

1. Publicação nº <i>INPE-3111-RTR/049</i>	2. Versão	3. Data <i>Maio, 1984</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input type="checkbox"/> Externa <input checked="" type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DCA/DEA</i>	Programa <i>SUBORD/SDA</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>PISB TOLERÂNCIA A FALHAS</i> <i>SUPERVISÃO DE BORDO</i> <i>PROCESSAMENTO DISTRIBUIDO</i>			
7. C.D.U.:			
8. Título <i>SÍNTESE DO PADRÃO INPE DE SUPERVISÃO DE BORDO (PISB) APLICADO À MECB 1: ESTADO GERAL DO PROJETO EM SETEMBRO DE 1983</i>		10. Páginas: 63	
		11. Última página: 54	
9. Autoria <i>Veja página seguinte</i>		12. Revisada por  <i>p/Ricardo Z.</i> <i>E.W. Bergamini</i>	
Assinatura responsável		13. Autorizada por  <i>N. Parada</i> <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor Geral</i>	
14. Resumo/Notas  <i>Este trabalho apresenta, de forma resumida, o estado da arte do desenvolvimento do Padrão INPE de Supervisão de Bordo (PISB), aplicado à Missão Espacial Completa Brasileira - 1 (MECB 1), em setembro de 1983, que está sendo desenvolvido pelo Departamento de Engenharia de Computação em Aplicações Espaciais - DCA, através do até então, Programa Sistemas Digitais e Analógicos - PSDA. Para tanto, o PISB é apresentado em suas duas partes: o Programa Operacional Integrado (POI) e o computador de supervisão de bordo (ASTRO B/3). O POI é composto por dois segmentos: o segmento solo, denominado POI/Solo, e o segmento bordo, denominado POI/Bordo. A interação entre estes segmentos permite o gerenciamento operacional do satélite. O computador ASTRO B/3 é composto por unidades de processamento modulares, que permitem o processamento distribuído, e que proporcionam redundância na execução das aplicações feitas aos demais subsistemas de bordo da MECB 1.</i>			
15. Observações			

### ABSTRACT

*This work describes a synthesis of the state-of-art (as of September 1983) of the INPE's Standard of On-board Supervision (PISB), applied to the first Brazilian Complete Space Mission (MECB 1), which is being developed by the Department of Computer Engineering in Space Applications (DCA) and through the, so far, Digital and Analog Systems Program. The PISB is composed by two parts: 1) Integrated Operational Program (POI); 2) On-board supervision computer (ASTRO B/3). The POI is composed by two segments, one to be implemented on the on-board computer and, the other, on the computer of the so called Mission Operations Sector (SOM). The interaction between these two segments permits the operational management of the satellite. The ASTRO B/3 computer, composed by modular processing units, implements a distributed processing system for the on-board which executes, in this way, with redundant resources, applicative testes on the other on board subsystems of MECB 1.*

*Autoria:*

*Alderico Rodrigues de Paula Junior*

*Alirio Cavalcanti de Brito*

*Alvaro Orlando Costa de Araujo Goês*

*Baker Jefferson Mass*

*Cybele Suzana Reis*

*Eduardo Whitaker Bergamini*

*Fernando Antonio Pessotta*

*Jorge Ramos de Oliveira Júnior*

*José Carlos Maldonado*

*José Damião Duarte Alonso*

*Klaus Juergen Johansen*

*Mitsugu Kato*

*Ricardo Corrêa de Oliveira Martins*

*Ricardo de Azevedo Mendes*

*Ronaldo Luiz Dias Cereda*

*Sérgio Amélio Ribeiro Cintra*





## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS .....	<i>vii</i>
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u> .....	1
<u>CAPÍTULO 2 - ARQUITETURA DO COMPUTADOR DE BORDO</u> .....	3
2.1 - Introdução .....	3
2.2 - Unidades funcionais do PISB .....	5
2.2.1 - Unidade de Processamento e Comunicação/Distribuído (UPC/D) .....	5
2.2.2 - Unidade de Processamento Distribuído (UPD) .....	8
2.2.3 - Unidade de Processamento Distribuído e Comunicação (UPD/C) .....	10
2.2.4 - Barramento de Dados Interno (BDI) .....	10
<u>CAPÍTULO 3 - PROGRAMA OPERACIONAL INTEGRADO (POI)</u> .....	13
3.1 - POI/Solo .....	15
3.1.1 - Estrutura do "software" do Setor de Operação de Missão (SOM) .....	16
3.1.2 - O programa supervisor multimissão (Supervisor de Solo) ..	20
3.2 - POI/Bordo .....	22
3.2.1 - Estrutura do POI/Bordo .....	23
3.2.2 - Núcleo .....	25
3.2.3 - Processos .....	25
<u>CAPÍTULO 4 - DESCRIÇÃO DAS SUBUNIDADES BÁSICAS DO PISB</u> .....	29
4.1 - Unidade Central de Processamento (UCP) .....	29
4.2 - Interface Programável do Sistema (IPS) .....	31
4.3 - Relógio (e padrão de tempo) .....	33
4.4 - Memória principal .....	35
4.5 - Controlador de acesso direto à memória .....	35
4.6 - Comunicador serial de barramento de dados .....	38
4.7 - Barramento de dados interno .....	40
4.8 - Comunicador serial de telemetria e telecomando .....	40
4.9 - Unidade de aquisição e controle .....	42
<u>CAPÍTULO 5 - EMPACOTAMENTO DAS UNIDADES E SUBUNIDADES PISB PARA A SUPERVISÃO DE BORDO</u> .....	45

	<u>Pág.</u>
<u>CAPÍTULO 6 - SUPERVISÃO DE BORDO MECB1: ESTADO ATUAL</u> .....	49
6.1 - Computador de supervisão de bordo ASTRO B/3 .....	49
6.2 - Programa operacional integrado .....	52
6.2.1 - POI/Solo .....	52
6.2.2 - POI/Bordo .....	53

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 - Subsistemas da MECB 1 com destaque para o Subsistema de Su pervisão de Bordo .....	2
2.1 - Subsistema de Supervisão de Bordo para a MECB 1, Computa dor ASTRO B/3 .....	4
2.2 - PISB: Unidade de Processamento Comunicação/Distribuído (UPC/D) .....	7
2.3 - PISB: Unidade de Processamento Distribuído (UPD) .....	9
2.4 - PISB: Unidade de Processamento Distribuído/Comunicação (UPD/C) .....	11
3.1 - Plano de Operações .....	14
3.2 - Estrutura do "software" do Centro de Controle de Missão ..	18
3.3 - Estrutura, em multiníveis, do "software" do Centro de Con trole de Missão .....	19
3.4 - Uma Visão dos Canais Virtuais de Comunicação Providos pelo POI através do SISTEMA REDACE .....	21
3.5 - "Software" local à uma Unidade de Processamento do ASTRO B/3 .....	24
3.6 - Diagrama de Estados dos Processos .....	27
4.1 - Diagrama de blocos da subunidade Unidade Central de Proces samento (subunidade PISB) .....	30
4.2 - Subunidade Interface Programável do Sistema (subunidade PISB) .....	32
4.3 - Diagrama de blocos da subunidade Relógio (subunidade PISB)	34
4.4 - Diagrama de blocos da subunidade Memória Principal (subuni dade PISB) .....	36
4.5 - Diagrama de blocos da subunidade Controlador de Acesso Di reto à Memória (subunidade PISB) .....	37
4.6 - Subunidade Comunicador Serial de Barramento de Dados (subu nidade PISB) .....	39
4.7 - Subunidade Barramento de Dados Interno (subunidade PISB)..	41
4.8 - Subunidade Unidade de Aquisição e Controle (subunidade PISB)	43
5.1 - Técnicas de encapsulamento das unidades PISB .....	47





## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

A Missão Espacial Completa Brasileira, em sua primeira fase (MECB 1), visa o projeto e a construção de um satélite brasileiro para executar a coleta e retransmissão de dados de experimentos científicos realizados em solo. O desenvolvimento deste satélite de coleta de dados está a cargo do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE).

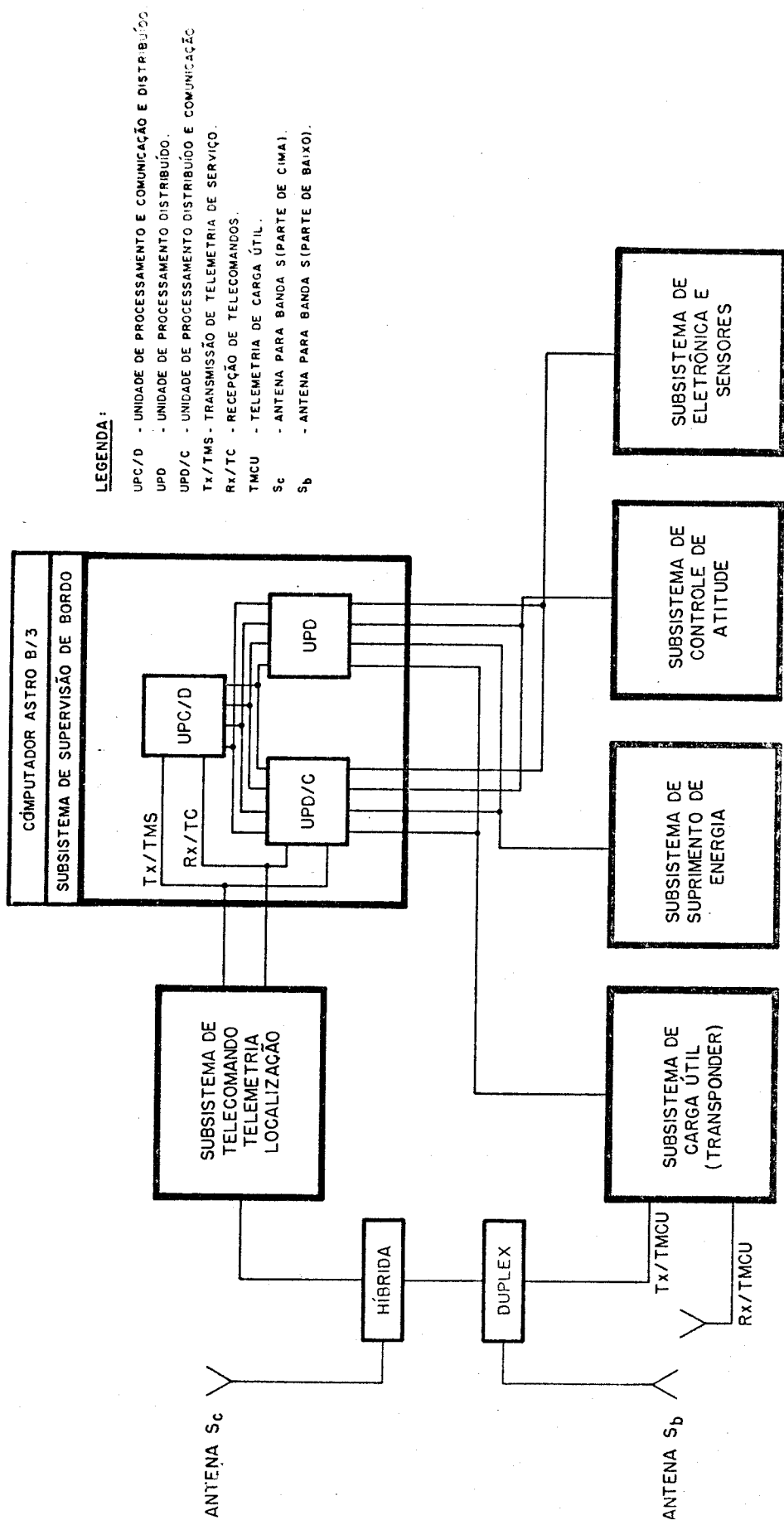
Dentro das atividades do Projeto SUBORD do Programa de Sistemas Digitais e Analógicos, a equipe do Departamento de Engenharia de Computação em Aplicações Espaciais (DCA) desenvolve o Padrão INPE de Supervisão de Bordo (PISB), a ser constituído de unidades modulares com capacidade de processamento distribuído. Tais unidades modulares deverão constituir o Computador de Supervisão de Bordo do satélite de coleta de dados que, uma vez em operação no satélite, deverá interagir com o Centro de Controle da Missão (CCM).

O PISB é composto de duas partes: Unidades e Subunidades básicas do computador de Bordo ("Hardware") e Programa Operacional Integrado - POI ("Software").

A Figura 1.1 mostra o Sistema de Bordo para MECB 1 salientando o Subsistema de Supervisão de Bordo e as ligações redundantes que ele deverá ter com os outros subsistemas de bordo.

Uma característica importante do Subsistema de Supervisão de Bordo, além da sua qualificação especial, é a incorporação, nele próprio, de um mecanismo de detecção de falhas para conseguir uma alta confiabilidade do subsistema.

O POI é composto por dois segmentos: O POI/Solo e o POI/Bordo. O POI é descrito no Capítulo 3.



**LEGENDA:**

- UPC/D - UNIDADE DE PROCESSAMENTO E COMUNICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO.
- UPD - UNIDADE DE PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO.
- UPD/C - UNIDADE DE PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO E COMUNICAÇÃO.
- Tx/TMS - TRANSMISSÃO DE TELEMETRIA DE SERVIÇO.
- Rx/TC - RECEPÇÃO DE TELECOMANDOS.
- TMCU - TELEMETRIA DE CARGA ÚTIL.
- S<sub>c</sub> - ANTENA PARA BANDA S (PARTE DE CIMA).
- S<sub>b</sub> - ANTENA PARA BANDA S (PARTE DE BAIXO).

Fig. 1.1 - Subsistemas da MECB 1 com destaque para o Subsistema de Supervisão de Bordo.

## CAPÍTULO 2

### ARQUITETURA DO COMPUTADOR DE BORDO

#### 2.1 - INTRODUÇÃO

A arquitetura do Padrão INPE de Supervisão de Bordo (PISB) foi projetada para processamento distribuído e de maneira tal que pos sua alta confiabilidade. A alta confiabilidade de "hardware" deverã ser obtida, neste caso, com a implantação de mecanismos de tolerância a falhas e com redundância nas ligações entre o Subsistema de Supervisão de Bordo e os outros subsistemas do satélite. O PISB obedece a uma arquitetura expansível modularmente.

