um Intervalometro Eletrônico Programável (IEP), cujo funcionamento foi atrasado por 2 horas por um Dispositivo Eletrônico de Retardo (DER), especialmente construído para o experimento, visando prevenir o disparo das câmaras durante a fase preparatória do lançamento do balão.

. Resultados

O lançamento do balão ocorreu às 6:25 minutos do dia 19/11/80. O DER e o IEP foram ligados às 5:25 minutos e, juntamente com as câmaras, encerradas em recipiente hermeticamente fechado. Após o retardo de 2 horas, isto é, às 7:25 minutos, as câmaras dispararam pela primeira vez e funcionaram corretamente até o final do experimento.

A câmara C1 obteve 56 fotos que foram processadas normalmente (PROCESSO EA-5), mas no entanto não puderam ser aproveitadas por estarem superexpostas. O exame preliminar dessas fotos sugere como possíveis causas para a superexposição:

- a) parâmetros de exposição (1/200 e f/2,8) excessivos para os níveis de radiância da superfície durante o período de sobrevôo.
- b) superexposição devida ao alto nível de "Haze"-atmosférico.
- c) hipersensibilização da emulsão por resfriamento excessivo.

A câmara C2 funcionou regularmente, obtendo 46 fotos que foram processadas normalmente (PROCESSO 885), sendo o negativo copiado em papel com ampliação de 2 vezes.

As imagens obtidas são de boa qualidade com relação à resolução e ao contraste, entretanto nem todas aproveitáveis devido a excessiva cobertura de nuvens existentes na área sobrevoada.

Infelizmente, o balão não seguiu a trajetória esperada, provavelmente por não ter atingido a altitude necessária, em razão de que deslocou-se sobre a região sul de Minas Gerais e Vale do Paraíba no Estado de São Paulo. Parte da trajetória, recuperada com auxílio das fotografias, poder ser vista na Figura 9.1. Medidas feitas sobre as fotos permitem estimar a escala em 1/700 000 e uma altura de 34 000 m aproximadamente para o balão.

CNPq-INPE

MAPA ÍNDICE DA COBERTURA FOTOGRÁFICA - EXPERIMENTO PEROBA

44°45' 22"20"

MINAS
GERAIS

SERRA DA MANTIQUEIRA
RIO DE JANEIRO

SÃO PAULO



LEGENDA

○ - Eixo do Medimento

- ANO 1980 -

22°30' 45"0"

Identificação, plotagem e desenho final realizados pela Divisão de Aquisição de Tratamento de Dados - Seção de Arquivos e Apoio Cartográfico.

MINAS
GERAIS

DA MANTIQUEIRA
RIO DE
JANEIRO

SÃO PAULO

PASSA-QUATRO

SERRA

SERRA DA MANTIQUEIRA

CRUZEIRO

LAVRINHAS

QUELUZ

RIO PARAIPIBÁ

RIO PARAIPIBÁ

LEGENDA

○ - - - - - Eixo do Rodoviário

- ANO 1980 -

Modificação: planisfério a desenhos. Para restituição pelo Serviço de Aquisição de Tratamento de Dados - Seção de Aquisição e Apoio Cartográfico



. Comentários e Sugestões

A análise preliminar das fotografias obtidas pela câmara C2 mostra que estas possuem excelente qualidade para os objetivos de Sensoriamento Remoto, graças à elevada resolução e à escala adequada. Na Figura 9.2 pode-se observar a fotografia nº 71 que, ampliada 2 vezes mostra a região Sul do Estado de Minas Gerais e o Vale do Paraíba no Estado de São Paulo



Fig. 9.2 - Fotografia típica do solo, tomada pela carga útil do balão na Missão PEROBA-I.

. Teste fotográfico do experimento PEROBA-I

1) Dados da Plataforma

Velocidade: 60 km/h (e)

Altitude: 40 km (e)

Trajetoária: 420 km (e)

2) Câmara 1 (C1)

Filme - 2443 (Kodak) - 70mm

f = 80mm (Zeiss Planar f/2.8)

E = 1/500 K (e)

F = 12 + CC40M + 80C

t = 1/250

f* = 2.8

t = 08 min.

$N_F = 52$ (TRAJ)

$\Delta f = .36$ (700 nm) $\rightarrow 20 \rightarrow \infty$

RLG = 71%

PROC - EA/5 (a) - testar (b) corrigir - copiar transparências

CAM - HAS/EL - 70

3) Câmara 2 (C2)

Filme - 2424 (Kodak) - 70 mm

f = 50 mm (Zeiss distagon f/4)

E = 1/800 K

F = 88A

t = 1/500

f* = 11/8

t = 08 min

$N_F = 52$ (TRAJ) (e)

$\Delta f = .45$ (800 nm) $.6 \rightarrow \infty$

RLG = 82%

PROC - testar: $\alpha = 1.6$ D.76 ou 641 - copiar em papel

CAM. HAS/EL - 70

4) Orientação da Plataforma

O eixo de elevação do radiômetro deve estar ajustado à direção do voo.

