

ARQUITETURA E PROTOCOLOS DA REDE DE COMUNICAÇÃO DE DADOS DA  
MISSÃO ESPACIAL COMPLETA BRASILEIRA

Anastácio Emanuel de Carvalho Vieira  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
Av. dos Astronautas, 1758  
12201 São José dos Campos-SP-Brasil

RESUMO

Este trabalho apresenta a Arquitetura e Protocolos da Rede de Comunicação de Dados usada no Sistema de Controle de Satélites (SICS), projetado e implementado no INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) São José dos Campos-SP, para os satélites de Coleta de Dados (SCD1 e SCD2) e de Sensoriamento Remoto (SSR1 e SSR2) da MECB (Missão Espacial Completa Brasileira). O SICS é baseado em computadores DIGITAL (VAX-8350, VAX-780 e microVAX II) e no Sistema Operacional VAX/VMS.

No trabalho salienta-se as interligações e os protocolos usados entre os computadores DIGITAL instalados, e o Modelo de Implementação (Servidor-Cliente) utilizado nessas comunicações.

ABSTRACT

This paper describes the Protocols and Architecture of the Data Network Communication of the Satellite Control System (SICS), designed and implemented at INPE, for the Brazilian Data Collecting and Remote Sensing satellites. The SICS is based upon Digital Equipment Computers and the VAX/VMS operating system.

The interconnection and protocols used by the Digital Equipment Computers and the model implemented for communication (client-server model) are also considered.

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta a Arquitetura e Protocolos da Rede de Comunicação de Dados usada no Segmento Solo do Sistema de Controle de Satélites (SICS) da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), cujo objetivo é o Lançamento de dois satélites de coleta de dados (SCD1 e SCD2) e dois satélites de Sensoriamento remoto (SSR1 e SSR2), em desenvolvimento no INPE.

O Segmento Solo da MECB é constituído por um Centro de Controle de Satélites (CCS), em São José dos Campos (SP), pelas estações de Rastreamento e controle de Alcântara (MA) e Cuiabá (MT), pelos Centros de Missão de Coleta de Dados e Sensoriamento Remoto, instalados em Cachoeira Paulista (SP), e, por uma sub-rede de Comunicação de Dados por Comutação de Pacotes (Protocolo X.25-CCITT), privativa do INPE e denominada RECDAS.

A figura 1 mostra o Segmento Solo da MECB.

Para o rastreamento e controle dos satélites, foi desenvolvido um software, baseado em computadores DIGITAL e no Sistema Operacional VAX/VMS, constituído de um Núcleo e de subsistemas Aplicativos (telecomando, telemetria, medida de distância, operação do segmento solo, monitoração e supervisão das estações, e, outros), que utilizam os serviços oferecidos pelo Núcleo. O objetivo desse Núcleo é o fornecimento de serviços, não disponíveis pelo Sistema Operacional VAX/VMS, aos subsistemas Aplicativos.

Entre os diversos serviços oferecidos pelo Núcleo, implementado sobre o Sistema Operacional VAX/VMS, destacamos o Software de Comunicação (SCO), usado para acesso dos subsistemas aplicativos à sub-redes de Comunicação de Dados por Comutação de Pacotes (Protocolo X.25-CCITT).

O presente trabalho enfatiza as características desse Software de Comunicação (SCO) e seus aspectos de implementação, através de uma visão da Arquitetura e Protocolos da Rede de Comunicação de Dados da MECB, apresentada na Seção 2, do seu Modelo de Implementação feito na Seção 3 e do processo de desenvolvimento e estratégia de integração e testes apresentado na Seção 4. A Seção 5 dispõe algumas considerações sobre as conclusões deste trabalho.