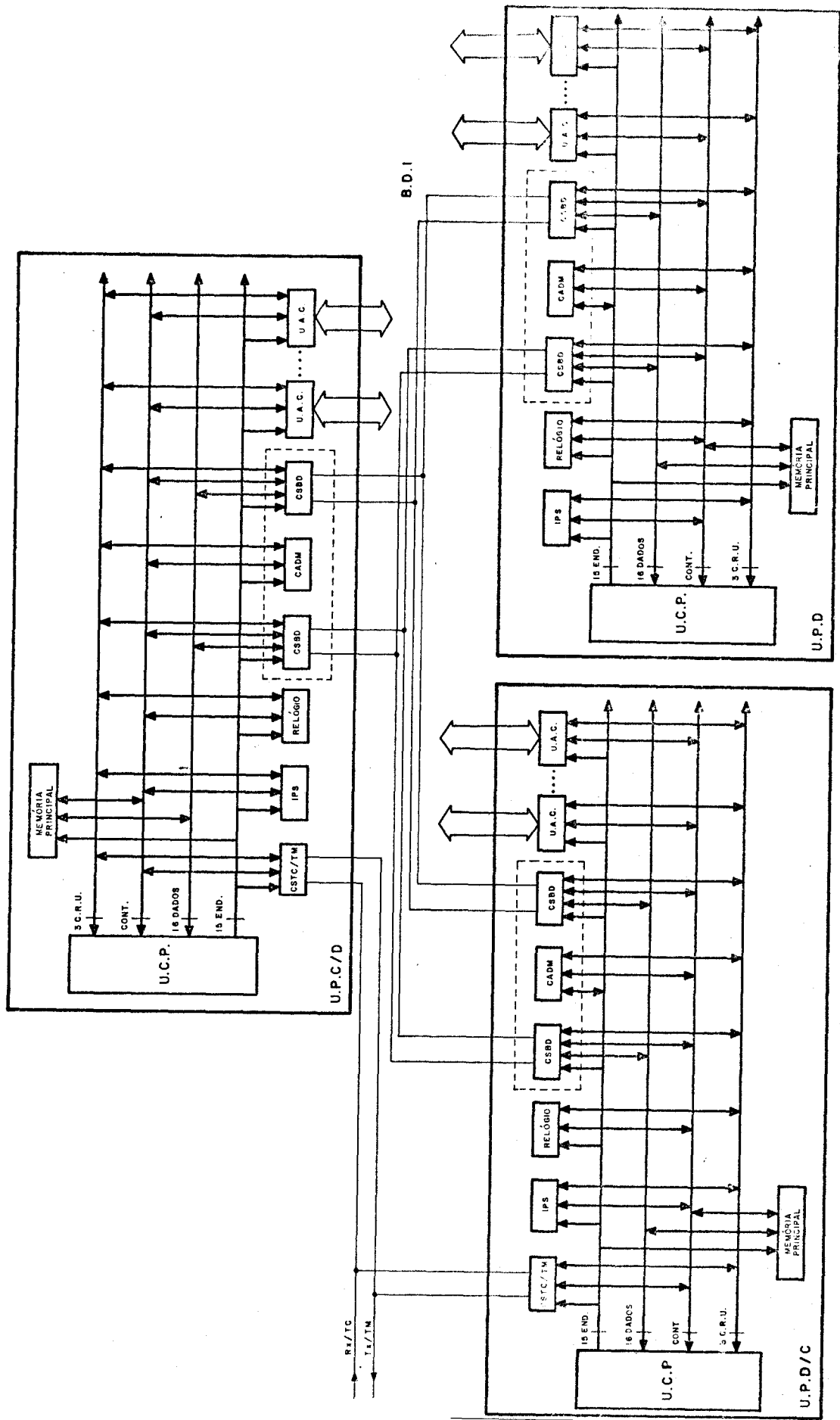
A arquitetura do PISB para o satélite de coleta de dados prevê três tipos de unidades de processamento e barramentos duplicados, por meio dos quais estas unidades se comunicarão. (Figura 2.1).

As unidades de processamento são configuradas com subunidades funcionais padrões, dimensionadas de acordo com a função que deve ser realizada, na missão específica.

A modularidade e padronização do PISB permite que os mesmos tipos de subunidades possam ser utilizados em missões futuras.

A Figura 2.1 mostra o tipo de arquitetura particular para o Subsistema de Supervisão de Bordo baseada no PISB, que será utilizado na MECB 1. Este computador foi denominado ASTRO B/3.

A Figura 2.1 descreve também a nomenclatura dos módulos que compoem o Subsistema Supervisão de Bordo.



**LEGENDA:**

- UPC/D - UNIDADE DE PROCESSAMENTO E COMUNICAÇÃO E DISTRIBUÍDO.
- UPD - UNIDADE DE PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO.
- UPD/C - UNIDADE DE PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO E COMUNICAÇÃO.
- BDI - BARRAMENTO DE DADOS INTERNO.
- IPS - INTERFACE PROGRAMÁVEL PARA SISTEMAS.
- CSBD - COMUNICADOR SERIAL DE BARRAMENTO DE DADOS.

- CADM - CONTROLADOR DE ACESSO DIRETO À MEMÓRIA.
- CSTC/TM - COMUNICADOR SERIAL DE TELECOMANDO E TELEMETRIA.
- UAC - UNIDADE DE AQUISIÇÃO E CONTROLE.
- UCP - UNIDADE CENTRAL DE PROCESSAMENTO.
- Rx/TC - RECEPÇÃO DE TELECOMANDO.
- Tx/TM - TRANSMISSÃO DE TELEMETRIA.

Fig. 2.1 - Subsistema de Supervisão de Bordo para a MECB 1, Computador ASTRO B/3.

## 2.2 - UNIDADES FUNCIONAIS DO PISB

As unidades funcionais do PISB são módulos configurados para executar funções específicas as quais dependem dos requisitos da missão, e que podem ser ligados entre si, provendo, desta forma, processamento distribuído.

Com o propósito de construir um padrão (PISB), projetaram-se quatro tipos de unidades funcionais, sendo três dessas unidades com capacidade de processamento e a outra constituída de um barramento para a comunicação entre as demais unidades:

- 1) Unidade de Processamento e Comunicação/Distribuído (UPC/D);
- 2) Unidade de Processamento Distribuído (UPD);
- 3) Unidade de Processamento Distribuído e Comunicação (UPD/C);
- 4) Barramento de Dados Internos (BDI).

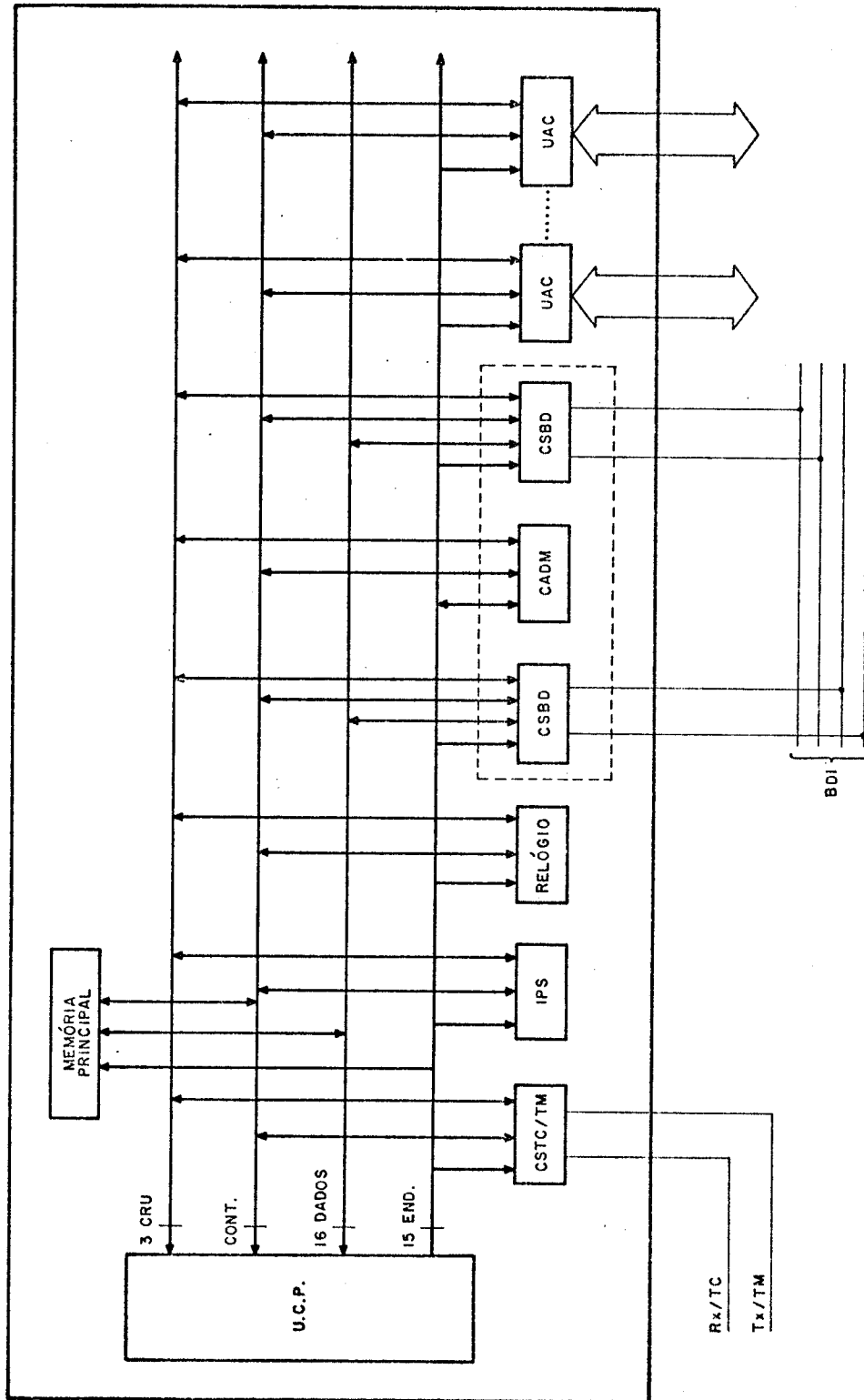
### 2.2.1 - UNIDADE DE PROCESSAMENTO E COMUNICAÇÃO/DISTRIBUÍDO (UPC/D)

A UPC/D é a unidade funcional encarregada, em situações normais de operação, de realizar:

- 1) a recepção de telecomandos (TC) de solo originados no Centro de Controle da Missão;
- 2) a transmissão de telemetria de serviço para solo destinado ao Centro de Controle da Missão;
- 3) a coordenação do acesso ao Barramento de Dados Interno (BDI);
- 4) o gerenciamento e a execução do processamento das tarefas a bordo, incluindo controle de aquisição e de distribuição de dados.

As subunidades funcionais do PISB que compõem a UPC/D estão representadas na Figura 2.2 e descritas a seguir:

- 1) *Unidade Central de Processamento (UCP)*: processador com palavra de 16 bits;
- 2) *Comunicador Serial de Barramento de Dados (CSBD)*: dispositivo responsável pela comunicação de dados entre uma unidade de processamento (de Comunicação ou Distribuída) e as demais, atravês do Barramento de Dados Interno;
- 3) *Comunicador Serial e Telemetria de Telecomando (CSTM/TC)*: dispositivo responsável pela comunicação entre o Subsistema de Supervisão de Bordo e o subsistema de Telecomando/Telemetria/Localização Telecomunicações de Bordo;
- 4) *Interface Programável do Sistema (IPS)*: dispositivo programável encarregado de controlar entrada e saída de dados e de interrupções para a UCP;
- 5) *Controlador de acesso direto à memória (CADM)*: dispositivo programável que controla o acesso direto à memória a partir de dispositivos periféricos;
- 6) *Memória Principal (MP)*: dispositivo para armazenamento de dados e programas;
- 7) *Relógio de Bordo*: dispositivo para fornecer a base de tempo da unidade;
- 8) *Unidade de Aquisição e Controle (UAC)*: é a subunidade funcional através da qual se realiza a aquisição de dados, controle e distribuição de dados e supervisão dos seguintes subsistemas:
  - i) Subsistema de Carga Útil;
  - ii) Subsistema de Suprimento de Energia;
  - iii) Subsistema de Eletrônica e Sensores;
  - iv) Subsistema de Controle de Atitude.



**LEGENDA:**

- BDI: BARRAMENTO DE DADOS INTERNO.
- CSTC/TM: COMUNICADOR SERIAL DE TELECOMANDO E TELEMETRIA.
- IPS: INTERFACE PROGRAMÁVEL PARA SISTEMA.
- CSBD: COMUNICADOR SERIAL DE BARRAMENTO DE DADOS.
- CADM: CONTROLADOR DE ACESSO DIRETO À MEMÓRIA.
- UAC: UNIDADE DE AQUISIÇÃO E CONTROLE.
- UCP: UNIDADE CENTRAL DE PROCESSAMENTO.

Fig. 2.2 - PISB: Unidade de Processamento Comunicação/Distribuído (UPC/D).



### 2.2.2 - UNIDADE DE PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO (UPD)

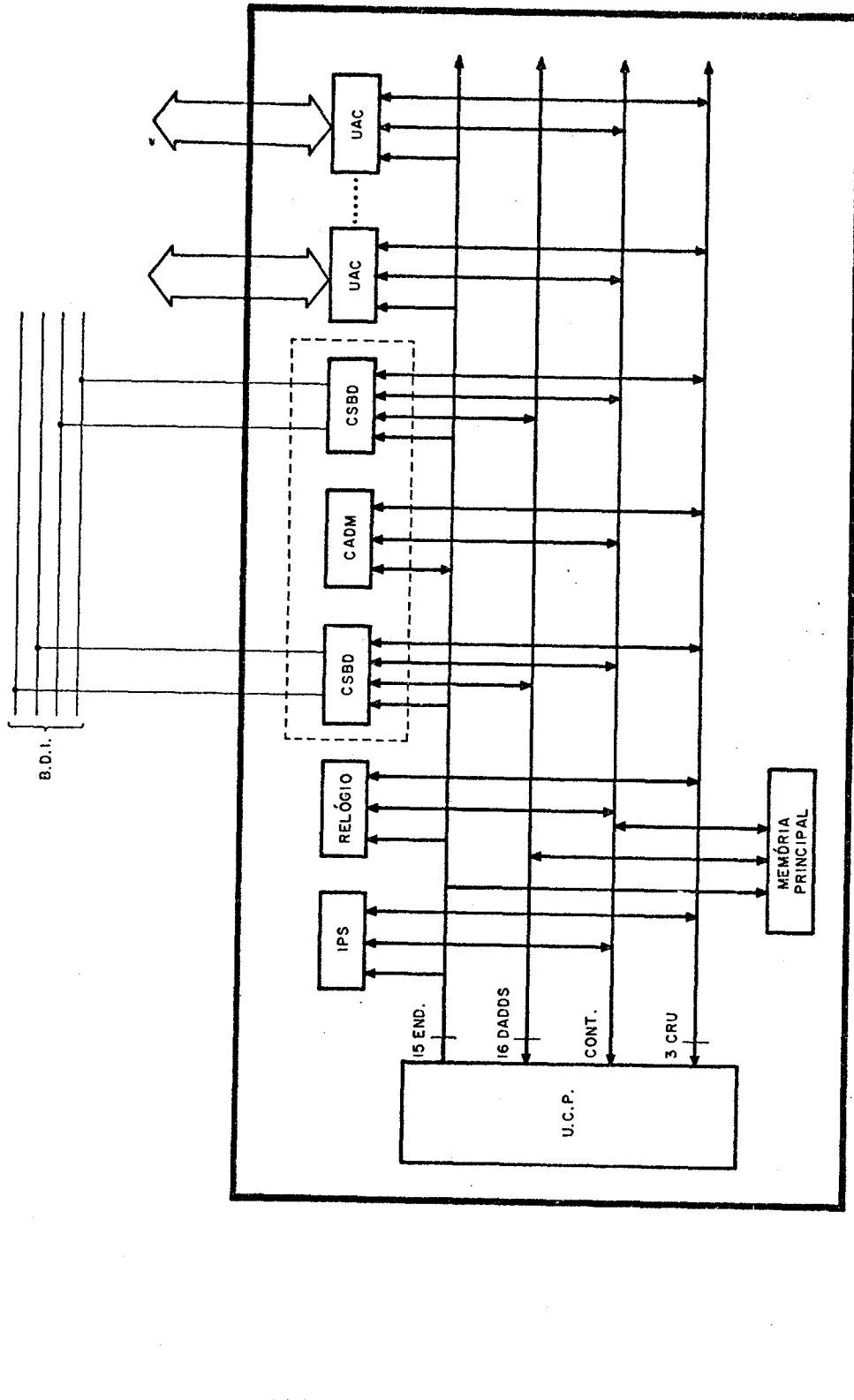
A UPD é a unidade funcional que se encarrega de realizar:

- 1) a aquisição, o controle, a distribuição de dados e a supervisão dos demais subsistemas de bordo;
- 2) o processamento dos dados adquiridos;
- 3) a recepção e transmissão de mensagens pela unidade que comunica com o barramento interno de dados.