5) Período fotográfico

Elevação superior a 30° - 9h às 15 h ($\Delta t = 6h$)

6) Cronograma de operação (Dia D)

- . 0h - climatização
- . 4h - carregamento dos magazines
- . 6h - carregamento das câmaras
- . 6:10 h - acionamento do intervalômetro e retardo de 2h.
- . 6:20 h - montagem do compartimento na plataforma
- . 6:30 h - Ok
- . 7 h - lançamento

Considerando que o experimento foi válido em todos seus aspectos, sugere-se que seja repetido oportunamente, nas seguintes condições:

- Sobrevôo em época mais adequada (provavelmente no período de inverno), para evitar a cobertura de nuvens excessiva.
- Substituição da objetiva de 50 mm da Câmara C2 por outra de 80mm.
- Acionamento das câmaras a partir da decolagem do balão.
- Redução em 1 fstop no índice do diagrama da câmara C1 (de $f/2.8$ para $f/4.0$).
- Modificação do recipiente isobárico, incluindo melhor isolamento térmico e eliminação da umidade interior. É interessante que uma chave geral de acionamento do IEP e o DER seja colocada fora do recipiente.
- Modificação das janelas do recipiente para permitir a inclusão dos filtros Wratten a serem utilizados.
- Modificação na forma do sistema de amortecimento, da plataforma da carga útil, visando excluí-lo do campo de visada do sistema fotográfico.

CAPÍTULO 10

EXPERIMENTO DE RADIAÇÃO NUCLEAR (RANUC)

O conjunto detetor para medir a radiação nuclear na faixa de 0,3 a 5,0 MeV de energia consiste em um cintilador de Iodeto de Sódio ativado a Tálcio, NaI (TI), de forma cilíndrica, medindo 4" x 4", acoplado diretamente a uma fotomultiplicadora (PM) RCA 8055, cuja tensão de polarização é 1500 V, fornecida por um conversor miniatura. Os pulsos liberados no anodo da PM excitam um pré-amplificador inversor (PA) conforme mostra a Figura 10.1. Os pulsos de saída do PA são submetidos a um analisador de amplitude de pulsos de 256 níveis, que correspondem à energia dos fótons de chegada no cintilador. Com uma simples calibração no laboratório, utilizando-se fontes radioativas e com o ruído de fundo (radiação) gerado pelo solo no local do vôo, torna-se possível elaborar a curva final de calibração: altura de pulsos em função da energia dos fótons detectados.

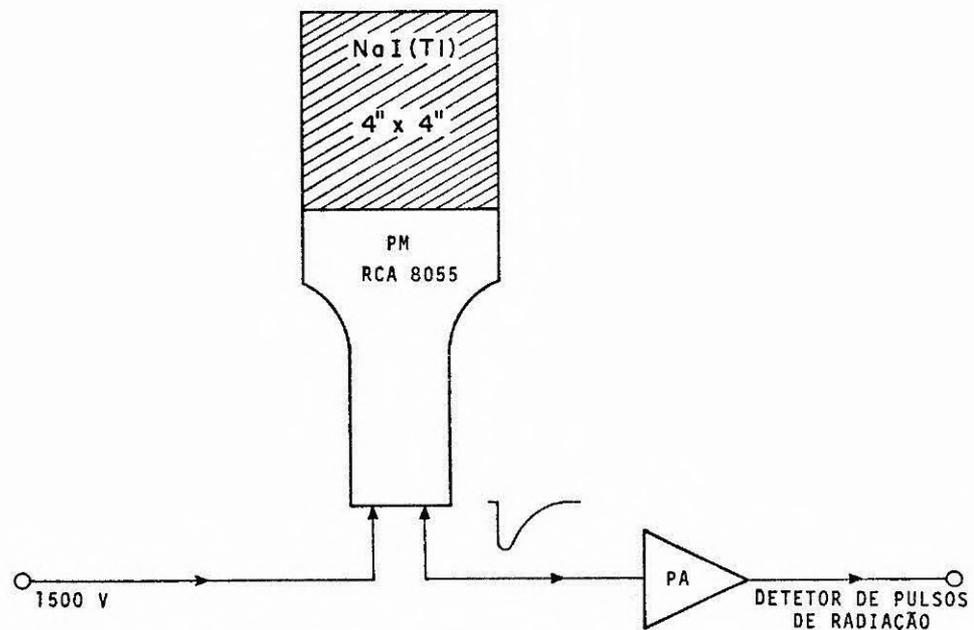


Fig. 10.1 - Conjunto detetor para medir radiação nuclear.

O objetivo científico dessas medidas efetuadas com balão é conhecer o fluxo da radiação gama produzida na atmosfera entre o solo e a altitude de 40 km. Na faixa esperada (~40 km) da altura de vôo, a radiação gama é produzida na atmosfera por interações com a radiação cósmica primária, a saber, prótons, nêutrons e elétrons de alta energia interagem com núcleos de nitrogênio, de oxigênio e de gases raros que compõem a atmosfera. Como produto dessas regiões nucleares energéticas, é encontrada a radiação mais penetrante que é constituída por fótons de raios gama de baixa energia entre 0.3 a 5.0 MeV, que chegam a atingir o solo terrestre. Logo, o estudo da produção e propagação dos raios gama em direção ao solo terrestre é o objetivo principal deste experimento.

Os espectros de energia obtidos durante a subida do balão, de 2 em 2 minutos e após atingir o teto máximo de vôo (~38 km), estão atualmente sendo analisados.