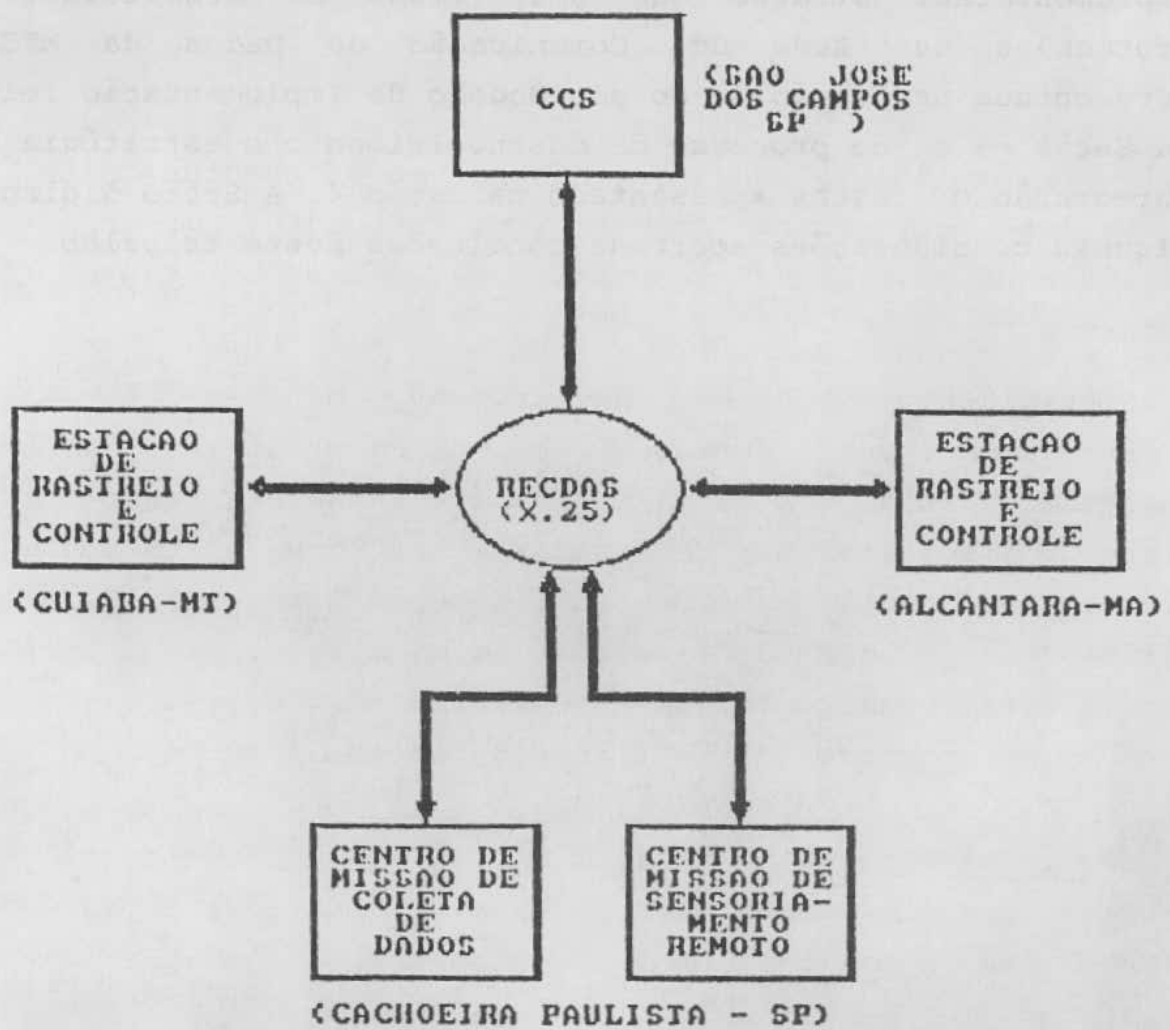


FIGURA 1 - SEGMENTO SOLO DA NECB

## 2. A ARQUITETURA DO SEGMENTO SOLO DA MECB

A configuração de Hardware do Centro de Controle de Satélites (CCS) é baseada em dois computadores VAX 8350, interligados em Cluster, via um Star Coupler (sc). Usando um modo de operação Master/Slave, onde a configuração Master só pode estar ativa, por ação de um operador, em um dos computadores, promove-se as comunicações necessárias com os subsistemas das Estações, para a consecução das atividades de Rastreo e controle dos satélites.

O computador VAX 780 foi usado na fase de desenvolvimento do Software de Controle de Satélites e pode, eventualmente, na falha dos dois outros computadores VAX 8350, ser utilizado para as comunicações com os subsistemas existentes nas Estações.