A UPD para o computador ASTRO B/3 da MECB 1 é formada pelas seguintes subunidades do PISB como mostra a Figura 2.3:

- 1) *UCP*
- 2) *CSBD*
- 3) *IPS*
- 4) *CADM*
- 5) *MP*
- 6) *RELÓGIO*
- 7) *Unidade de Aquisição e Controle (UAC)*: é a subunidade funcional através da qual se realiza a aquisição de dados, o controle, a distribuição de dados e a supervisão dos seguintes subsistemas:
  - i) Subsistema de Carga Útil;
  - ii) Subsistema de Suprimento de Energia;
  - iii) Subsistema de Eletrônica e Sensores;
  - iv) Subsistema de Controle de Atitude.

**OBSERVAÇÃO:** O PISB também prevê a utilização futura de memória de massa, tais como magnética, bolhas, CCD, etc., em missões futuras, possivelmente ainda na MECB 2. Para tanto, está prevista a utilização do Controlador de Memória de Massa-CMM.



**LEGENDA:**

- BDI: BARRAMENTO DE DADOS INTERNO.
- IPS: INTERFACE PROGRAMÁVEL PARA SISTEMA.
- CSBD: COMUNICADOR SERIAL DE BARRAMENTO DE DADOS.
- CADM: CONTROLADOR DE ACESSO DIRETO À MEMÓRIA.
- UAC: UNIDADE DE AQUISIÇÃO E CONTROLE.
- UCP: UNIDADE CENTRAL DE PROCESSAMENTO.

Fig. 2.3 - PISB: Unidade de Processamento Distribuído (UPD)

### 2.2.3 - UNIDADE DE PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO E COMUNICAÇÃO (UPD/C)

A UPD/C é uma unidade funcional que em operação normal tem comportamento idêntico ao de uma UPD. Em caso de ocorrência de alguma falha grave na UPC/D, a UPD/C tem capacidade de substituí-la realizando todas as funções da UPC/D avariada.

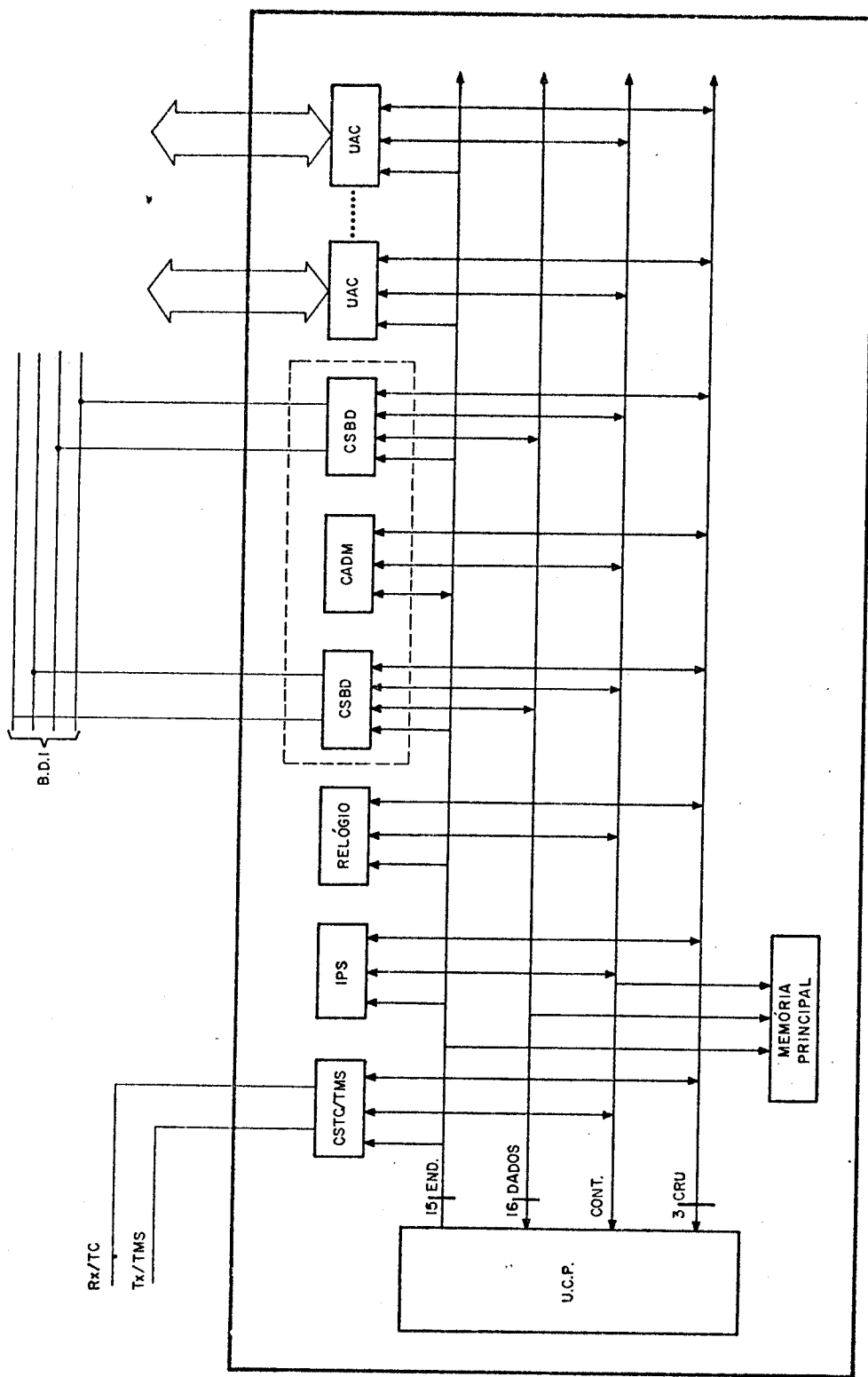
Para obter o comportamento multifuncional da UPD/C, incorpora-se um CSTM/TC à arquitetura de uma unidade UPD, como mostra a Figura 2.4.

### 2.2.4 - BARRAMENTO DE DADOS INTERNO (BDI)

O BDI é uma via de comunicação redundante, por onde se realiza a linha física aos Comunicadores Seriais de Barramento de Dados (CSBD).

Durante o funcionamento normal do subsistema, o fluxo de informações no BDI será controlado pela UPC. Quando ocorre uma falha grave que obriga a desativação da UPC, o controle do BDI deve ser tomado pela UPD/C.

Em resumo, a comunicação entre as unidades de processamento será realizada de forma hierárquica.



**LEGENDA:**

- B.D.I.:** BARRAMENTO DE DADOS INTERNO.
- CSTC/TMS:** COMUNICADOR SERIAL DE TELECOMANDO E TELEMETRIA DE SERVIÇO.
- IPS:** INTERFACE PROGRAMÁVEL PARA SISTEMAS.
- CSBD:** COMUNICADOR SERIAL DE BARRAMENTO DE DADOS.
- CADM:** CONTROLADOR DE ACESSO DIRETO À MEMÓRIA.
- UAC:** UNIDADE DE AQUISIÇÃO E CONTROLE.
- U.C.P.:** UNIDADE CENTRAL DE PROCESSAMENTO.

Fig. 2.4 - PISB: Unidade de Processamento Distribuído/Comunicação (UPD/C).

•••

## CAPÍTULO 3

### PROGRAMA OPERACIONAL INTEGRADO (POI)

O gerenciamento operacional do satélite é feito pelo Programa Operacional Integrado (POI), não só durante sua operação normal, mas também durante as suas fases críticas (lançamento, órbitas iniciais, etc.). O POI está distribuído pelos computadores presentes no Centro de Controle de Missão e a bordo do satélite, constituindo-se do segmento solo denominado POI/SOLO e do segmento bordo denominado POI/BORDO, respectivamente, os quais estão descritos nas Seções 3.1 e 3.2.

A comunicação entre estes dois segmentos é realizada através da Rede de Dados para Controle Espacial - REDACE, sendo que a troca de mensagens através desta rede observa o protocolo PRIME - Protocolo INPE para Missões Espaciais.

A estrutura do "software" destes dois segmentos foi escolhida de modo a permitir o gerenciamento independente de cada subsistema a bordo do satélite. Este gerenciamento é especificado através de um conjunto estruturado de procedimentos, não executáveis por um sistema computacional, denominado Plano de Operações, o qual especifica as atividades necessárias à realização de uma missão espacial. Como mostra a Figura 3.1, o Plano de Operações é constituído por Modos de Operação. Estes Modos de Operação são subconjuntos de procedimentos correlatos, organizados de maneira a especificar uma atividade de uma missão espacial.

O gerenciamento acima citado é realizado através de conjuntos estruturados de procedimentos, executáveis por um sistema computacional, denominados Processos de Operação.

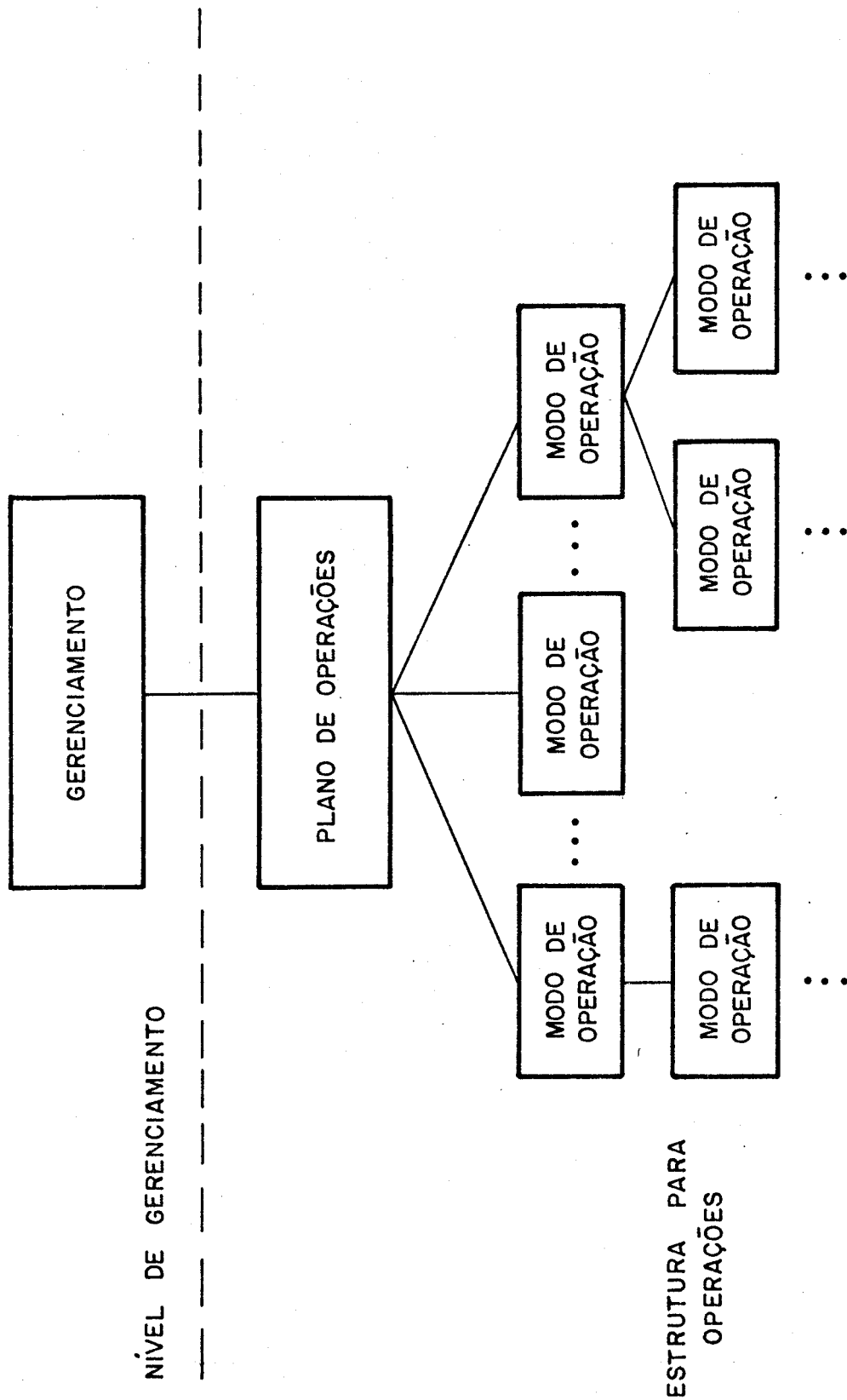


Fig. 3.1 - Plano de Operações.

### 3.1 - POI/SOLO

A diversidade de tarefas que necessitam ser executadas em solo para a operação de satélites é bem grande. Elas podem, porém, ser agrupadas segundo suas naturezas e executadas de forma modular e distribuídas pelos vários sistemas de computadores do segmento solo da MECB.

Neste contexto pôde-se identificar um conjunto de tarefas necessárias ao monitoramento e assessoramento permanente do funcionamento e do estado de serviço dos satélites. Elas serão executadas pelo segmento solo do Programa Operacional Integrado, podendo-se citar, entre outras as seguintes:

- Monitoramento da telemetria de serviço.

Através do processamento desses dados é possível obter o estado de funcionamento dos equipamentos do satélite.

Os procedimentos principais são sumariados abaixo:

- . arquivar os dados de telemetria em arquivos de discos ou fitas magnéticas;
  - . verificar, na fase de pré-processamento dos dados de telemetria, a validade dos dados recebidos, conversão dos dados para os respectivos valores em unidades de engenharia, etc.
- Roteamento de mensagens de telemetria para os processos de supervisão e controle que dão apoio aos subsistemas correspondentes a bordo do satélite.
  - Processamento e emissão prioritária de telecomandos nos seus diversos modos (manual, em tempo real e escalonado).
  - Produção de relatórios de estado de funcionamento.



- Troca de mensagens de serviço com os demais subsistemas de solo: supervisão das estações, centro de controle da rede, etc.
- Interação com os Processos de Operação do POI/Bordo pela troca de quadros de telecomando e telemetria.

Essas tarefas devem ser executadas em acordo com o Plano de Operações de cada missão. O Plano de Operações é um conjunto estruturado de procedimentos prēestabelecidos para a respectiva missão, que incorpora as características operacionais desta ao Programa Operacional Integrado (POI).

Assim, devido a estrutura de "software" necessāria para tal suporte e visando a obtenção de um sistema operacional simples e confiável, todas estas tarefas deverão ser executadas num mesmo ambiente de processamento. Este ambiente estarā caracterizado no Setor de Operações de Missão (SOM) que é parte do Centro de Controle de Missão (CCM).

O POI/Solo estarā, portanto, implementado no sistema de computadores do SOM cuja arquitetura e "software" bāsico jā estāo sendo especificados.

### 3.1.1 - ESTRUTURA DO "SOFTWARE" DO SETOR DE OPERAÇÃO DE MISSÃO (SOM)

De uma maneira geral o "software" do SOM, como mostra a Figura 3.2, é composto de três mōdulos:

- O NÚCLEO ("Kernel") e as rotinas bāsicas do sistema operacional fornecido pelo fabricante dos computadores centrais do SOM.
- Um programa supervisor multimissão (SUPERVISOR DE SOLO) que gerencia o roteamento de dados e as mensagens entre o satēlite e os sistemas correspondentes no Centro de Controle. Este programa supervisor contēm um segmento que interage com o programa

Operacional do Computador a bordo do satélite, que executa a sua supervisão, específica para cada missão, através da troca interativa de quadros de telecomando e de telemetria. O programa supervisor interage também com os demais hospedeiros do sistema REDACE, solicitando e/ou enviando relatórios operacionais e estes. De uma maneira geral, toda a interação do programa supervisor com cada hospedeiro do sistema REDACE é realizada através da troca de mensagens entre Processos de Operação. A troca padronizada de mensagens entre dois Processos de Operação quaisquer deverá observar o Protocolo INPE para Missões Especiais (PRIME).

- Um conjunto de programas utilitários (Utilitários de Subsistemas) para dar apoio aos subsistemas do Centro de Controle tais como: painel mímico, banco de dados, "display" e subsistemas que enviam ou recebem mensagens (TC e/ou TMS).