CAPÍTULO 11

CUSTOS OPERACIONAIS DE LANÇAMENTO

O custo operacional de um lançamento de balão é relativamente alto devido a vários fatores, tais como:

- O balão propriamente dito que representa material importado e tem um custo bastante elevado.
- A quantidade necessária de gás é usualmente grande com um custo de transporte significativo.
- O deslocamento do pessoal técnico: os laboratórios de desenvolvimento e integração de cargas úteis estão instalados em São José dos Campos, enquanto as facilidades de lançamento e o local onde também se desenrolam os testes finais estão localizados em Cachoeira Paulista.
- A recuperação da carga útil envolve o aluguel de uma aeronave, bem como o deslocamento de uma equipe para resgate.

Assim, as finalidades desse capítulo são a de quantificar os itens mais importantes num lançamento, bem como alertar a todos para cuidados especiais e precauções que devem ser tomados no sentido de minimizar os riscos de um funcionamento irregular da carga útil ou de um lançamento mal sucedido.

Devido ao alto custo envolvido concluiu-se que um pesquisador deve solicitar um lançamento somente quando tiver certeza de que sua carga útil está aprovada em toda a sequência de testes possíveis de laboratório. Por outro lado, a equipe de lançamento é aconselhada a não arriscar a execução de lançamentos incertos. Mesmo na fase de testes, a equipe deve ter o cuidado de explorar as alternativas de operações simultâneas.

Embora observando os cuidados mencionados, existe a possibilidade de imprevistos, como o que ocorreu na primeira tentativa de lançamento da missão PEROBA. Para ilustrar, indica-se abaixo alguns itens mais representativos do custo do lançamento da carga útil PEROBA.

	CR\$
Balão (2) - US\$ 6.000,00 cada	840.000
Hidrogênio (2 lançamentos)	189.800
Guincho (3 tentativas)	92.500
Horas extras/lançamento	34.000
Diárias (Lançamento e Resgate)	83.000
Avião (recuperação)	50.000
Total	CR\$ 1.289.300
Taxa do Dólar: US\$ 1,00 =	CR\$ 70,00

Convém salientar que os números mencionados acima representam, em média, valores maiores do que os de outras experiências já efetuadas em balão, pelo mesmo pessoal em Cachoeira Paulista. A razão principal desse custo elevado é que a missão PEROBA-I representou a experiência conjunta mais complexa já desenvolvida no INPE, até então, envolvendo vários grupos e recursos interdepartamentais. Tal fato provocou problemas de interface e algumas exigências no lançamento, específicas para essa missão científica como, por exemplo, a necessidade de voar com céu limpo e a exigência de horário de lançamento pela alvorada.

Deve-se também considerar que a equipe de lançamento estava em fase de testes com uma nova técnica, o que representou uma etapa de preparação mais extensa e cuidadosa, com os novos equipamentos em uso.

O levantamento do custo de desenvolvimento tanto da carga útil como dos sistemas operacionais é bem mais complexo, mas faz parte de um programa do INPE que possibilitará a sua estimativa.

- d) IRIG 14,5 KHz \pm 7,5% para o gerador onda quadrada
- e) IRIG 10,5 KHz \pm 7,5% para o gerador onda quadrada
- f) IRIG 7,35KHz \pm 7,5% para o gerador onda quadrada

- 7. Transmissor: La Barge com 2,8 Watts
- 8. Microcomputador
- 9. Transmissor e Receptor de Telecomando Científico

As Figuras 12.1 e 12.2 mostram o esquema de teste em diagramas de blocos.

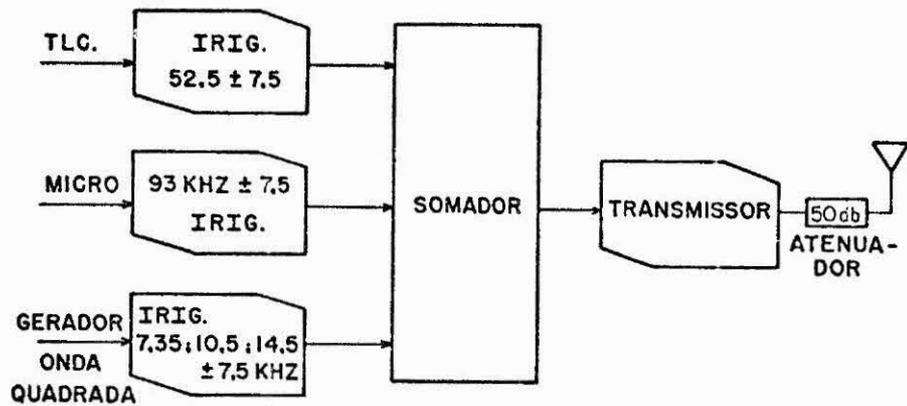


Fig. 12.1 - Sistema de bordo.

