

1. Classificação <i>INPE-COM.7/RAE</i>		2. Período <i>Abr./Set.-77</i>	4. Critério de Distribuição:  interna <input type="checkbox"/>  externa <input checked="" type="checkbox"/>
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor)			
5. Relatório nº <i>INPE-1162-RAE/048</i>	6. Data <i>Dezembro 77</i>	7. Revisado por <i>Nelson de Jesus Parada</i>	
8. Título e Sub-Título  <i>RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO TÉCNICO CONVÊNIO 271-CT-FINEP/CNPq - SATÉLITE -</i>		9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada Diretor</i>	
10. Setor	Código	11. Nº de cópias <i>11</i>	
12. Autoria <i>Coordenador: Nelson de Jesus Parada Colaboração: Plínio Tissi, Aydano B. Carleial, Eduardo W. Bergamini, Cesar C. Ghizoni</i>		14. Nº de páginas <i>43</i>	
13. Assinatura Responsável		15. Preço	
16. Sumário/Notas  <i>Este relatório apresenta o resultado obtido nas atividades desenvolvidas no Projeto SATÉLITE, no período abril/setembro 77.</i>			
17. Observações <i>As atividades relacionadas com os Projetos Astrofísica, Geofísica, Geodésia e Meteorologia, subvencionados pelo mesmo convênio, estão descritas em outro relatório.</i>			

## ÍNDICE

	Pág.
INTRODUÇÃO .....	1
CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES SOBRE UM PROGRAMA BRASILEIRO DE SATÉLITES .....	3
1.1 - TECNOLOGIA DE SATÉLITES E SUAS APLICAÇÕES .....	3
1.2 - REALIZAÇÃO INDUSTRIAL .....	8
1.2.1 - INTRODUÇÃO .....	8
1.2.2 - PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE COMPONENTES E MATERIAIS BÁSICOS .....	8
1.2.3 - INDUSTRIALIZAÇÃO, NORMALIZAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE .....	10
CAPÍTULO II - ESTABELECIMENTO DE INFRA-ESTRUTURA TÉCNICA PARA O PROGRAMA DE SATÉLITE ARTIFICIAL BRASILEIRO .....	13
2.1 - INTRODUÇÃO .....	13
2.2 - PROGRAMA DE ESTAÇÕES TERRENAS .....	13
2.2.1 - INTRODUÇÃO .....	13
2.2.2 - ESTUDOS NA TEORIA DE COMUNICAÇÕES PARA REDES COM MÚLTIPLOS TERMINAIS .....	13
2.2.3 - CODIFICAÇÃO DE IMAGENS RECEBIDAS DE SATÉLITES METEOROLÓGICOS PARA TRANSMISSÃO ATRAVÉS DE CANAL TELEFÔNICO .....	14
2.2.4 - SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES PONTO-A-PONTO, POR SATÉLITE, COM ESTAÇÕES TERRENAS DE BAIXA CAPACIDADE .....	14
2.2.5 - TECNOLOGIA DE ESTAÇÕES TERRENAS PARA COMUNICAÇÕES POR SATÉLITES (EQUIPAMENTOS E SUBSISTEMAS) .....	15
2.2.6 - CONVERSOR DE FREQUÊNCIAS .....	16
2.2.7 - TÉCNICAS DE PROJETO DE AMPLIFICADORES EM MICROONDAS .....	17
2.2.8 - MODOS PERIFÉRICOS EM LINHAS DE FITA .....	18
2.2.9 - TÉCNICAS DE PROJETO DE POLARIZADORES E DIPLEXADORES EM MICROONDAS .....	19
2.2.10 - OTIMIZAÇÃO DO PERFIL DO SOBREFLETOR DE ANTENAS TIPO CASSEGRAIN PARA MÁXIMO GANHO .....	19

	Pág.
2.2.11 - ALIMENTADOR TIPO CORNETA CÔNICA CORRUGADA .....	20
2.2.12 - OTIMIZAÇÃO DO PROJETO DE MULTIPLICADORES DE FREQUÊNCIA DE MICROONDAS UTILIZANDO DIODOS SRD .....	21
2.2.13 - PESSOAL PARTICIPANTE DO PROGRAMA .....	22
2.3 - PROGRAMA DE SISTEMAS DIGITAIS E ANALÓGICOS EM APLICAÇÕES ESPACIAIS .....	23
2.3.1 - PESSOAL PARTICIPANTE DO PROGRAMA .....	23
2.3.2 - ESTRUTURA DO PROGRAMA .....	24
2.3.3 - SUB-PROGRAMA DE UNIDADES DE PROCESSAMENTO .....	25
2.3.4 - SUB-PROGRAMA DE UNIDADES PERIFÉRICAS .....	31
2.3.5 - SUB-PROGRAMA DE REDES DE PROCESSAMENTO .....	35
2.4 - PROGRAMA SENSORES .....	39
2.4.1 - PESSOAL PARTICIPANTE DO PROGRAMA .....	39
2.4.2 - ANDAMENTO DO PROGRAMA .....	39