Os dois primeiros módulos (sistema operacional e programa supervisor) compõem o segmento de solo do Programa Operacional Integrado (POI/Solo).

Do ponto de vista funcional estes módulos são estruturados em níveis, da maneira clássica, em sistemas operacionais como mostrada a Figura 3.3.

NSO - NÚCLEO DO SISTEMA OPERACIONAL  
NSS - NÚCLEO DO SUPERVISOR DE SOLO  
SS - SUPERVISOR DE SOLO

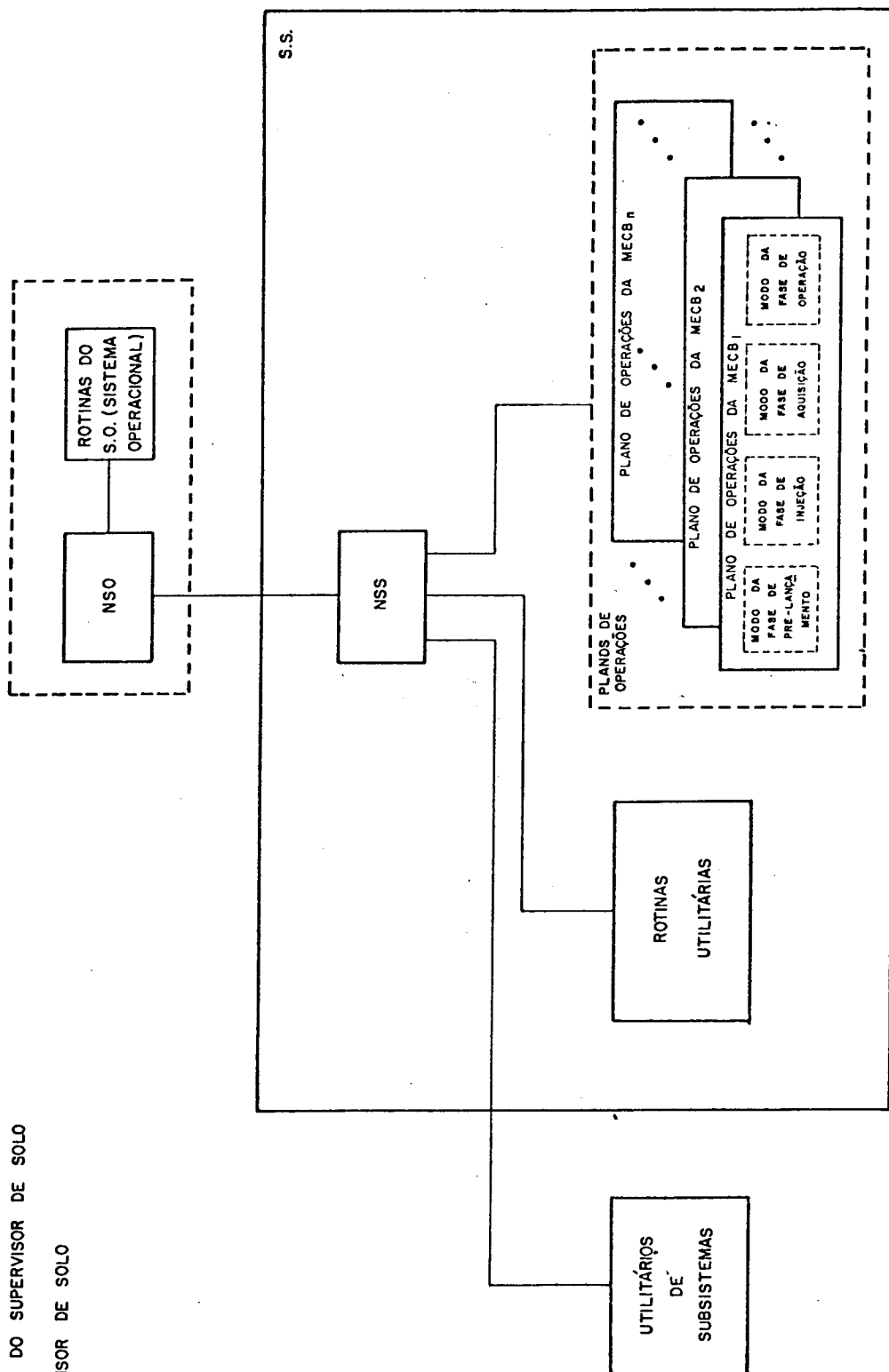


Fig. 3.2 - Estrutura do "software" do Centro de Controle de Missão.

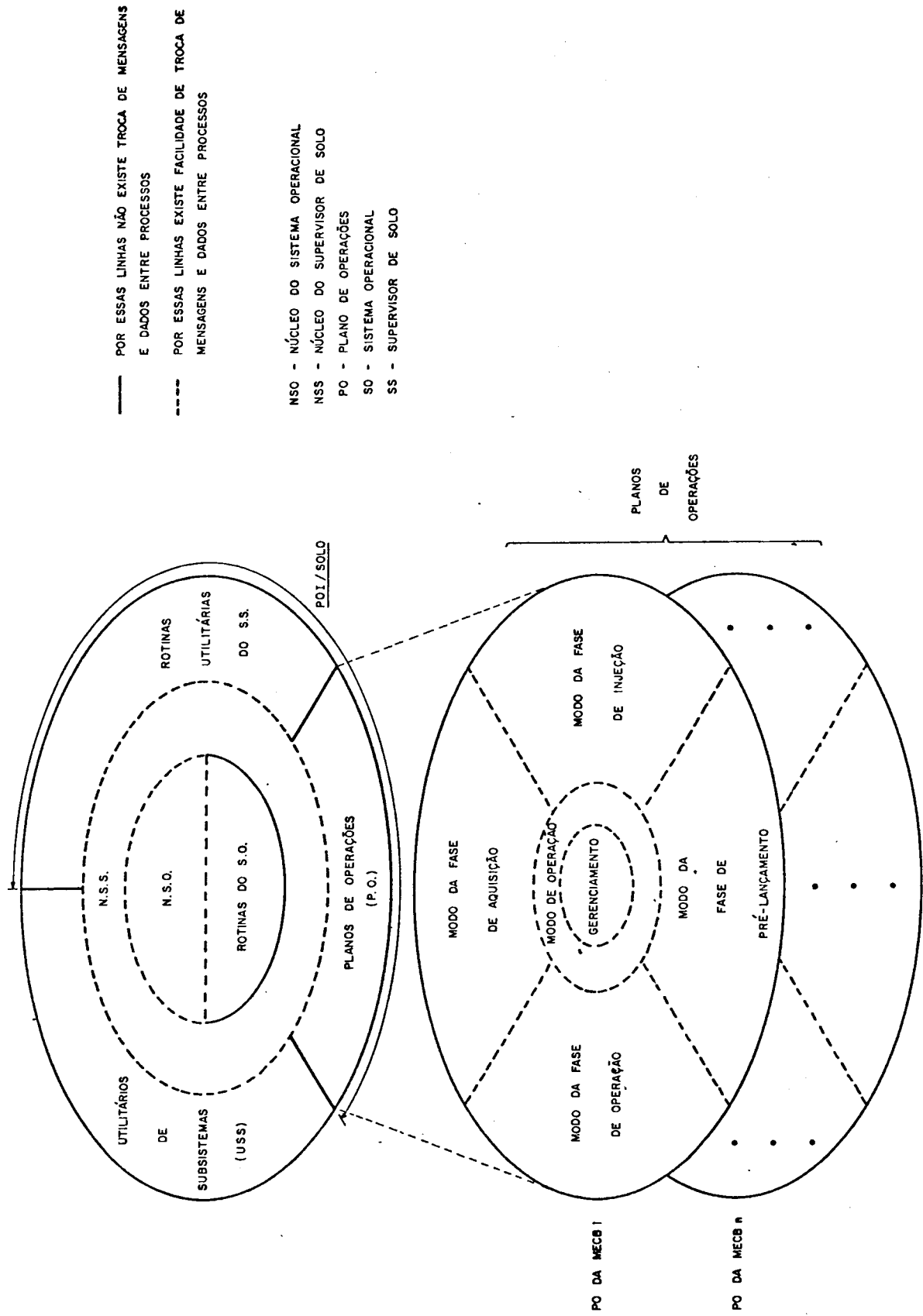


Fig. 3.3 - Estrutura, em multiníveis, do "software" do Centro de Controle de Missão.

### 3.1.2 - O PROGRAMA SUPERVISOR MULTIMIÇÃO (SUPERVISOR DE SOLO)

O supervisor de Solo dá ao POI/Solo a característica de permitir uma comunicação direta de cada gerente de subsistema com o subsistema correspondente em bordo, como mostra a Figura 3.4, sendo todo o processamento de coleta e disseminação de dados transparente aos gerentes de subsistemas.

A função do Supervisor de Solo é a de, basicamente, moldar as facilidades e os recursos oferecidos pelo sistema operacional, fornecido pelo fabricante dos computadores centrais do SOM, às condições do ambiente de multiprogramação necessário para a execução das tarefas citadas anteriormente.

O supervisor é constituído de três partes distintas, e descritas a seguir, conforme mostra a Figura 3.2.

#### - Núcleo do Supervisor de Solo (NSS)

Responsável, entre outras coisas, pelo escalonamento dos Planos de Operações e pelo controle do acesso às Rotinas Utilitárias e aos Utilitários de Subsistemas que estiverem presentes no computador central do SOM (computador de supervisão e roteamento).

#### - Planos de Operações (PO)

Como já foi dito anteriormente, o Plano de Operações é um conjunto estruturado de procedimentos que incorpora as características operacionais da missão ao Programa Operacional Integrado (POI).

Cada missão tem um Plano de Operações associado e um conjunto de Processos de Operação que serão executados sob o controle do núcleo do supervisor de solo.

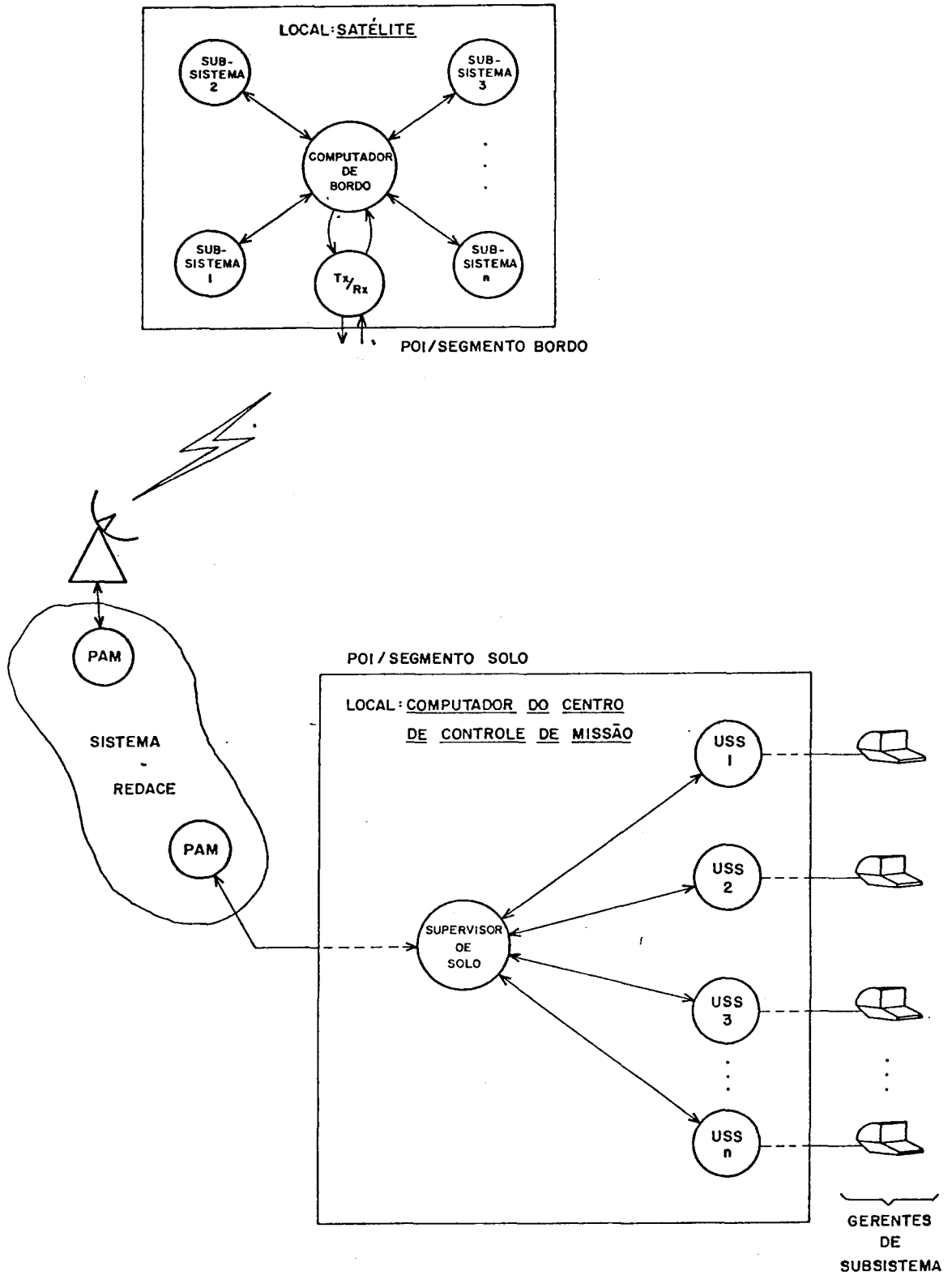


Fig. 3.4 - Uma Visão dos Canais Virtuais de Comunicação Providos pelo POI através do SISTEMA REDACE.

É importante lembrar que, por ser um Supervisor multimissão, muitos Processos de Operação serão executados concorrentemente, o que implica a execução concorrente de várias rotinas num ambiente de processamento em tempo real.

#### - Rotinas Utilitárias

Englobam as rotinas que executam as tarefas requisitadas pelos diversos Planos de Operação bem como as rotinas de serviço do Supervisor de Solo (e.x.: rotinas de tratamento das mensagens pertinentes ao sistema REDACE).

#### 3.2 - POI/BORDO

A arquitetura do computador ASTRO B/3 descrita no Capítulo 4 apresenta nitidamente características de processamento distribuído. Esta arquitetura é constituída por múltiplos processadores com memórias próprias e estes processadores são interligados por um barramento serial de dados comum, o que proporciona processamento paralelo a bordo do satélite.

A aplicação deste tipo de arquitetura, em missões espaciais, exige o desenvolvimento de um sistema operacional distribuído, que contenha, além das características inerentes a sistemas de tempo real, capacidade de diagnose e de recuperação de falhas.

No desenvolvimento do POI/BORDO explora-se a modularidade fornecida pela arquitetura do computador de bordo, com o objetivo de proporcionar ao Padrão INPE de Supervisão de Bordo - PISB a característica de multimissão. Portanto, as características funcionais do PISB serão as mais duradouras possíveis, tornando-as praticamente independentes da tecnologia empregada nas unidades básicas do computador de bordo.

As características funcionais do PISB estão integradas na estrutura do POI/Bordo e empregam conceitos largamente utilizados em sistemas de processamento distribuído, os quais tornam a reconfiguração do POI/Bordo, em função da missão espacial, bastante simples.

### 3.2.1 - ESTRUTURA DO POI/BORDO

No projeto do POI/Bordo introduziram-se estruturas compatíveis com a arquitetura física do computador de bordo, ou seja, de acordo com o ambiente de execução concorrente nas unidades de processamento e com a capacidade de troca de informações entre estas unidades.