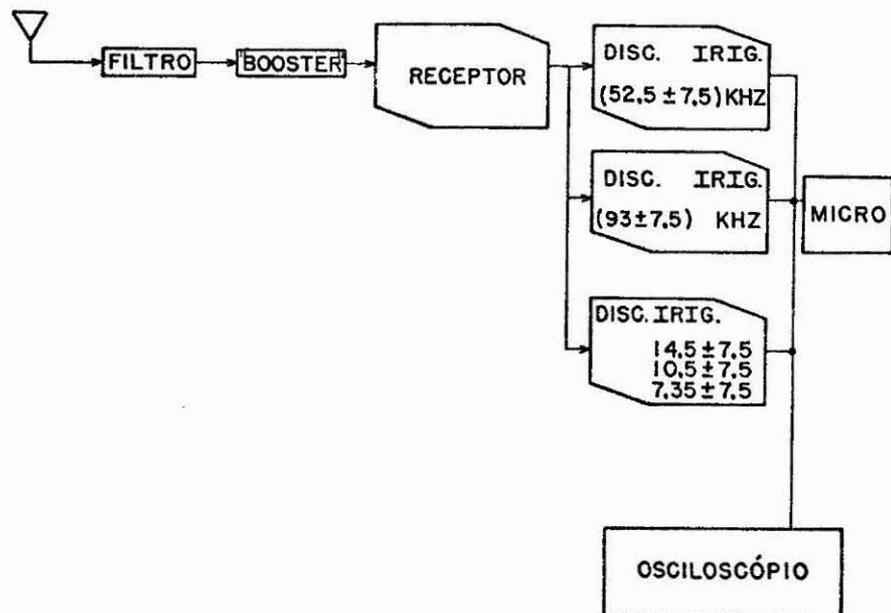


Fig. 12.2 - Sistema de terra (estação).

. Resultados obtidos

- Os canais (52,5 KHz \pm 7,5%), (14,5 KHz \pm 7,5%), (10,5KHz \pm 7,5%), (7,35 KHz \pm 7,5%) ainda apresentaram-se picos, sendo que o de (7,35 KHz \pm 7,5%) apresentou-se ruidoso.
- O micro fez aquisição em vários níveis de potência, mas não ficou claro o limiar de aquisição.
- Problema semelhante foi visto com relação ao telecomando científico; ficou difícil definir o limiar de aquisição.
- Devido a isto marcou-se um novo teste.

2º teste

Condições: Horário: 15 horas, dia 18/10/80

1. Booster
2. Filtro helicoidal
3. Antena helicoidal
4. Receptor Scientific Atlanta, 2 μ V sensibilidade, 231 MHz
5. Local: Portaria principal do INPE
6. Multiplex: idem os canais anteriores
 - a) Somador
 - b) IRIG 93 KHz \pm 7,5% para o telecomando científico
 - c) IRIG 52,5 KHz \pm 7,5% para o microcomputador
 - d) IRIG 14,5 KHz \pm 7,5% para a senóide 1 HZ
 - e) IRIG 10,5 KHz \pm 7,5% para a senóide 1 HZ
 - f) IRIG 7,35 KHz \pm 7,5% para a pulso quadrado de frequência baixa
7. Transmissor La Barge para 2,8 Watts
8. Microcomputador
9. Transmissor e Receptor de Telecomando Científico

As Figuras 12.3 e 12.4 mostram o esquema de teste em diagrama de blocos.

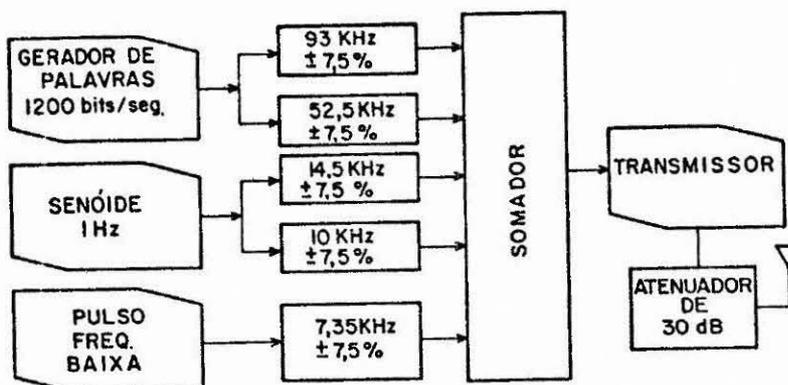


Fig. 12.3 - Sistema de bordo.

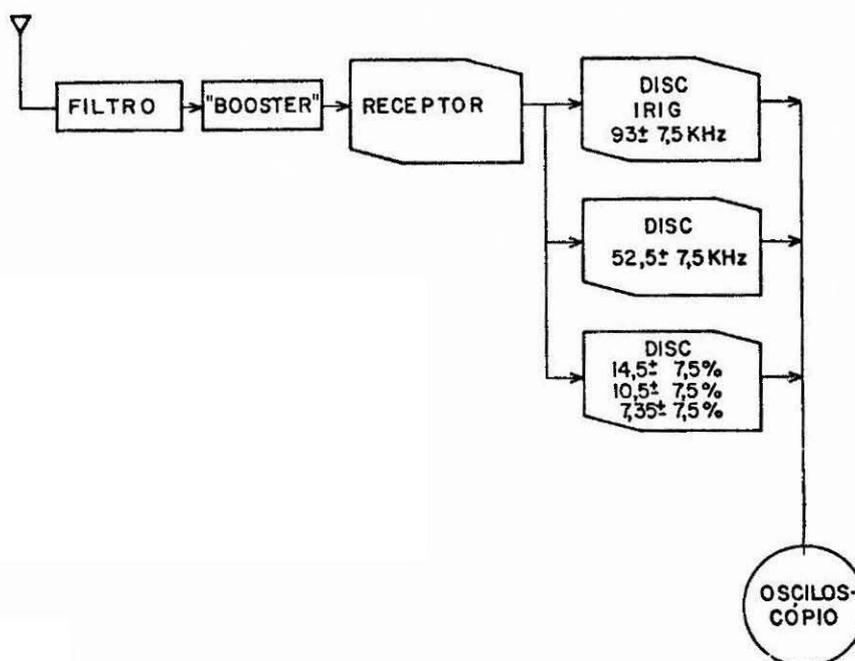


Fig. 12.4 - Sistema de terra (estação).