O equipamento DECnet Router/X.25 Gateway é usado exclusivamente para acesso a Rede de Pacotes X.25 - RECDAS, reduzindo, assim, a carga da CPU dos VAX's utilizados. Além disto, possibilita aos computadores uma forma alternativa de acesso, não só em caso de problemas nas placas DMB-32 (VAX-8350) e DMF-32 (VAX-780), usadas na conexão direta à RECDAS, como também, quando houver necessidade de distribuição de tráfego de comunicação nas linhas de acesso à RECDAS.

A Rede Local Ethernet interliga os VAX's do CCS entre si e ao Gateway, proporcionando aos terminais conectados nessa Rede, livre acesso a qualquer um dos computadores.

Um computador MicroVax II é usado em cada uma das Estações de Rastreo e Controle de Alcântara e Cuiabá. Nas estações de Alcântara e Cuiabá, além de equipamentos específicos para a tarefa de Rastreo e Controle de Satélites (Conjunto de telecomandos, telemetria, medida de distância) é utilizado um computador MicroVax II, não só para supervisão do



funcionamento desses equipamentos como para a realização de comandos operacionais oriundos do CCS.

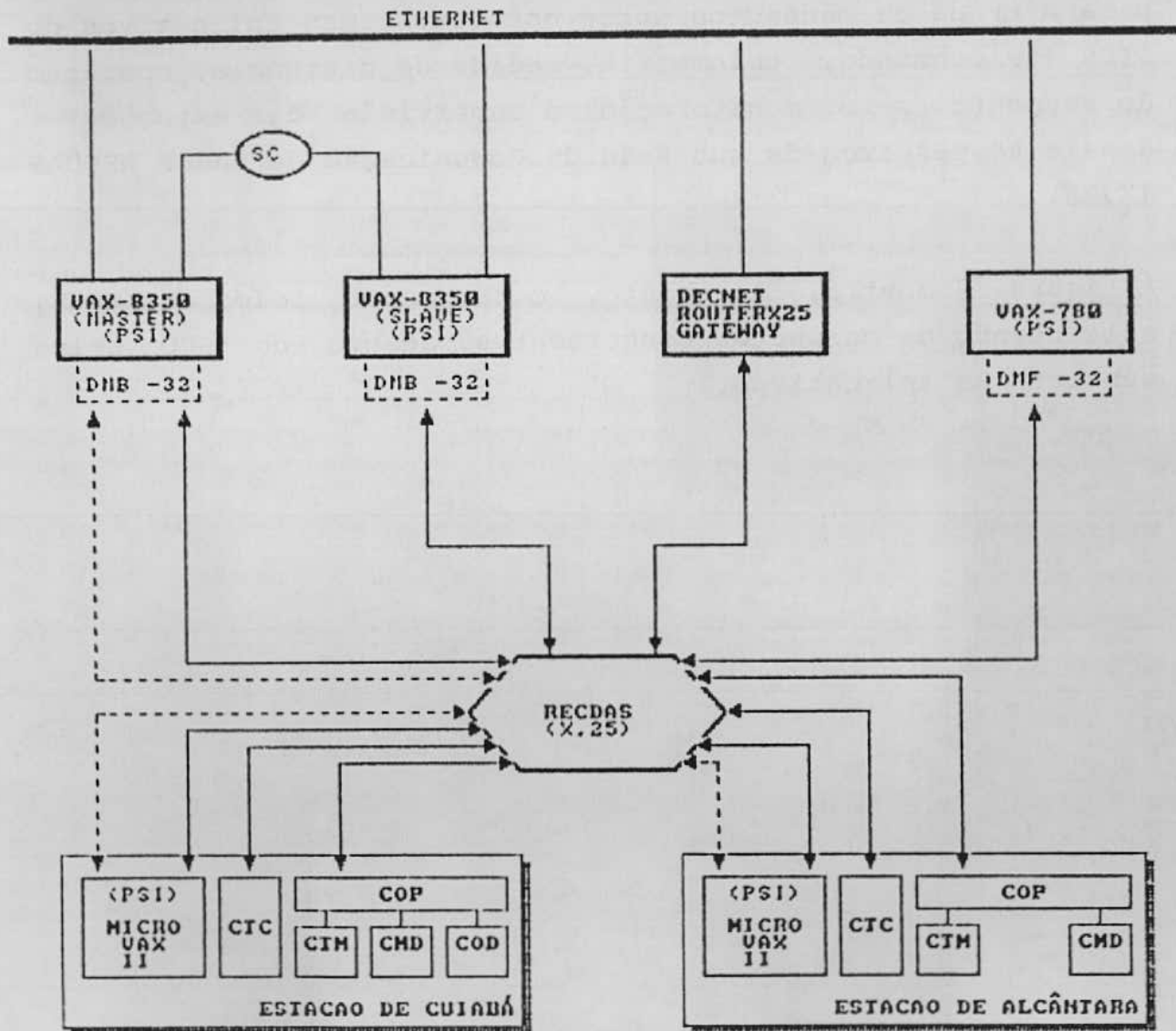
Como ferramenta de Software para comunicação entre os hospedeiros da RECDAS, além do protocolo CSMA/ CD da Rede Ethernet do CCS, utiliza-se o SCO para acesso dos subsistemas aplicativos (telecomando, telemetria,...) dos computadores VAX do CCS à RECDAS.