## INTRODUÇÃO

Durante o período coberto por este relatório, as atividades do Programa Satélite estiveram concentrados em duas áreas principais, a saber:

- Estudos sobre a realização de um programa que visasse a construção, lançamento e operação de um satélite artificial brasileiro.
- Estabelecimento de infra-estrutura técnica de pessoal, equipamentos e instalações para a consecução do objetivo estabelecido acima.

Os estudos constantes da primeira área foram resumidamente apresentados na reunião realizada, em agosto passado, no Rio de Janeiro, pela Comissão Brasileira de Atividades Espaciais - COBAE e estão apresentados no Capítulo I.

Os trabalhos realizados na segunda área estão concentrados, principalmente, em três programas do Instituto, a saber:

- Programa de Estações Terrenas
- Programa de Sistemas Digitais e Analógicos em Aplicações Espaciais
- Programa de Sensores

os quais estão apresentados no Capítulo II deste relatório.

## CAPÍTULO I

### CONSIDERAÇÕES SOBRE UM PROGRAMA BRASILEIRO DE SATÉLITES

#### 1.1 - TECNOLOGIA DE SATÉLITES E SUAS APLICAÇÕES

Um satélite é um sistema complexo, cujo projeto e realização são influenciados fortemente por vários fatores peculiares. Os mais importantes (e que valem mesmo para os tipos mais simples) são:

- Limitações, impostas pelo veículo lançador, de peso e de tamanho;
- Fatores ambientais durante o lançamento: acelerações, choques acústicos, choques térmicos;
- Fatores ambientais durante a vida útil: vácuo, insolação, radiações;
- Necessidade de elevado grau de confiabilidade.

Devido aos fatores citados, qualquer instrumento ou equipamento, mesmo de concepção simples, exige toda uma série de cuidados, normalmente dispensáveis se utilizado em terra, onde a manutenção preventiva e corretiva é possível. Materiais, componentes, técnicas de projeto e processos devem ser escolhidos, testados e aperfeiçoados, levando-se em conta, de maneira escrupulosa, os fatores citados.

Um programa de desenvolvimento de um satélite exige, antes de mais nada, uma estrutura gerencial bastante eficiente e competente.

Os estudos de viabilidade dos programas, em termos de seus custos, benefícios, e planejamento deverão estar apoiados nas modernas técnicas de análise de sistemas, tais como simulação, otimização, controle e análise de decisões. Estas técnicas apoiarão também o gerenciamento e o acompanhamento da construção do satélite e das pesquisas associadas aos programas.

A natureza interdisciplinar do empreendimento e o emprego de tecnologias avançadas fazem com que a realização do programa beneficie muitas áreas, através dos estímulos representados pelas exigências de implantação de novos processos industriais, acompanhada, necessariamente, por um controle de qualidade rigoroso. Por outro lado, o número de indústrias envolvido na construção é tão elevado, que uma seleção cuidadosa das áreas a serem desenvolvidas se impõe, devendo ser gradual o processo de transferência de tecnologia e de implementação do parque industrial, o que ocorreria de maneira mais completa, somente após a execução de vários programas de construção de satélites. Estima-se que este processo demande um prazo que, seguramente, ultrapasse uma década.

A cooperação internacional é elemento importante e complexo. Todavia, sua necessidade deve ser cuidadosamente avaliada, para cada área tecnológica. Deve-se levar em conta, naturalmente, as dificuldades intrínsecas e confrontá-las com a nossa capacidade tecnológica, que varia, de acordo com a área, numa gama bastante ampla.

A título de exemplo, será feita aqui uma estimativa, de caráter geral e preliminar, da nossa capacitação nas várias áreas envolvidas num programa de desenvolvimento e construção de um satélite de aplicação de complexidade moderada.