. Resultados obtidos

- Observou-se alguns picos no canal de 52,5 KHz \pm 7,5%.
- Os canais de 14,5 KHz \pm 7,5%, 10,5 KHz \pm 7,5%, 7,35 KHz \pm 7,5% apresentaram-se um pouco ruidosos.
- O canal 93 KHz \pm 7,5% apresentou-se sem picos ou ruído.

3º teste

Condições: dia 18/10/80

1. Booster
2. Filtro helicoidal
3. Antena helicoidal
4. Receptor Scientific Atlanta
5. Local: Portaria principal do INPE
6. Multiplex: idem os canais anteriores
7. Transmissor La Barge com 2,8 Watts
8. Microcomputador
9. Transmissor e Receptor de Telecomando Científico

As Figuras 12.5 e 12.6 apresentam o esquema de teste, em diagrama de blocos.

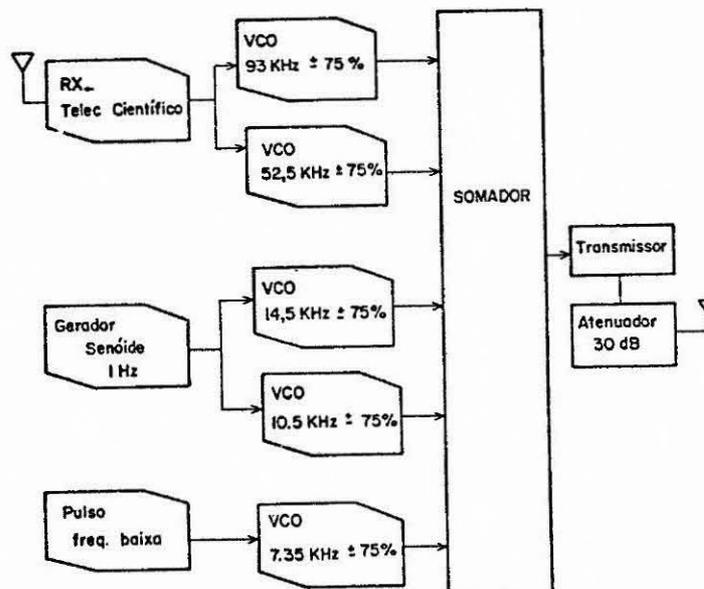


Fig. 12.5 - Sistema de Bordo

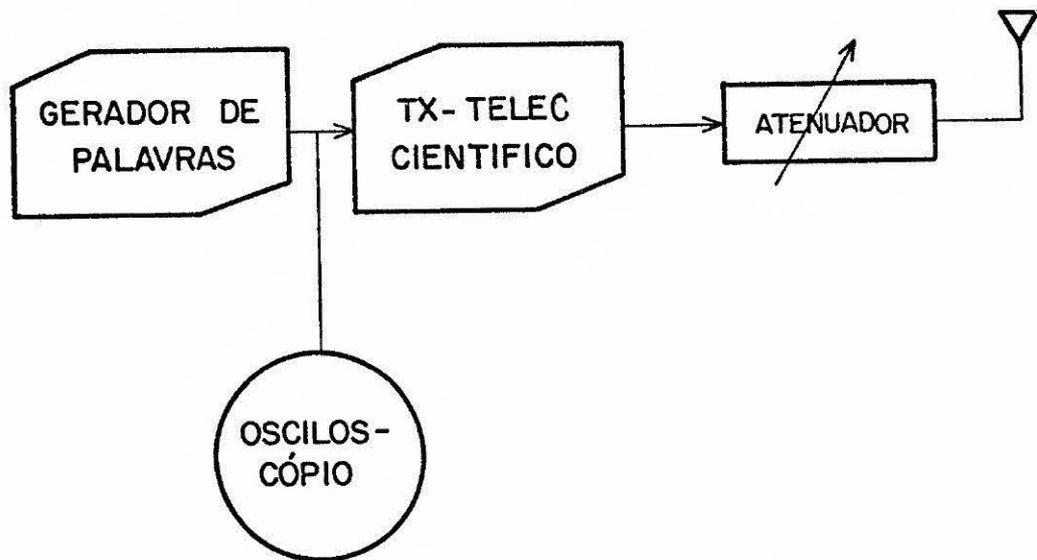


Fig. 12.6 - Telecomando de terra.

. Resultados obtidos (Telecomando Científico)

- Potência nominal, que é normalmente de 8 Watts e cai para 5 Watts em regime normal de aquecimento; no teste acima caiu para 3 Watts.
- Sensibilidade aumentou 10 db.
- Atenuação máxima usada na saída do transmissor: 50 db.

4º teste

Condições: A menos do local, as condições do sistema são iguais a do teste 1 e a interligação das partes segue as Figuras 12.1 e 12.2.

Neste teste viu-se o "link" completo micro-telemetria-telecomando científico.