Nos computadores MicroVax II das Estações de Alcântara e Cuiabá foi instalado também o SCO proporcionando a possibilidade de acesso dos subsistemas aplicativos (telecomando, telemetria,...) aos demais hospedeiros da RECDAS.

Finalmente, para possibilitar comunicação entre os eventuais usuários do protocolo DECnet (protocolo DDCMP) um circuito denominado DLM (Datalink Mapping) estará, permanentemente, ativo entre o CCS e cada uma das Estações.

A figura 2 mostra o Segmento Solo da MECB, salientando os aspectos concernentes a arquitetura utilizada.

CCS



CTC-CONJUNTO DE TELECOMANDOS  
 CTM-CONJUNTO DE TELEMETRIA  
 CMD-CONJUNTO DE MEDIDA DE DISTANCIA  
 COP-CONVERSOR DE PROTOCOLOS  
 COD-PROCESSADOR DE COLETA DE DADOS  
 -----CIRCUITO VIRTUAL DLN  
 ———CIRCUITO VIRTUAL COMUTADO

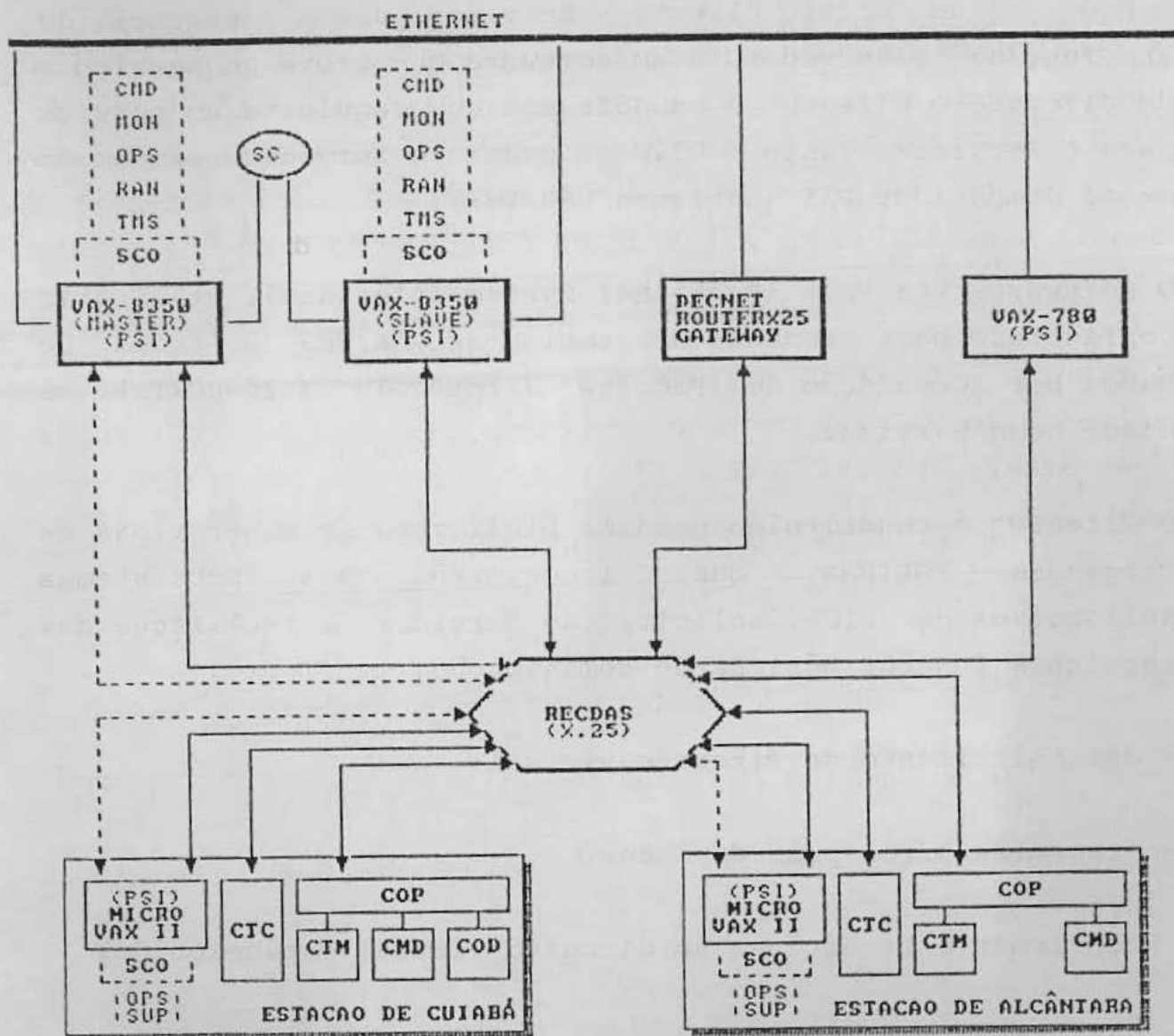
FIG.2 - ARQUITETURA DO SEGMENTO SOLO DA HECB

### 3. O SOFTWARE DE COMUNICAÇÃO

A finalidade do Software de Comunicação (SCO) é prover meios para a troca de mensagens entre os subsistemas aplicativos do SICS (telecomando, telemetria, medida de distância, operação do segmento solo, monitoração e supervisão das estações) e demais hospedeiros da sub-Rede de Comunicação de Dados RECDAS (X.25).