Desta forma, o POI/Bordo é constituído, em torno de cada um dos seus processadores, de um conjunto de rotinas, denominadas Núcleo, que são iguais para todos os processadores. Cabe a estes últimos dar apoio ao ambiente de execução concorrente local, o que possibilita a implantação de mecanismo de comunicação entre rotinas de controle de subsistemas, denominadas Processos, não importando em que processadores estejam estes Processos.

O mecanismo de comunicação entre Processos, tanto do mesmo processador como entre Processos de processadores distintos, se faz por Troca de Mensagens. Isto é necessário em razão do computador ASTRO B/3 não possuir memória compartilhada entre processadores.

No ambiente de um processador, o POI/Bordo é composto por um Núcleo e um conjunto de Processos e estes últimos são divididos em duas classes: Vanguarda e Retaguarda (Figura 3.5).



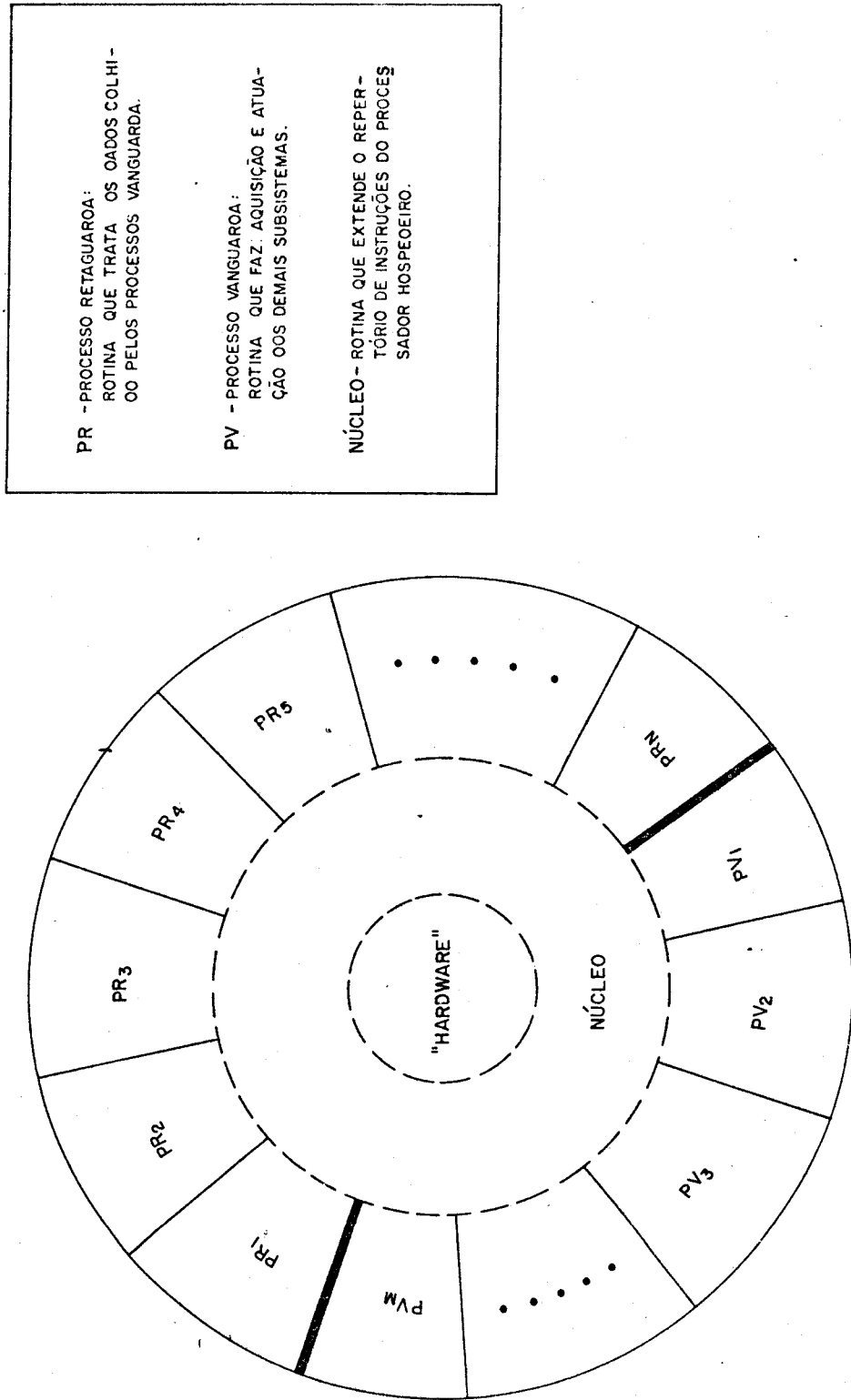


Fig. 3.5 - "Software" local à uma Unidade de Processamento do ASTRO B/3.

### 3.2.2 - NÚCLEO

O Núcleo é composto por um conjunto de rotinas que estendem o repertório de instruções do processador hospedeiro. Estas instruções adicionais são denominadas Primitivas do Núcleo e correspondem aos mecanismos de sincronização e comunicação entre os Processos.

Além de executar as Primitivas, o Núcleo exerce a função de supervisionar a execução dos Processos. Esta supervisão é feita através de interrupção, que força a execução do Núcleo pelo processador a cada Base de Tempo.

Nesse sentido, o Núcleo primeiro suspende, quando houver, o processo Retaguarda, atualizando o contador de tempo. Em seguida, verifica-se se houve algum erro de execução dos Processos Vanguarda no ciclo anterior (tempo ocorrido entre duas Bases de Tempo).

Se o processamento do ciclo anterior foi correto, então o Núcleo verifica se existe nova tarefa a ser executada, ativando-a através dos Processos apropriados; senão é iniciado um procedimento de recuperação do POI/Bordo.

Depois, verifica-se a existência de outros Processos Vanguarda que necessitam ser ativados na atual Base de Tempo; ativando-os se necessário.

Terminados os Processos Vanguarda para aquele ciclo, é retomada, caso houver, a execução do Processo Retaguarda interrompido no ciclo anterior.

### 3.2.3 - PROCESSOS

Os Processos são corpos de programa que concorrem pelo processador em função da existência dos requisitos para as respectivas ativações, sendo divididos em duas classes: Retaguarda e Vanguarda.

Os Processos Vanguarda fazem aquisição de dados ou emitem sinais de controle através de, basicamente, operações de entrada e saída do processador. Estes processos são de execução breve e ativados em função de instantes de tempo, os quais serão previamente estabelecidos pelo Plano de Operações do satélite.

Os Processos Retaguarda trabalham com dados que foram adquiridos ou não deverão atuar através dos Processos Vanguarda. Portanto, os Processos Retaguarda também tomam decisões e enviam sinais de controle para os subsistemas através dos Processos Vanguarda.

Todos os Processos, independente do processador em que são executados, obedecem a estados de processamento como é representado pelo diagrama da Figura 3.6, e são descritos a seguir:

- Ativos: processos prontos para ser executados;
- Executando: processo sendo executado;
- Suspensos: processos que esperam por requisito(s) de ativação;
- Inativos: processos terminados.

Os processos possuem funções específicas no processamento de bordo. Estas funções são determinadas de acordo com o tipo de missão. Isto é, para cada missão somente são configurados os Processos necessários, os quais são suportados pelo mesmo Núcleo.

De uma forma geral, são descritos abaixo alguns Processos de Operação que são implantados por conjuntos de Processos Vanguarda e Retaguarda:

- recepção e tratamento de telecomandos, originados no Centro de Controle de Missão;
- transmissão de telemetrias, destinadas ao Centro de Controle de Missão;

- detecção, diagnose e recuperação de falhas do Subsistema de Supervisão de Bordo, permitindo reconfigurá-lo;
- e aqueles que supervisionam os seguintes subsistemas:
  - . Carta Útil;
  - . Suprimento de Energia;
  - . Eletrônica e Sensores;
  - . Controle de Atitude.

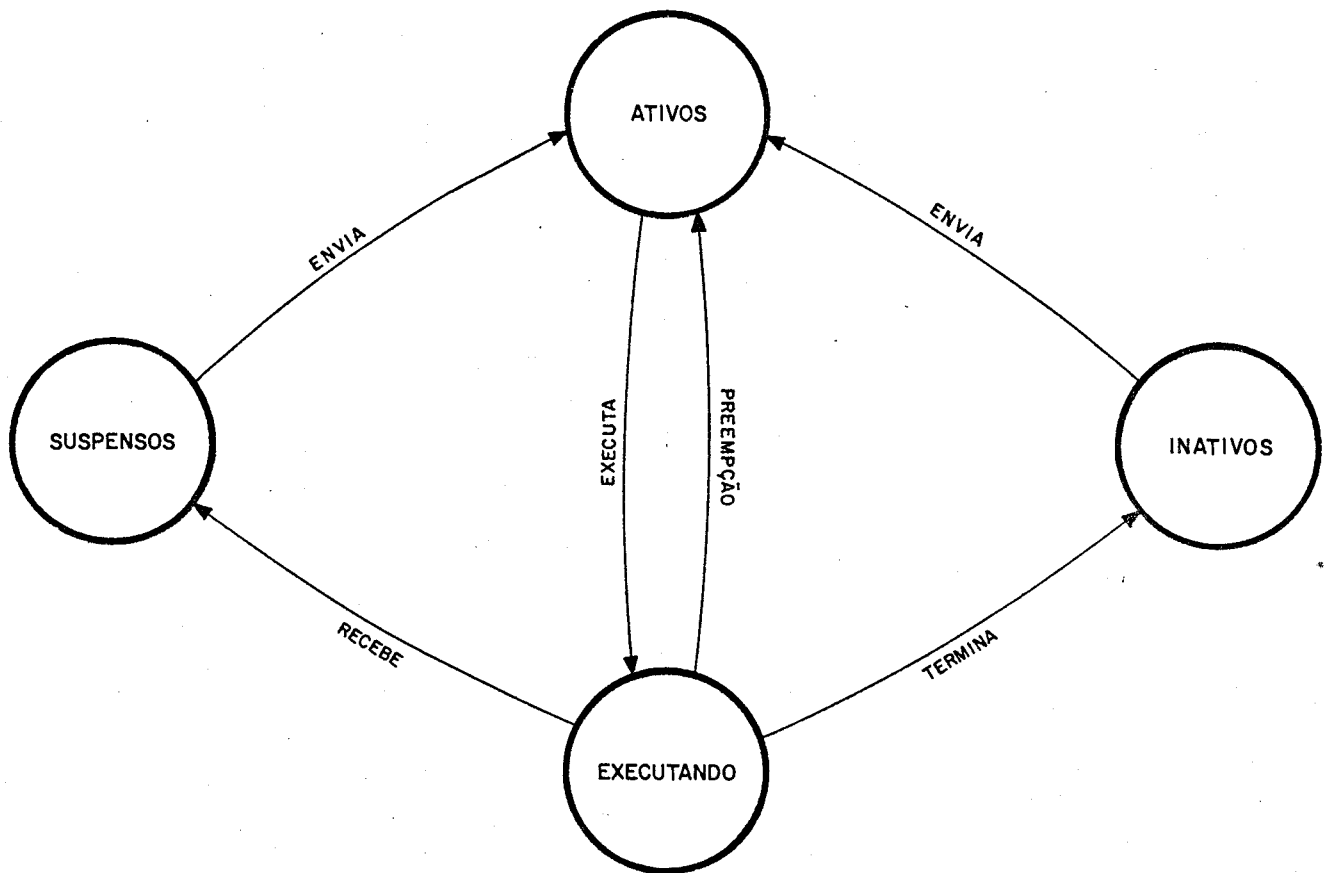


Fig. 3.6 - Diagrama de Estados dos Processos.



## CAPÍTULO 4

### DESCRIÇÃO DAS SUBUNIDADES BÁSICAS DO PISB

#### 4.1 - UNIDADE CENTRAL DE PROCESSAMENTO (UCP)

A Unidade Central de Processamento (UCP) é baseada no microprocessador SBP 9900 da Texas Instruments Inc. Este microprocessador foi selecionado por ter sido implementado na tecnologia I<sup>2</sup>L a qual é caracterizada por baixo consumo de energia e alta resistência a radiação. O SBP 9900 é um microprocessador para palavras de 16 bits e tem a capacidade para acesso até 32K palavras de memória. Uma característica interessante desse microprocessador é a de ser ligado às demais subunidades através de um barramento serial denominado CRU o que reduz consideravelmente o número de ligações internas de barramento.

O diagrama de Unidade Central de Processamento é apresentado na Figura 4.1. O microprocessador é protegido por circuitos "buffers" que têm por finalidade adaptar os sinais externos aos níveis de tensão e à corrente do microprocessador e isolá-lo do barramento de dados e endereços durante uma operação de acesso direto à memória controlada pelo CADM.

A Figura 4.1 mostra ainda as nomenclaturas dos módulos.

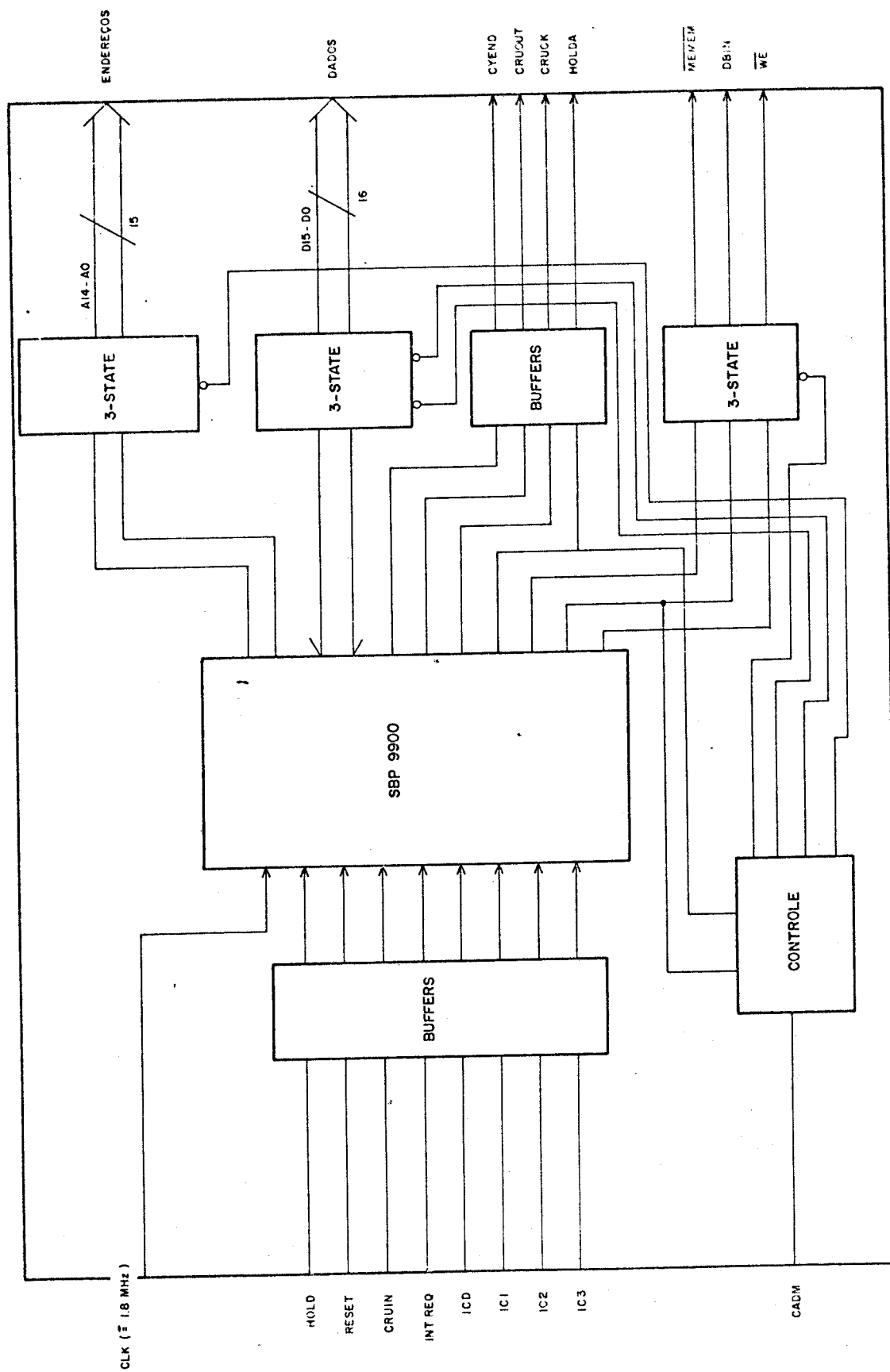


Fig. 4.1 - Diagrama de blocos da subunidade Unidade Central de Processamento (subunidade PISB).