. Resultados obtidos

- Boa aquisição; perderam-se somente 3 blocos de dados.
- Conseguiu-se boa aquisição, mesmo com o sinal no limiar 3,7 db - indicador na posição 0 (Signal Strength).

- Os canais inferiores ainda se apresentaram pouco ruidosos.
- O final deste teste foi realizado com o canal $52,5 \text{ KHz} \pm 7,5\%$ com sua entrada aterrada e verificou-se que o ruído dos canais não se alterava.

Os testes descritos a seguir foram realizados no dia 19/10/80, segundo o diagrama de blocos das Figuras 12.3 e 12.4.

5º teste

Indicador do nível de sinal: 0 (8.7 db)

($93 \pm 7,5\%$) KHz, Ok

($52,5 \pm 7,5\%$) KHz + picos sem ruídos

($14,5 \pm 7,5\%$) KHz + picos com ruído

($10,5 \pm 7,5\%$) KHz + picos com ruído

($7,35 \pm 7,5\%$) KHz + picos com ruído

6º teste

Indicação do nível de sinal: 3 (11.7 db)

($93 \pm 7,5\%$) KHz, Ok

($52,5 \pm 7,5\%$) KHz + picos reduzidos sem ruído

($14,5 \pm 7,5\%$) KHz, sem picos, pouco ruído

($10,5 \pm 7,5\%$) KHz + pouco pico, pouco ruído

($7,35 \pm 7,5\%$) KHz + pouco pico, pouco ruído

7º teste

Indicação do nível de sinal: 5 (13,7 db)

($93 \pm 7,5\%$) KHz, Ok

($52,5 \pm 7,5\%$) KHz, Ok sem ruído, picos raríssimos, s̄o em deteriori
zação de sintonia

($14,5 \pm 7,5\%$) KHz, Ok sem picos, mas um pouco ruidoso

($10,5 \pm 7,5\%$) KHz, Ok sem picos, mas um pouco ruidoso

($7,35 \pm 7,5\%$) KHz, Ok sem picos, mas um pouco ruidoso

8º teste

Indicação do nível de sinal: 10 (18.7 db)

(93 ± 7,5%) KHz, 0k

(52,5 ± 7,5%) KHz, 0k

(14,5; 10,5; 7,35 ± 7,5%) KHz, sem picos, mas ainda um pouco ruidoso

Findo este teste, verificou-se que embora os sinais estivessem bem acima do limiar, os canais inferiores apresentaram-se um pouco ruidosos.

Eliminando-se os picos, o problema que ainda foi levantado supunha curva de pre-ênfase não adequada, por isto alterou-se o multiplex para a seguinte configuração:

(93 ± 7,5%) para o micro

(52 ± 7,5%) para o telecomando científico

(22 ± 7,5%) para o barômetro

(14,5 ± 7,5%) para o radir

(10,5 ± 7,5%) para o controle de atitude

Reajustaram-se as pre-ênfases dos canais devido à retirada do canal de 7,35 KHz ± 7,5% com inserção do canal (22KHz + 7,5%) e os seguintes resultados foram obtidos:

9º teste

Nível de sinal: 0 (8.7 db)

93 KHz 0k

(52,5 KHz ± 7,5%) + picos sem ruído

(22 KHz ± 7,5%), sem picos ou ruído

(14,5 KHz ± 7,5%) + picos, pouco ruído

(10,5 KHz ± 7,5%) + picos, pouco ruído

10º teste

Nível de sinal: 3 (11,7 db)

(93 KHz \pm 7,5%) , 0k

(52 KHz \pm 7,5%) + picos com a frequência 2/13 segundos

(14,5 KHz \pm 7,5%), sem picos ou ruído

(10,5 KHz \pm 7,5%) , sem picos ou ruído

11º teste

Nível de sinal: 5 (13,7 db)

(93 KHz \pm 7,5%), 0k

(52 KHz \pm 7,5%), 0k

(22 KHz \pm 7,5%), 0k

(14,5 KHz \pm 7,5%), 0k

(10,5 KHz \pm 7,5%), 0k

. Conclusões finais

- Multiplex aconselhável

93 \pm 7,5% para o micro

52,5 \pm 7,5% para o telecomando

22,0 \pm 7,5% para o barômetro

14,5 \pm 7,5% para o radir

10,5 \pm 7,5% para o controle de atitude

- Mínima indicação de sinal para boa recepção - 5 db (o que equivale a 13,7 db).

12.2 - ANÁLISE DO RUÍDO NOS CANAIS TELEMÉTRICOS

. Relação sinal/ruído mínima prevista pela IRIG para o sistema FM/FM: de 12 a 13 db.

. Calibração do medidor do receptor com zero db para 2 μ V na entrada do filtro.

. Significado da leitura do medidor: relação sinal/ruído + 1.

- . Potência correspondente a um sinal de $2\mu\text{V}$ equivale a 8×10^{-14} W sobre 50Ω de impedância.
- . Potência de ruído com largura de faixa igual a 300 KHz (KTB): $6,086 \times 10^{-15}$ W.
- . Relação sinal/ruído na entrada do filtro: 13 db.
- . Figura de ruído do "Booster" 3 db.
- . Relação sinal/ruído na entrada do receptor: 6,5.
- . Portanto, para zero db de indicação do medidor tem-se, na realidade, na sua entrada: 8,7 db.