- *Especificação geral do sistema*: possuímos considerável experiência no uso de satélites, tanto científicos como de aplicação, o que nos permitirá comparar as várias alternativas e definir as aplicações mais interessantes;
- *Planejamento e gerenciamento*: em se tratando de programas longos e custosos, é indispensável utilizarmos a competência já estabelecida, nessa área, pelos países que possuem tecnologia espacial;
- *Materiais e componentes especiais*: não fabricamos no país, de um modo geral. Embora sejam extremamente caros, as quantidades necessárias são modestas e podem ser adquiridas no mercado internacional. Sua fabricação, no país, poderá ser realizada, após a conclusão dos primeiros programas;

- *Projeto e construção dos subsistemas do satélite:*
  - estrutura: dificuldade moderada; poderá ser realizada no país;
  - equipamento de telecomunicações: dificuldade moderada; poderá ser realizada em grande parte no país;
  - equipamento elétrico e eletrônico para a alimentação e a estabilização: dificuldade reduzida; a ser realizado no país;
  - baterias e geradores solares: desenvolvimento difícil e demorado, sendo conveniente adquiri-los, pelo menos no início, no mercado internacional; entretanto, tem o país capacidade para desenvolvê-los a longo prazo;
  - estabilização e controle de atitude: dificuldade elevada, necessitando aquisição no mercado internacional; entretanto, está sendo iniciado o estudo no país;
  - carga útil: dificuldade que varia desde moderada até extrema, dependendo do tipo.
- *Projeto e construção da estação de telemetria, telecomando e controle:* dificuldade moderada, necessitando da aquisição de alguns subsistemas;
- *Centro de computação associado à estação acima:* dependerá dos programas nacionais de desenvolvimento de sistemas de computação;
- *Equipamento de teste:* deverá ser implantado um laboratório de testes, excetuando-se aqueles mais caros. Deverá ser levada em conta a continuidade do programa espacial. Parte do equipamento poderá ser fabricado no país.

Deve aqui ser ressaltado que todas as conclusões dos itens anteriores são baseados no conhecimento da infra-estrutura existente no INPE e em outros órgãos, tais como institutos, universidades e empresas, que deverão participar do Programa. A *responsabilidade pela sua condução pelo Instituto* deve incluir também:

- a definição das especificações dos dispositivos;
- a integração do sistema.

Neste esquema, a equipe responsável pela integração possuirá, necessariamente, conhecimentos técnicos que a habilitem a coordenar e controlar as tarefas executadas pelos outros participantes. A tarefa desta equipe será árdua e exigirá uma formação suficientemente ampla e profunda, devendo ser selecionada e treinada com rigor. Essas conclusões são absolutamente essenciais e devem ser aceitas em face às dificuldades que a equipe deverá enfrentar em duas frentes:

- a interna, na qual os problemas técnicos são solucionados, e
- a externa, na qual o relacionamento com a estrutura industrial, frequentemente deficiente e às vezes inexistente, é enfrentado.

Para a fase operacional do sistema, bem como a fase de lançamento, é necessário o apoio de grupos científicos especializados (por exemplo, para a previsão de órbitas, previsão da vida, correções da órbita). Entre as áreas, cujo conhecimento é indispensável, destacam-se:

- Mecânica orbital;
- Modelos atmosféricos;
- Modelos do geopotencial.

Nestas três áreas, o Instituto possui longa experiência e pessoal habilitado a colaborar, de maneira independente, num programa de lançamento e operação de um satélite.

Um programa de desenvolvimento, lançamento e operação de um satélite tem um custo bastante elevado (várias centenas de M Cr\$), estende-se ao longo de vários anos, exige a especialização de muitas pessoas, e a implantação de laboratórios especializados. Por isso, como primeiro passo para a implantação de um programa, que leve ao projeto, construção, lançamento e controle de um satélite, seja ele científico ou de aplicações, é necessário que seja estabelecido um

- projeto consistente, relativamente modesto, de formação de pessoal no exterior, em países que já possuem a experiência requerida.

São características desse projeto:

- tomar conhecimento dos problemas a serem enfrentados, junto a órgãos que já possuam a capacitação adequada (incluem-se problemas técnicos, administrativos e gerenciais);
- conhecer as indústrias que operam na área espacial, aprofundando este conhecimento tanto quanto for possível, por meio de estágios suficientemente longos;
- estabelecer contatos oficiais e suficientemente amplos, com os vários órgãos responsáveis pela coordenação das atividades espaciais, bem como com os institutos e centros que participam de sua execução, para o estabelecimento de convênios de cooperação técnica. É importante que isto seja feito de maneira bastante diversificada numa primeira etapa, restringindo-se, gradualmente, as opções, com a tomada de decisões parciais.