#### 4.2 - INTERFACE PROGRAMÁVEL DO SISTEMA (IPS)

A Interface Programável do Sistema (IPS) tem a finalidade de efetuar o interfaceamento entre a UCP e os periféricos a nível de interrupção e de entrada e saída (E/S). Sua comunicação com a UCP ocorre via CRU (Unidade de Registros de Comunicação) pelas linhas de controle de interrupção. Ela ocupa 64 bits do espaço de escrita e de leitura da CRU.

A IPS possui quatro blocos distintos (Figura 4.2) Interrupção, "Timer", Divisor de Frequência para o "Timer" e Saída de Nível; além de dois blocos opcionais: Bloco para Saídas Pulsadas e Bloco para Entradas e Saídas de Nível.

A Figura 4.2 mostra também a legenda do esquema da IPS.

As principais funções da IPS são:

- a) ler os pedidos de interrupção, gerar um código de interrupção em função da prioridade pré-fixada e enviar este código à UCP;
- b) ler o estado de periféricos;
- c) enviar sinais de atuação e sinalização aos periféricos;
- d) gerar periodicamente uma interrupção, cujo período é programável (interrupção de nível 3), o que é realizado pelo bloco "timer";
- e) gerar saídas pulsadas com a finalidade de desativar solicitações de interrupções já atendidas e/ou atuar em periféricos.



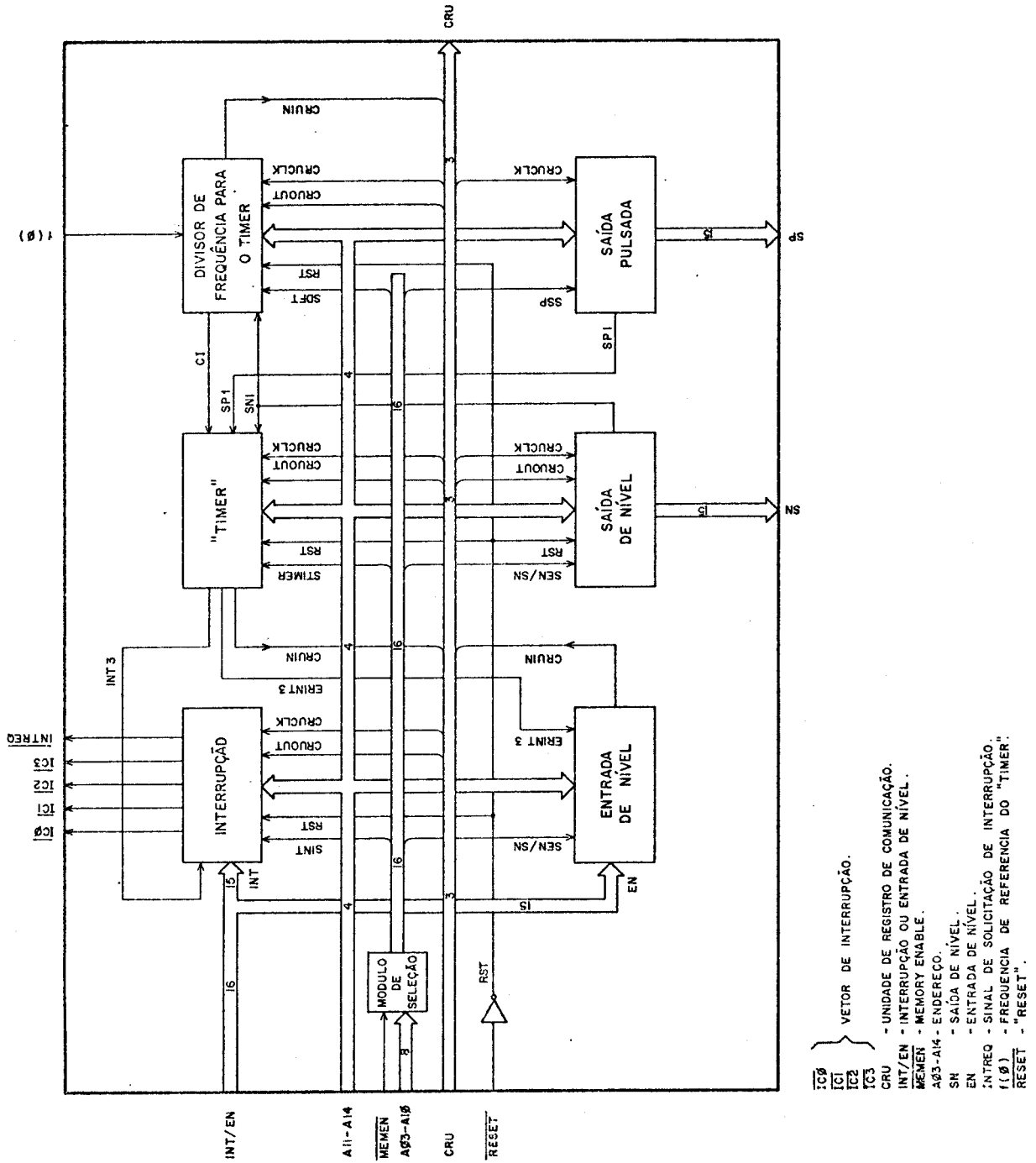


Fig. 4.2 - Subunidade Interface Programável do Sistema (subunidade PISB).

#### 4.3 - RELÓGIO (E PADRÃO DE TEMPO)

Esta subunidade tem a finalidade de gerar os diversos sinais de base de tempo, para as demais subunidades de processamento (UPC/D, UPD/C e UPD) e fornecer o tempo (hora) em relação a uma referência de tempo, predeterminada. Desta forma, a hora de ocorrência de cada evento no computador de bordo pode ser armazenada para a estação de terra.

O diagrama de bloco do RELÓGIO é mostrado na Figura 4.3. Esta subunidade é formada de um oscilador a cristal, divisores de frequências e contadores. Intervalos de tempo inferiores a um segundo são registrados nos contadores, enquanto intervalos superiores a um segundo são computados por programação, e armazenados na memória principal.

Periódicamente, a contagem do relógio de bordo deverá ser comparado com o relógio da estação de terra. Caso haja discrepância, o relógio de bordo deverá ser adiantado ou atrasado por telecommandos.

LEGENDA :

ENTRADAS :

- A<sub>3</sub> - A<sub>14</sub> : ENDEREÇOS.
- S<sub>13</sub> : SINCRONISMO DA FREQUÊNCIA DE ATUALIZAÇÃO
- CRUOUT : SINAL DE SAÍDA DA CRU.
- MEMEN : "MEMORY ENABLE".
- DESINT : DESATIVA A INTERRUÇÃO DA URG.
- DESINTBT : DESATIVA A INTERRUÇÃO DA BASE DE TEMPO
- CRUCLK : SINAL DE "CLOCK" QUE ACOMPANHA O CRUOT.
- RESET : "RESET".

SAÍDAS :

- FBDI : FREQUÊNCIA DE BARRAMENTO DE DADOS INTERNO.
- FTEL : FREQUÊNCIA DE TELECOMANDO.
- IPC : FREQUÊNCIA DE MICRO.
- INT : INTERRUÇÃO DA URG.
- INTBT : INTERRUÇÃO DA BASE DE TEMPO.
- ERINT : SINAL INDICATIVO DE ERRO DE PERIODICIDADE NA INTERRUÇÃO DA URG
- ERINTBT : SINAL INDICATIVO DE ERRO DE PERIODICIDADE NA INTERRUÇÃO DA BASE DE TEMPO
- CRUIN : SINAL DE ENTRADA DA CRU.

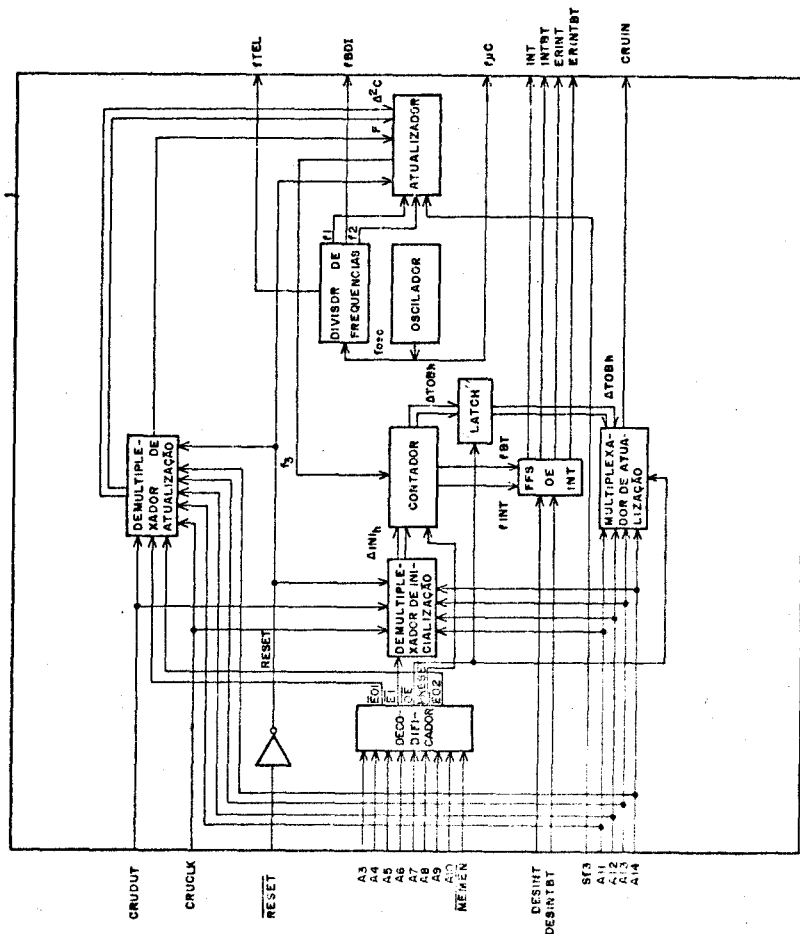


Fig. 4.3 - Diagrama de blocos da subunidade Relógio (subunidade PISB).

#### 4.4 - MEMÓRIA PRINCIPAL

A Memória Principal é a subunidade constituída da memória de acesso aleatória, RAM, e da memória de leitura, ROM. A memória RAM é formada por 88 células de 4K palavras por 1 bit de dado, perfazendo um total de 16K palavras de 16 bits mais 6 bits de paridade, usados para detecção e correção de erros. Os bits de paridade são gerados segundo o código de Hamming pelo circuito gerador de código. Este código permite a detecção de dois erros e a correção de um erro. A palavra corrigida é reescrita na memória.

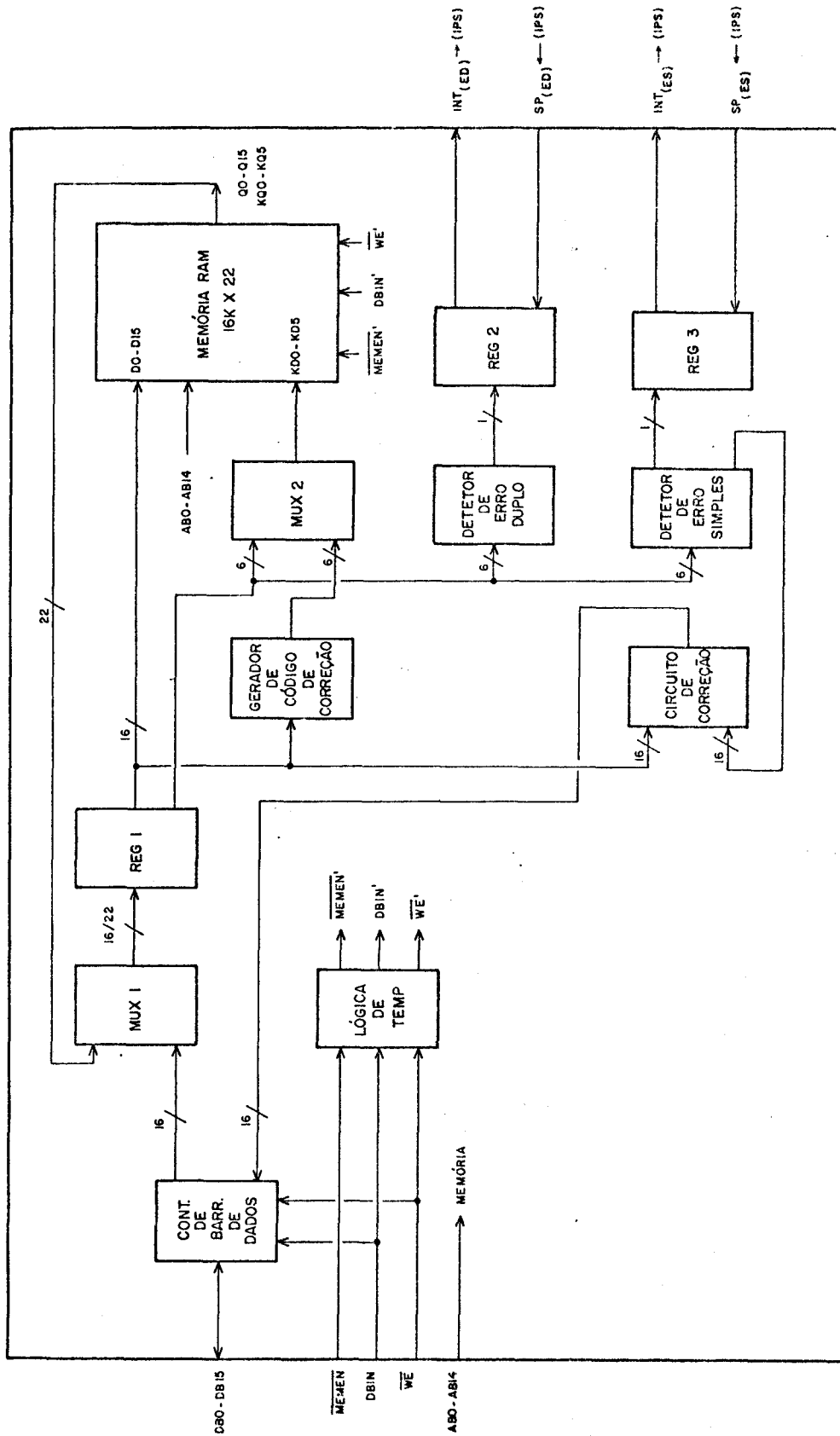
A memória ROM é formada de 16 células de 2K palavras por 8 bits de dado, perfazendo um total de 16K palavras por 16 bits. Nessa memória são armazenadas as rotinas do sistema operacional e aquelas dos programas de aplicação.

O diagrama de blocos da memória principal é apresentado na Figura 4.4.