Conclusão

Para obter a relação sinal/ruído mínima, seria necessário uma indicação de $13 - 8,7 = 4,3$ db. Caso se considere uma perda por inserção de cerca de 0,5 db no filtro helicoidal, ter-se-ia:

Leitura mínima = $4,3 + 0,5$ db., ou seja

Leitura mínima = 4,8 db

Para leituras inferiores, a degradação dos canais se inicia, e pode-se, eventualmente, ter um ou mais canais em condições de utilização, mas nada se pode afirmar quanto aos seus significados.

12.3 - COMPORTAMENTO EM VÔO

Para uma medida de temperatura de 30°C (ver Figura 12.7) pode-se resumir o comportamento em vôo da seguinte forma:

- . Transmissor:
 - Desvio: estável
 - Frequência: estável

Nível de sinal: um pouco baixo, considerando a distância,mas talvez razoável considerando o relevo do terreno sobre o qual o balão esteve todo o tempo.

. Multiplex:

Canal IRIG 19: bom comportamento até um pouco abaixo do limiar previsto para FM/FM.

Canal IRIG 17: bom comportamento até o limiar.

Canal IRIG 14: bom comportamento até o limiar.

Canal IRIG 13: bom comportamento até o limiar.

. Barômetro:

Bom comportamento ao longo de todo o voo.

. Baterias:

Excelente performance, com possível queda no final do voo.

. Balisa:

Comportamento normal, exceto quando o avião se localizava na vertical do balão pois, nesta situação, o posicionamento das antenas é desfavorável.

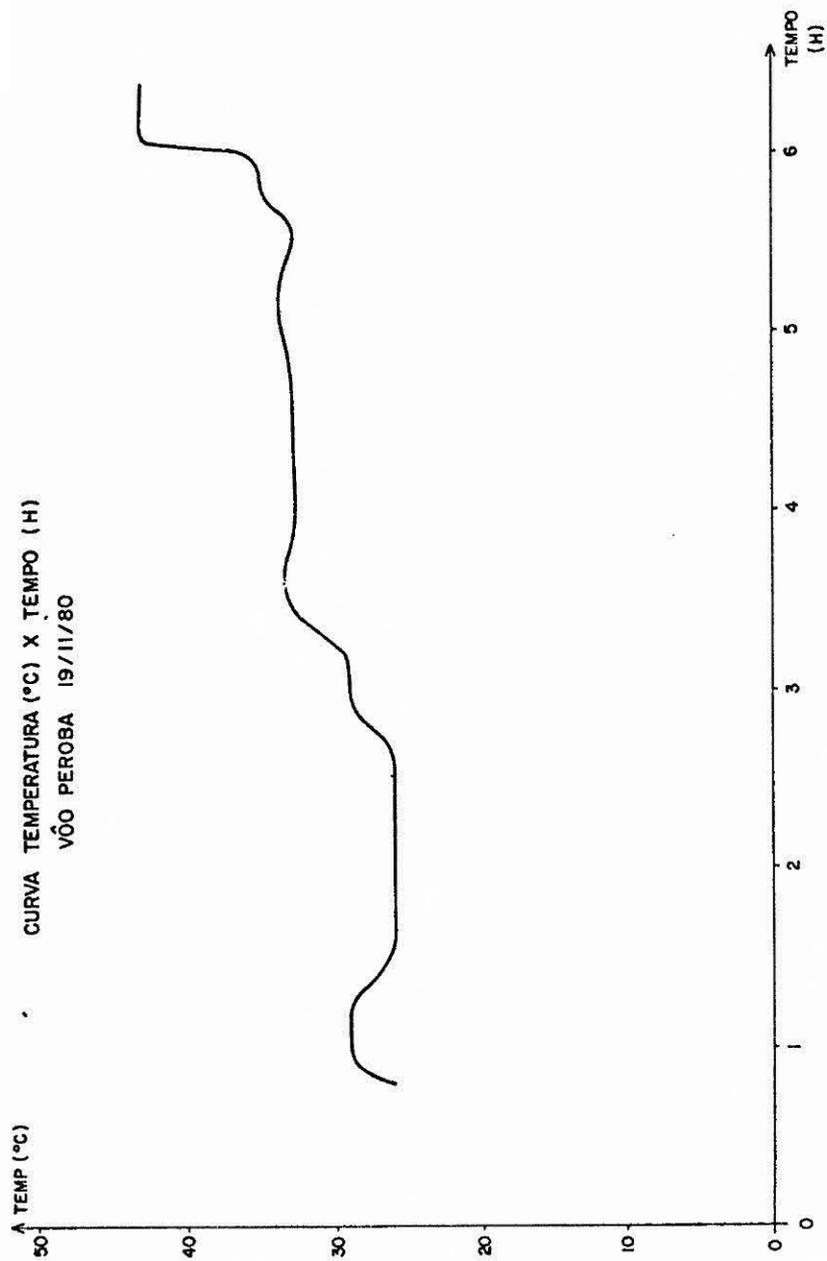


Fig. 12.7 - Temperatura no interior do conjunto de telemetria de bordo durante o vôo.

12.4 - CONCLUSÃO

Vão muito bom do ponto de vista de telemetria de bordo, sendo aconselhável um estudo de confirmação da influência do relevo do terreno sobrevoado sobre o nível de sinal recebido.