A figura 3 mostra, novamente, o Segmento Solo da MECB, salientando os aspectos concernentes ao uso do SCO pelos subsistemas aplicativos.





OPS-SUBSISTEMA APLICATIVO (SSA) DE OPERAÇÃO DO SEGMENTO SOLO  
 CHD-SSA DE TELECOMANDO  
 HON-SSA DE MONITORAÇÃO  
 RAN-SSA DE MEDIDA DE DISTANCIA  
 SUP-SSA DE SUPERVISÃO DAS ESTAÇÕES  
 THS-SSA DE TELEMETRIA

CTC-CONJUNTO DE TELECOMANDOS  
 CTM-CONJUNTO DE TELEMETRIA  
 CMD-CONJUNTO DE MEDIDA DE DISTANCIA  
 COP-CONVERSOR DE PROTOCOLOS  
 COD-PROCESSADOR DE COLETA DE DADOS  
 ---CIRCUITO VIRTUAL DLN  
 —CIRCUITO VIRTUAL CONUTADO

FIG.3-UTILIZAÇÃO DO SCO PELOS SUBSISTEMAS APLICATIVOS

### 3.1 - O Modelo de Implementação

O SCO usa um modelo Cliente - Servidor para a consecução de sua função; O Servidor é um software que provê um serviço a um cliente; O Cliente é um Software que requisita um serviço para o Servidor. Tanto o Cliente quanto o Servidor residem no mesmo computador VAX (ambiente VAX/VMS).