#### 4.5 - CONTROLADOR DE ACESSO DIRETO À MEMÓRIA

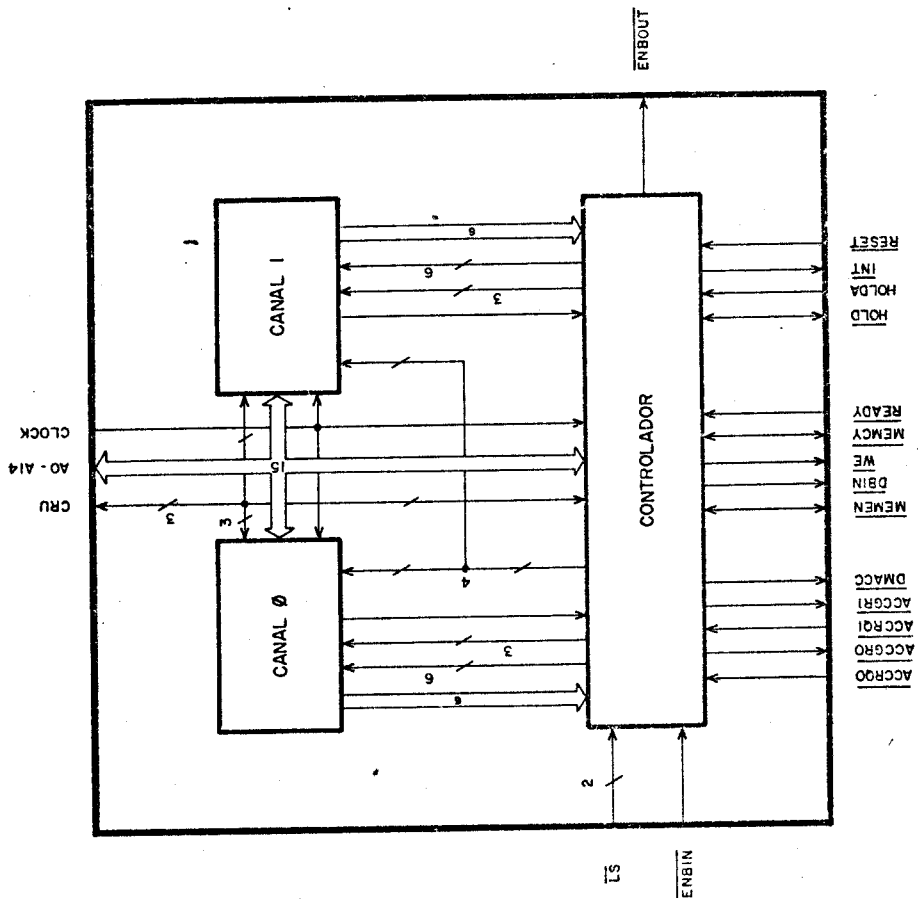
O Controlador de Acesso Direto à Memória CADM é a subunidade responsável pela transferência direta de informações entre a memória e as subunidades periféricas, independentemente da Unidade Central de Processamento (UCP). Cada CADM pode interfacear até dois canais periféricos independentes para comunicação de dados com acesso direto à memória.

Os CADMs são utilizados nas unidades de processamento UPC/D, UPD/C e UPD, nas operações de transferência de informações e taxas elevadas. O CADM é formado por 3 módulos, como é mostrado na Figura 4.5.



- DBO-DB15 - BARRAMENTO DE DADOS DO SISTEMA.
- MEMEN' - HABILITAÇÃO DE MEMÓRIA.
- DBIN' - DATA BUS IN.
- WE' - PULSO DE ESCRITA NA MEMÓRIA.
- INT(ED) - INTERRUPTÇÃO DE OCORRÊNCIA ERRO DUPLO.
- SP(ED) - SAÍDA PULSADA DA IPS.
- INT(ES) - INTERRUPTÇÃO DE OCORRÊNCIA ERRO SIMPLES.
- SP(ES) - SAÍDA PULSADA DA IPS.
- ABO-ABI4 - BARRAMENTO DE ENDEREÇO.

Fig. 4.4 - Diagrama de blocos da subunidade Memória Principal (subunidade PISB).



LEGENDA:

- AO - A14 - LINHAS DE ENDEREÇO.
- LS - LINHAS DE SELEÇÃO DO CADM.
- CRU - LINHAS DO CRU.
- MEMEN - INDICA CICLOS DE MEMÓRIA.
- DBIN - INDICA O SENTIDO DA TRANSFERÊNCIA DE DADOS.
- WE - PORTA O PULSO PARA TRANSFERÊNCIA DE DADOS.
- READY - INDICA O ESTADO DE UMA OPERAÇÃO DE ESCRITA/LEITURA NA MEMÓRIA.
- MEMCY - INDICA O ESTADO DE UMA OPERAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA
- INT - LINHA DE INTERRUPTÃO. INDICA O TÉRMINO DAS OPERAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA PROGRAMADAS
- RESET - ZERA OS REGISTROS INTERNOS
- ACCR00 - INDICA A REQUISICÃO DO ACESSO PELO PERIFÉRICO CONECTADO AO CANAL 0.
- ACCRQ1 - INDICA A REQUISICÃO DE ACESSO PELO PERIFÉRICO CONECTADO AO CANAL 1.
- ACGR0 - INFORMA AO PERIFÉRICO CONECTADO AO CANAL 0 QUE SUA REQUISICÃO DE ACESSO ESTÁ SENDO ATENDIDA
- ACGR1 - INFORMA AO PERIFÉRICO CONECTADO AO CANAL 1 QUE SUA REQUISICÃO DE ACESSO ESTÁ SENDO ATENDIDA
- DMACC - CONTROLA OS BARRAMENTOS DURANTE OPERAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA PELD MODO TRANSPARENTE
- HOLD - INFORMA A UCP QUE O CADM ESTÁ REQUISITANDO OS BARRAMENTOS.
- HOLDA - INDICA AO CADM QUE A UCP CEDEU O CONTROLE DOS BARRAMENTOS.
- ENBIN - ESTABELECE A ORDEM DE PRIORIDADE ENTRE OS CADM.
- ENBOUT - INFORMA AOS CADMS DE MENOR PRIORIDADE QUE UM LE MAIOR PRIORIDADE ESTÁ REQUISITANDO OS BARRAMENTOS DEVE SER CONECTADA A ENTRADA ENBIN
- CLOCK - RELÓGIO

Fig. 4.5 - Diagrama de blocos da subunidade Controlador de Acesso Direto à Memória (subunidade PISB).

Os canais 0 e 1 compreendem a estrutura para programação e atualização dos endereços de memória que serão utilizadas durante as operações de transferência, e o apoio para a programação do modo e do tipo de transferência e manutenção dos registros de estado, para cada canal.

O Controlador compreende os circuitos que dão prioridade às requisições de acesso, controle das operações de transferência, compatibilização dos sinais de saída e controle das operações de carregamento e atualização.

#### 4.6 - COMUNICADOR SERIAL DE BARRAMENTO DE DADOS

O Comunicador Serial de Barramento de Dados (CSBD) é a Subunidade utilizada como meio de comunicação entre as UPC/Ds, UPD/Cs e UPDs, as quais estão interligadas por meio de um Barramento de Dados Serial.

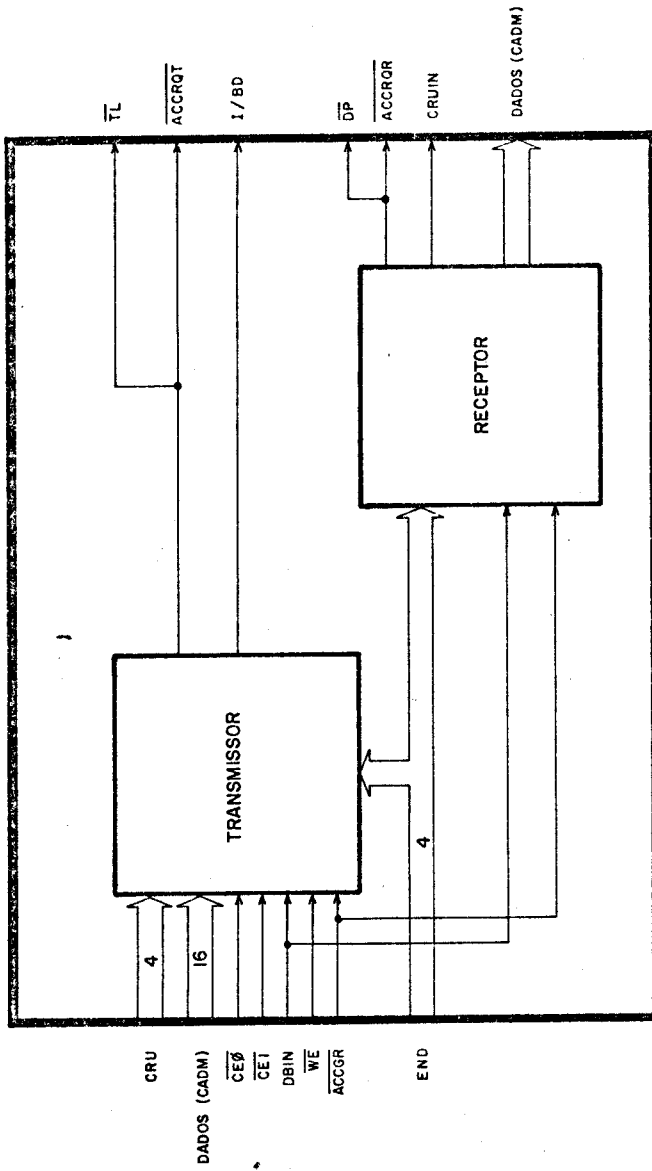
Esta Subunidade é composta de um transmissor e de um receptor de dados, como é mostrado na Figura 4.6.

E como regra geral de comunicação de dados via CSBD, a UPC/D interroga uma UPD especificada e determina quando esta deve responder; a UPD interrogada responde com uma palavra de status, seguida ou não de dados.

A mensagem transmitida é uma palavra de 20 bits, sendo 2 bits de sincronismo, 16 bits de dados, 1 bit de paridade e 1 bit de "stop".

O sincronismo serve para especificar se a mensagem é de dado (SINC=11) ou de comando (SINC=00).

A transferência interna de dados pode ser realizada com o auxílio do CADM ou por interrupção, atendida pela respectiva UCP.



**LEGENDA:**

- CRU: UNIDADE DE REGISTRO DE COMUNICAÇÃO.
- CEI: "COMPONENT ENABLE".
- DBIN: "DATA BUS IN".
- WE: "WRITE ENABLE".
- ACCGR: "ACCESS GRANTED".
- END: ENDEREÇO.
- I/BD: SIGNAL TRANSMITIDO.
- CRUIN: SIGNAL DE ENTRADA DO CRU.
- TL: TRANSMISSOR LIVRE.
- DP: DADO PRONTO.
- ACCRQT: "ACCESS REQUEST" DO TRANSMISSOR.
- ACCROR: "ACCESS REQUEST" DO RECEPTOR.

Fig. 4.6 - Subunidade Comunicador Serial de Barramento de Dados (subunidade PISB).



#### 4.7 - BARRAMENTO DE DADOS INTERNO

O Barramento de Dados Interno (BDI) constitui o elo físico entre as unidades de processamento (UPC/D, UPD/C e UPD) do computador de bordo. A finalidade do BDI é permitir a troca de mensagens entre a UPC/D e a UPD/C e UPD. As mensagens que fluem pelo BDI devem ser moduladas no código "Bi-Phase" e enviadas pelo barramento à taxa de 500 Kbits/s.

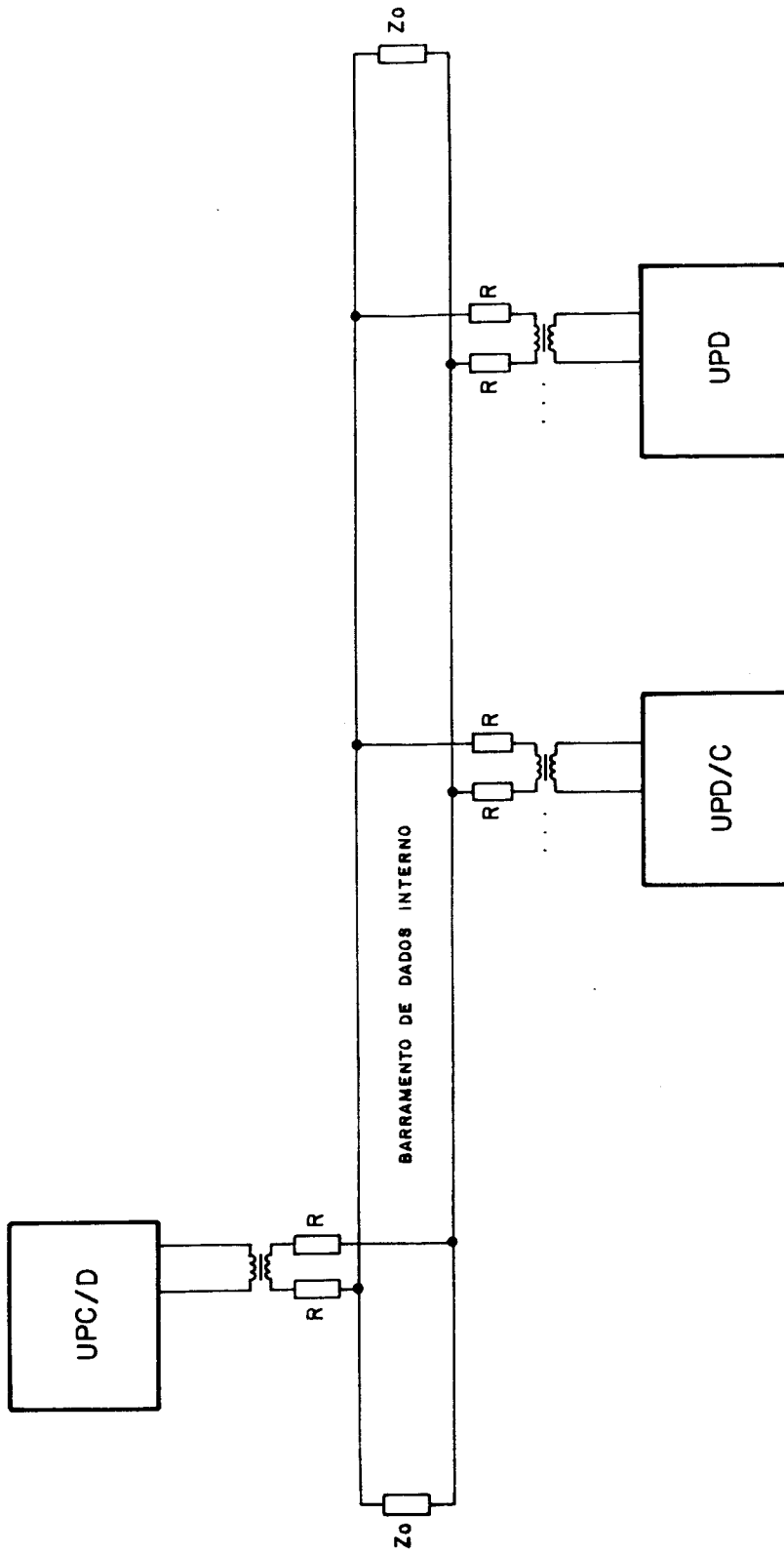
Para aumentar a confiabilidade do sistema e evitar que uma falha em um barramento ou em uma de suas interfaces interrompa a comunicação entre as suas diversas unidades, ele deverá ser duplicado (Figura 2.1).

Fisicamente, cada barramento é constituído por um par de fios trançados (ou coaxial) e blindados. Os nós (pontos de acoplamentos) são formados por transformadores diferenciais para evitar que falhas de uma interface bloqueie o barramento (Figura 4.7).

#### 4.8 - COMUNICADOR SERIAL DE TELEMETRIA E TELECOMANDO

A finalidade principal do Comunicador Serial de Telemetria e Telecomando (CSTM/TC) é a de converter os dados a ser transmitidos para as estações terrenas de paralelo para série e converter os dados recebidos de terra de série para paralelo. Na transmissão de um quadro de informação são inseridos na mensagem transmitida os "bytes" de sincronismo e os "bytes" de controle de erro.