CAPÍTULO 13

DETETOR DE PULSOS DE RADIAÇÃO

Os pulsos liberados pelo pré-amplificador inversor (Capítulo 10) excitam um amplificador de entrada (AE), cuja saída aciona simultaneamente uma linha de retardo de $1\mu\text{s}$ (LAR) e um discriminador de nível formado por um comparador de tensão e um monoestável de $5\mu\text{s}$ (DI).

Os pulsos, após serem retardados, excitam um estágio amplificador compensador (AC), cuja finalidade é a de fazer com que o ganho de malha composta pelo AE, LAR e AC seja igual a unidade.

A finalidade do atraso é garantir que os pulsos provenientes do DI estejam presentes na entrada de comando de uma porta linear (PL) antes da chegada dos pulsos procedentes da saída do AC.

Dos pulsos presentes à entrada da PL apenas um passará. A amplitude deste pulso, que corresponde a energia de um fóton incidente no cintilador do conjunto detetor (Capítulo 10), ficará armazenada num detetor de picos (DP) durante o intervalo de tempo necessário para se realizar a conversão analógica-digital em 256 níveis (INTEL EHB8).

O sinal do DI tem uma outra função que é a de pedir "interrupção" ao microcomputador para que se realize a conversão analógica-digital.

O detetor de picos é comandado pelo sinal "Fim de conversão" proveniente do microcomputador, com a finalidade de poder processar um sinal de cada vez.

A Figura 13.1 mostra o diagrama de blocos do detetor de pulsos de radiação.

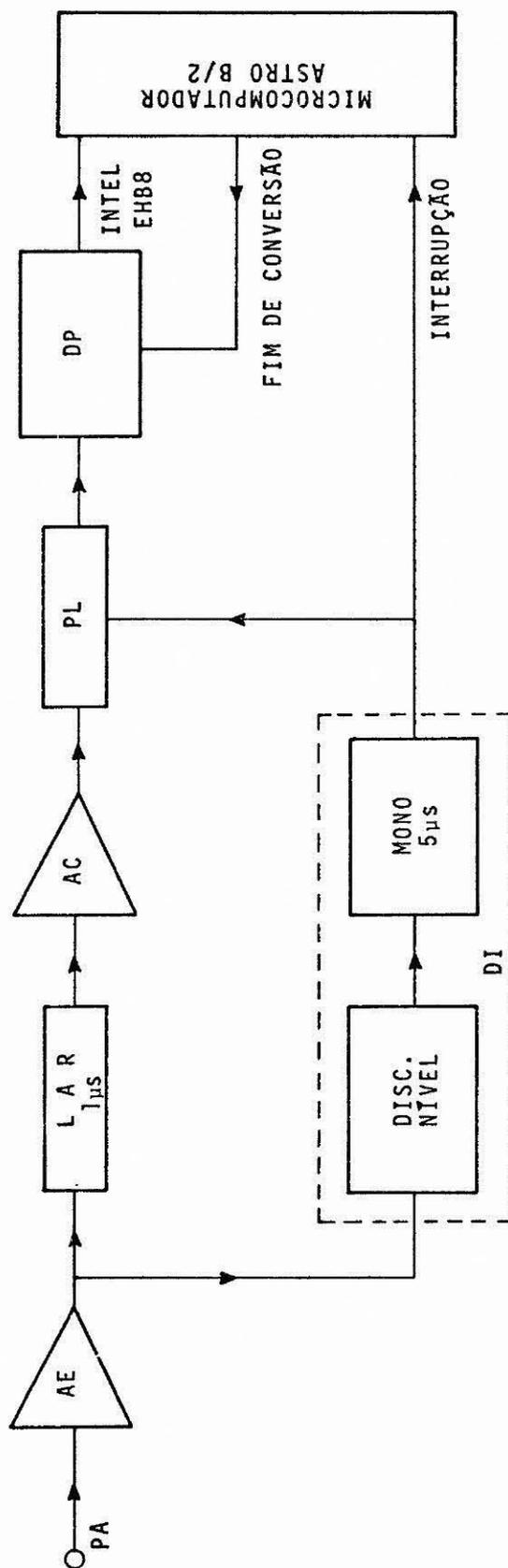


Fig. 13.1 - Detetor de pulsos de radiação.

CAPÍTULO 14

CONCLUSÃO

A missão PEROBA-I permitiu validar, dentro de certas limitações de confiabilidade, a integração de um sistema razoavelmente completo de apoio em solo e em bordo, juntamente com um conjunto de três experimentos científicos. Esta validação foi possível graças ao lançamento, com sucesso, de um balão estratosférico de 100.000 m², que transportou a carga embarcada por um espaço de tempo de mais de sete horas. Os resultados obtidos com o sistema foram aceitáveis, em geral, levando em conta a complexidade da missão, onde vários subsistemas foram testados com sucesso, pela primeira vez, em condições reais de operação. O trabalho contínuo de várias equipes de trabalho, com o mesmo objetivo, provou ser frutífero e fundamental para o sucesso desta missão. É de se supor que esta experiência conjunta venha a facilitar a integração de equipes na execução de missões futuras desta natureza, com a experiência que já pôde ser acumulada.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FLEMING, W.; GALVÃO, B.S.M.C. *Cálculo de Enlasis em 240 MHz*. São Jo-
sê dos Campos, INPE. (no prelo).

MALAN, O.G. Color balance of color I.R. film. *Photogrammetric
Engineering*, 40(3): 311-317, 1974.