O Software VAX PSI (Packetnet System Interface), utilitário configurado para conexão de ambientes VAX/VMS à Redes de Dados por Comutação de Pacotes (Protocolo X.25-CCITT), é usado como Servidor.

O Cliente é constituído por uma biblioteca de sub-rotinas em linguagem FORTRAN, que, incorporada aos Subsistemas aplicativos do SICS, solicita ao Servidor a realização das seguintes funções básicas de comunicação:

- estabelecimento de circuito virtual;
- transmissão/recepção de dados;
- confirmar o "reset" em um circuito virtual estabelecido;
- desconexão.

Ou seja, o Cliente Software Aplicativo solicita o serviço ao Servidor. O Servidor realiza o Serviço e retorna uma informação contendo o resultado do serviço ("status").

Cada subsistema do SICS, ligado ("linked") a biblioteca de sub-rotinas do SCO, solicita o serviço de comunicação desejado. Um conjunto de argumentos deve ser fornecido a cada uma dessas sub-rotinas, as quais retornam um "status" concernente ao serviço requisitado.

A figura 4 mostra esse aspecto de implementação realizado.

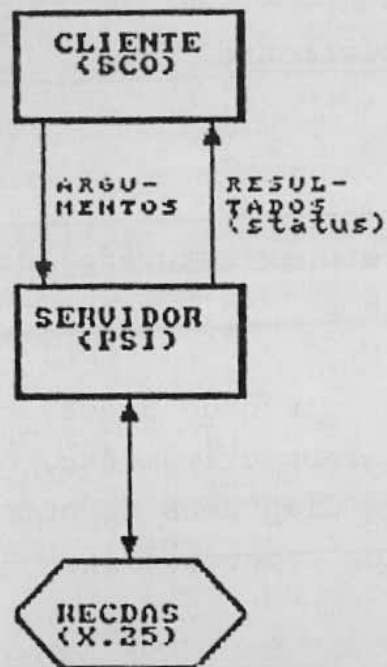


FIG.4-MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO DO SCO

As sub-rotinas do SCO são capazes de detectar a ocorrência dos seguintes eventos na RECDAS:

- pedido/confirmação de estabelecimento de conexão;
- chegada de dados;
- "reset";
- pedido de desconexão.

#### 4 - PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO E ESTRATÉGIA DE INTEGRAÇÃO E TESTES

##### 4.1 - Metodologia de Desenvolvimento

A metodologia de desenvolvimento do SCO baseou-se nas técnicas de análise e projeto estruturado de sistemas, com extensões para sistemas de tempo real.

Partindo-se dos diagramas de fluxo de dados, obtidos da fase de análise, foram gerados, respectivamente, os diagramas de interfaces entre módulos e os diagramas de entrada e saída. A seguir, foi elaborado o pseudocódigo em português estruturado.

Para a codificação das sub-rotinas, em linguagens VAX FORTRAN e VAX MACRO, foram utilizados recursos oferecidos pelo VAX/VMS tais como "mailboxes" e "global section", e, ainda sub-rotinas das bibliotecas de "SYSTEM SERVICES" e "RUN-TIME LIBRARY".

Na fase de testes unitários o VAX Debugger (Depurador VAX-FORTRAN) foi uma ferramenta fundamental, principalmente na simulação de Eventos de Rede ("Reset", por exemplo).

##### 4.2 - Recursos Humanos

No Sistema de Controle de Satélites da MECB, os Recursos humanos foram organizados em equipe de Gerenciamento, equipe de controle de qualidade, equipes de desenvolvimento de subsistemas e equipes de integração.

#### 4.3 - Ambiente de desenvolvimento do software

O ambiente, organizado em diretórios por subsistemas do Sics, dispõe, ainda, de uma biblioteca dos elementos de software (programas, sub-rotinas, funções) aceitos pela equipe de controle de qualidade.

#### 4.4 - Estratégia de Integração e Testes

A filosofia adotada para o Plano de Teste seguiu as recomendações de Myers [1].

Primeiramente, foi realizada uma inspeção criteriosa do código fonte de cada sub-rotina do SCO.