Na recepção é detetado o campo de sincronismo de cada quadro de informação e realizada a verificação de erros na mensagem recebida.



UPC/D - UNIDADE DE PROCESSAMENTO E COMUNICAÇÃO / DISTRIBUÍDO.

UPD/C - UNIDADE DE PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO / COMUNICAÇÃO.

UPD - UNIDADE DE PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO.

Fig. 4.7 - Subunidade Barramento de Dados Interno (subunidade PISB).

#### 4.9 - UNIDADE DE AQUISIÇÃO E CONTROLE

A Unidade de Aquisição e Controle (UAC) realiza o interfaceamento entre o subsistema de computação e os demais subsistemas de bordo, tendo como função:

- a) transferir informações, dados e/ou sinais de controle, na forma analógica e/ou digital para os subsistemas de bordo e
- b) receber informações, dados e/ou sinais de controle, na forma analógica e/ou digital dos demais subsistemas de bordo.

A UAC é formada por 5 módulos como mostra a Figura 8 e como descrito a seguir:

- a) Receptor de Sinais Analógicos (RSATB) - através do RSATB da UCP podem-se adquirir até 128 canais de sinais analógicos dos subsistemas de bordo. A taxa de aquisição será inversamente proporcional ao número de canais adquiridos.
- b) Interface para os Conversores Digitais Analógicos (ICDA) - através da ICDA a UCP pode enviar sinais a ser convertidos analógicamente para até 16 pontos dos subsistemas de bordo.
- c) Transmissor de Níveis Pulsados Não-programáveis (TNPNP) - através do TNPNP a UCP pode fornecer pulsos de nível digital, com largura constante para até 16 pontos dos subsistemas de bordo.
- d) Transmissor de Níveis Digitais a Taxas Baixas (TNDTB) - através do TNDTB a UCP pode fornecer sinais de nível digital, com largura programável dentro de certos limites para até 16 pontos dos subsistemas de bordo.
- e) Receptor de Níveis Digitais a Taxas Baixas (RNDTB) - através do RNDTB a UCP pode adquirir sinais de nível digital dos sub sistemas de bordo, com largura de pulsos que poderão variar dentro de certos limites. O RNDTB possui 16 linhas de entrada que podem ser associadas às palavras de diferentes comprimentos.



••

## CAPÍTULO 5

### EMPACOTAMENTO DAS UNIDADES E SUBUNIDADES PISB PARA A SUPERVISÃO DE BORDO

Os principais parâmetros a ser considerados num projeto de empacotamento de um sistema físico para aplicações espaciais são: o seu grau de compactação e a sua confiabilidade. Portanto, atualmente estão em estudo de viabilização e seleção diversas técnicas que visam preencher, com elevado grau de qualificação espacial, estas duas exigências para o sistema de Supervisão de Bordo da MECB.

O empacotamento dos componentes que constituem as unidades de processamento PISB deverá ser realizado em dois níveis: o encapsulamento dos "dice" dos circuitos integrados em substratos e a fixação dos substratos nas placas de circuitos impressos.

Três técnicas são utilizadas para o encapsulamento dos "dice" de circuito integrados: "Dual in Line Package" (DIP), "Chip Carrier" e substratos híbridos. Os dois primeiros tipos de encapsulamento são geralmente confeccionados pelos fabricantes de circuitos integrados para os componentes padrões de sua linha de fabricação, contendo uma única pastilha de circuito integrado por encapsulamento. Os substratos híbridos são encapsulados por firmas especializadas sobre encomenda.

"Chip Carrier" é o nome dado ao encapsulamento dos "dice" de circuitos integrados com terminais distribuídos pelas suas quatro faces, o que garante uma compactação muito maior que o encapsulamento DIP (da ordem de 1:5).

Este encapsulamento é confeccionado em duas versões: com pinos e sem pinos. A segunda versão é de particular interesse, pois os componentes podem ser soldados diretamente à superfície da placa de circuito impresso. A soldagem das pastilhas é realizada por uma técnica

ca especial denominada solda por refluxo. Estã sendo prevista a compra de uma máquina de soldagem por refluxo com a finalidade de permitir que este tipo de soldagem seja implementada no INPE.

Uma pastilha híbrida é constituída de um substrato cerâmico sobre o qual se interconecta mecânica e eletricamente um certo número de "dices" de circuito integrado e componentes discretos, tais como, resistores e capacitores. Esta técnica proporciona uma compactação da ordem de 1:9 em relação à montagem de circuito impresso padrão. Os processos industriais envolvidos para obter um substrato híbrido são relativamente complexos e caros, não havendo previsão de que esta montagem possa ser realizada no Brasil a curto e médio prazo. Portanto, todos os serviços teriam de ser contratados no exterior.

A nível de placas de circuito impresso, duas técnicas estão sendo consideradas: "Multiwire" e "Multilayers".

"MULTIWIRE" é uma técnica na qual os componentes são soldados em placas de circuito impresso de duas faces. Parte das ligações elétricas são realizadas por circuito impresso e parte por fios colados às placas e soldados a pinos estrategicamente localizados. Esta técnica provê uma compactação próximo à do "multilayers". Estã em andamento um estudo, desenvolvido pelo projeto SUBORD, da implementação de um laboratório com o objetivo de realizar trabalho de "multiwire" com métodos e procedimentos próprios. Para tanto, estão sendo pesquisados os equipamentos, ferramentas e materiais necessários.

Um circuito impresso "multilayer" é formado por várias camadas de circuitos impressos separados por camadas isolantes. Isto permite que o número possível de ligações entre componentes seja multiplicado por  $n$ , que representa o número de camadas condutoras que compõem a placa resultante, aumentando dessa forma a densidade de componentes por área. Devido à complexidade para a fabricação das placas de circuitos impressos do tipo "Multilayer" com especificação espacial, se necessário, elas deverão ser encomendadas no exterior. À médio prazo, a técnica de "Multilayers" poderá vir a ser implementada no INPE.

A Figura 5.1 apresenta as possíveis combinações para o empacotamento dos componentes das unidades do PISB e a redução do volume esperada em relação ao protótipo de laboratório que está montado, usando a técnica de empacotamento do tipo "Wirewrap". Contatos com firmas nacionais e estrangeiras estão sendo mantidas para determinar o custo e prazos de confecção para diversas técnicas de empacotamento. É importante notar que diversos tipos de empacotamento podem ser utilizados na montagem de uma mesma unidade de processamento; portanto, diferentes reduções de volume podem ser obtidas nas diversas fases de implementação do empacotamento, para as unidades PISB.

TÉCNICA DE MONTAGEM DAS PLACAS DE CIRCUITAÇÃO DO PROTÓTIPO DE LABORATÓRIO DAS UNIDADES PISB.	ENCAPSULAMENTO DOS "DICE" DE CIRCUITO INTEGRADOS.	TÉCNICAS DE MONTAGEM DAS PLACAS DE CIRCUITAÇÃO DO MODELO DE VÔD.	REDUÇÃO ESPERADA		
			ÁREA	ALTURA	VOLUME
"WIREWAP"	"DUAL IN LINE" (PADRÃO)	"MULTIWIRE"	1:1	2,5:1	2,5:1
		"MULTILAYER"	1:1	3:1	3:1
	"CHIP CARRIER" (PADRÃO)	"MULTIWIRE"	3:1	2,5:1	7,5:1
		"MULTILAYER"	4:1	3:1	12:1
	SUBSTRATOS HÍBRIDOS	"MULTIWIRE"	7:1	2,5:1	17,5:1
		"MULTILAYER"	8:1	3:1	24:1

Fig. 5.1 - Técnicas de encapsulamento das unidades PISB.





## CAPÍTULO 6

### SUPERVISÃO DE BORDO MECB1: ESTADO ATUAL

Neste capítulo é descrito o estado atual do planejamento, projeto e execução dos módulos básicos, das subunidades e unidades que irão constituir o Computador de Supervisão de Bordo ASTRO B/3 e do Programa Operacional Integrado (POI).

#### 6.1 - COMPUTADOR DE SUPERVISÃO DE BORDO ASTRO B/3

O desenvolvimento do Computador de Supervisão de Bordo ASTRO B/3, para aplicação na MECB2, está sendo executado de acordo com etapas bem definidas tais como:

- desenvolvimento do Protótipo de Laboratório - PL;
- desenvolvimento de Modelo de Integração - MI;
- desenvolvimento do Modelo de Qualificação - MQ;
- desenvolvimento do Modelo de Voo - MV.

De uma maneira geral, os módulos funcionais básicos que constituirão as subunidades e as unidades básicas do Computador de Supervisão de Bordo ASTRO B/3 - PL, a sua arquitetura e o seu empacotamento, estão especificados preliminarmente. Reuniões e debates com os demais subsistemas envolvidos na MECB, em andamento (1983), devem consolidar definitivamente os aspectos funcionais e de dimensionamento do Computador de Supervisão de Bordo ASTRO B/3.

Paralelamente à especificação e ao desenvolvimento do computador ASTRO B/3, estão sendo definidos padrões e recursos de testes, que auxiliarão na sua validação em várias fases do seu desenvolvimento. Estas definições possibilitarão a implementação do Monitor de Testes para Sistemas de Supervisão de Bordo - MTSB.

A definição de procedimentos e recursos de teste, bem como aspectos relativos à integração e empacotamento dos módulos básicos do Computador de Supervisão de Bordo ASTRO B/3, são atividades indispensáveis desenvolvidas simultaneamente com a especificação do próprio computador.

Em seguida, detalha-se o estado atual de desenvolvimento de cada uma das subunidades que comporão as unidades de processamento do computador ASTRO B/3, com respeito ao protótipo de laboratório:

- *Unidade Central de Processamento (UCP)*: Montada e em plena fase de testes estáticos e dinâmicos.
- *Controlador de Acesso Direto à Memória (CADM)*: Em fase final de montagem. Os testes estáticos e dinâmicos foram especificados. Estes testes já foram programados no MTSB. Portanto, tão logo termine a montagem desta subunidade estes testes serão iniciados.
- *Interface Programável do Sistema (IPS)*: Montada e testada, estatisticamente. Os testes dinâmicos já foram especificados e programados no MTSB.
- *Comunicador Serial do Barramento de Dados (CSBD)*: Montado. Os testes estáticos e dinâmicos estão sendo especificados e em seguida serão programados no MTSB, possibilitando sua realização.
- *Unidade de Aquisição e Controle (UAC)*: Esta subunidade encontra-se em fase inicial de montagem. Esta subunidade é constituída de módulos básicos e o seu dimensionamento definitivo dependerá da interação com os demais subsistemas de bordo. No entanto, para validação destes módulos básicos, será montada e testada a UAC mínima.

- *Memória Principal (MP):*

- . *Memória RAM:* projetada e em fase de montagem;
- . *Memória PROM:* em fase de especificação.

Os testes desta subunidade estão sendo especificados.

- *Relógio (URG):* Em fase final de especificação e projeto. Esta subunidade compreende o relógio propriamente dito e a definição do padrão de tempo a ser utilizado na MECB.

- *Comunicador Serial de Telemetria e Telecomando (CSTC/TM):* Encontra-se em fase de especificação, pois muitos requisitos desta subunidade serão determinados e definidos a partir da interação do Computador de Bordo e o Setor de Operações de Missão (SOM) do Centro de Controle de Missão (CCM), obedecendo ao Protocolo INPE para Missões Espaciais (PRIME).

As subunidades serão integradas de acordo com um planejamento básico de integração e constituirão as unidades de processamento do computador ASTRO B/3. A UPC/D será a primeira unidade de processamento a ser integrada. Após, as subunidades serão reproduzidas para a integração e validação da UPD/C e UPD. Estas unidades serão então interligadas através da Unidade BDI, que se encontra na fase de especificação.

Deve-se ressaltar que o MTSB deverá ter, a curto prazo, recursos de "hardware" e "software" que possibilitem a sua interligação com as unidades de processamento do ASTRO B/3. Estas facilidades auxiliarão nos testes e validação da arquitetura do computador de Supervisão de Bordo - ASTRO B/3.

## 6.2 - PROGRAMA OPERACIONAL INTEGRADO

O estado atual do Programa Operacional Integrado - POI é descrito abaixo, de acordo com o estágio atual de desenvolvimento dos dois segmentos que o compõe, ou seja, POI/Solo e POI/Bordo.

### 6.2.1 - POI/SOLO

O desenvolvimento do POI/Solo pode ser resumido nas seguintes fases:

- a) especificação e aquisição dos recursos físicos do Setor de Operações de Missão (SOM);
- b) especificação e estruturação do POI/SOLO;
- c) programação;
- d) validação;
- e) integração.

O POI/Solo encontra-se, atualmente, nas duas primeiras fases de seu desenvolvimento.

A primeira fase está intimamente relacionada com a especificação global do Centro de Controle de Missão (CCM), exigindo, portanto, um trabalho intenso de interface com todos os subsistemas associados ao CCM. Embora já exista uma proposta preliminar para a arquitetura dos computadores do SOM, a especificação de todos os seus recursos físicos só poderá ser realizada após o levantamento de todas as necessidades em áreas correlatas, o que permitirá o dimensionamento dos equipamentos do SOM. Com este objetivo está sendo realizado o levantamento dos requisitos dos subsistemas associados ao CCM.

Definidas tais necessidades e tendo, portanto, os dimensionamentos dos equipamentos a ser especificados pelos demais subsistemas, poder-se-á, em conjunto com a política vigente de aquisição dos equipamentos, realizar a especificação final pretendida. É importante ressaltar que a aquisição dos computadores do SOM é vital para dar início à fase de programação do POI/Solo, uma vez que o sistema operacional destes computadores é parte integrante do POI/Solo e que um treinamento nestes computadores é, naturalmente, necessário.

A fase de especificação e estruturação encontra-se em andamento. A estrutura básica do POI/Solo, conforme exposto no Capítulo 3, já está determinada. A especificação do Núcleo do Supervisor de Solo (NSS) só poderá ser finalizada após a especificação dos computadores do SOM com o seu respectivo "software" básico. A especificação das Rotinas Utilitárias e a estruturação e especificação do Plano de Operações para a MECB1 estão sendo iniciadas através do interfaceamento com os subsistemas associados ao CCM, necessário para o levantamento das atividades que poderão ser realizadas no decorrer da missão.

#### 6.2.2 - POI/BORDO

O desenvolvimento do POI/Bordo está dividido em quatro fases principais:

- a) fase de especificação e estruturação;
- b) fase de programação;
- c) fase de validação;
- d) fase de integração.

Atualmente, o desenvolvimento do POI/Bordo se encontra na fase de especificação e estruturação dos algoritmos dos seus componentes, ou seja, do Núcleo e dos Processos Vanguarda e Processos Retaguarda.

Em função da aplicação em missões espaciais, é necessário através do seu Núcleo. Desta forma, será permitida a execução concorrente dos Processos de Operação, realizada, em geral, pela combinação de Processos Vanguarda e Processos Retaguarda que deverá compô-los. Para prover a sincronização e a comunicação entre os Processos Vanguarda e Processos Retaguarda, o Núcleo fornece aos mesmos mecanismos denominados Primitivas, deixando, portanto, a política de processamento ser estabelecida a nível dos Processos Vanguarda e Processos Retaguarda. Tudo isto torna as atuais especificações e estruturas das Primitivas, de fundamental importância para a consistência do Núcleo.

Além disto, o Núcleo deve suportar os requisitos necessários para detecção e localização de falhas, os quais possibilitam, quando necessário, reconfiguração do subsistema de Supervisão de Bordo. Na atual fase, os requisitos de detecção, denominados Vigias ("watch dogs"), estão sendo estudados, aproveitando as facilidades apresentadas pela modularidade da arquitetura do computador ASTRO B/3.