A seguir, elaborou-se o Plano de Testes envolvendo testes que, entre outros objetivos, tentaram identificar discrepâncias existentes entre as especificações e a implementação realizada.

Cabe ressaltar que, as atividades de verificação e validação do subsistema SCO não ficaram restritas unicamente a aplicação desses testes. Para melhorar a qualidade dos planos de testes, quanto à legibilidade e completeza dos casos de testes, foi ainda aplicada a técnica de inspeção de plano de testes (IEEE, 1986).

### 5 - CONCLUSÕES

Este subsistema é resultado do esforço de desenvolvimento de uma equipe de 2 pessoas durante aproximadamente 2 anos.

No momento, o Software de Comunicação encontra-se concluído e em fase de revisão da documentação de projeto. Sua integração, como elemento do Núcleo do SCS, com a REde de Comunicação de Dados X.25-RECDAS foi realizada com sucesso.

Pretende-se ainda a realização de testes de desempenho deste software. Estes testes servirão de base para a definição de métricas de avaliação. Nestes testes será utilizada uma ferramenta específica (utilitário TRACE do VAX PSI), que possibilita monitorar o fluxo de pacotes e quadros nos circuitos virtuais estabelecidos. Através desse utilitário é possível identificar, por exemplo, o tempo gasto para o estabelecimento de um circuito virtual, ou, o momento exato do recebimento de um evento da rede (RESET, por exemplo), bem como, o instante em que o processo no computador VAX respondeu a esse evento.

A integração do Software de Comunicação com as diversas cadeias de subsistemas (envolvendo os subsistemas aplicativos do SCS e seus respectivos pares remotos reais) encontra-se na fase de planejamento.

O Software de Comunicação, tendo em vista o modelo Cliente-Servidor utilizado em sua implementação, não só libera os subsistemas aplicativos dos encargos concernentes ao conhecimento específico sobre Redes de Comunicação de Dados (e, principalmente, sobre o VAX-PSI), como proporciona, através de adequadas reconfigurações, a sua utilização em outras missões, e, inclusive, conexões com outras Redes de Pacotes (protocolo de acesso X.25-CCITT)..

Vislumbra-se, ainda, usando a arquitetura DIGITAL, a possibilidade de implementação do Nível de transporte e níveis acima do padrão ISO.

Finalmente, é conveniente ressaltar a experiência adquirida pelo pessoal não só quanto a metodologia de desenvolvimento



adotada como também no conhecimento sobre a arquitetura DNA disponível.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Myers, Glenford J. The Art of Software Testing. John Wiley & Sons, 1979.
  
- [2] IEEE. IEEE Standard for Software Test Documentation, 1983.  
  
\_\_\_\_\_. IEEE Standard for Software verification and validation Plans, 1986.
  
- [3] Digital Equipment Corporation (DEC). Vax P.S.I. (Packetnet Systems Interface) Introduction - August, 1987, England.
  
- [4] Digital Equipment Corporation (DEC). Vax P.S.I. (Packetnet Systems Interface) Management Guide - August, 1987, England.
  
- [5] Digital Equipment Corporation (DEC). Vax P.S.I. (Packetnet Systems Interface) X.25 Programmer's Guide - August, 1987, England.
  
- [6] Digital Equipment Corporation (DEC). Public Network Information - July, 1987, England.
  
- [7] Digital Equipment Corporation (DEC). Programming in VAX FORTRAN - September, 1984, U.S.A.

- [8] Digital Equipment Corporation (DEC). VAX/VMS System Services Reference Manual - April, 1986, U.S.A.
- [9] Digital Equipment Corporation (DEC). DECnet Router/X.25 Gateway - April, 1984, U.S.A.
- [10] Digital Equipment Corporation (DEC). Guide to Networking on VAX/VMS - July, 1985, U.S.A.
- [11] Digital Equipment Corporation (DEC). VAX/VMS Networking Manual - April, 1986, U.S.A.
- [12] Digital Equipment Corporation (DEC). VAX/VMS Network Control Program Reference Manual - April, 1986, U.S.A.
- [13] Digital Equipment Corporation (DEC). Vax P.S.I. (Packetnet Systems Interface) Problem Solving Guide - August, 1987, England.