É importante ressaltar que este primeiro projeto

- representa uma fração mínima do custo global do programa (cerca de 1% a 3%);
- não depende da aplicação específica que será definida mais tarde;
- é tal que sua execução cuidadosa acarretará economias de vulto;
- permitirá a implantação de um programa harmonioso, o qual evitará erros e omissões graves e comprometedoras.

Além disso, deve ser mencionado que o INPE possui pessoal que poderá participar desse primeiro projeto. Certamente, o estabelecimento de convênio com instituições estrangeiras irá facilitar e acelerar a realização dessa fase do programa.

## 1.2 - REALIZAÇÃO INDUSTRIAL

### 1.2.1 - INTRODUÇÃO

A seguir são apresentadas algumas considerações acerca de dois itens de grande importância para o Programa Espacial:

- Pesquisa e Desenvolvimento de Componentes e Materiais Básicos;
- Industrialização, Normalização e Controle de Qualidade.

Embora o Instituto apresente grande experiência no projeto e construção de sistemas e equipamentos e, portanto, poderia contribuir com subsídios para o estabelecimento de uma política para o setor, considera ele difícil de expô-lo, com detalhes, num relatório como este.

Seria interessante que um grupo de trabalho, com representantes das instituições envolvidas, fosse estabelecido, para discutir com tempo suficiente, o assunto.

### 1.2.2 - PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE COMPONENTES E MATERIAIS BÁSICOS

Os materiais empregados na construção de satélites são de natureza especial, devido às exigências determinadas pela economia de espaço e peso, e pelas peculiaridades do meio ambiente. Altos gradientes térmicos e de pressão e a presença de radiação de alta energia são exemplos de efeitos aos quais eles estão submetidos. Toda a operação do satélite depende do desempenho conjunto de dispositivos que o constituem, que devem operar com confiabilidade extremamente elevada nas condições ambientais hostis do espaço exterior. Atenção especial merecem os materiais usados na tecnologia de satélites devido justamente às mencionadas condições ambientais. Os materiais utilizados nos componentes dos dispositivos, na estrutura mecânica do satélite, nos processos de montagem, devem sofrer tratamentos especiais, entre outros, os tratamentos térmicos e anti-corrosivos, blindagem a radiação, etc. Colagens e soldas especiais, como a solda por bombardeamento de partículas carregadas, são

técnicas avançadas que devem ser completamente dominadas. Os componentes eletrônicos e a carga útil sofrem principalmente o efeito de radiação de alta energia e devem ser devidamente protegidos.

Os fatos acima mencionados levam à necessidade de uma compreensão profunda das propriedades básicas dos materiais, convencionais ou especiais, de uma maneira a ser possível prever seu comportamento, quando expostos às condições ambientais hostis no espaço.

O progresso da tecnologia dos materiais depende, por sua vez, da pesquisa básica em Ciência dos Materiais. Em consequência, tal área deverá ser desenvolvida em paralelo com um programa de tecnologia espacial com o objetivo de prestar apoio científico no estudo dos materiais e processos relevantes, na simulação das condições de operação e na especificação dos mesmos. Tal área de pesquisas, multidisciplinar, terá um papel extremamente importante na transferência da tecnologia de países desenvolvidos e também nas aplicações em outros campos de tecnologia.

Alguns dos componentes utilizados nos equipamentos eletrônicos de bordo são comuns, diferenciando-se apenas por uma fabricação mais cuidadosa, e por uma seleção exaustiva, acompanhada por um controle de qualidade minucioso. Outros componentes são especiais, sendo porém utilizados em quantidades reduzidas. A formação de estoques representa um problema mais complexo do que no caso dos materiais, devido à diversificação existente, exigida pelas diferentes condições de funcionamento.

O equipamento das estações terrenas não difere do equipamento profissional no que diz respeito à qualidade, confiabilidade e características de manutenção. Todavia, a quantidade exigida por uma rede de estações terrenas é bastante reduzida, quando comparada com o volume de componentes empregado pela rede de telecomunicações.

Continuando-se a tomar como exemplo os componentes eletrônicos, e levando-se em conta a indústria nacional que está sendo

implantada, consideramos necessário e possível incluir no planejamento desta implantação considerações relativas às necessidades do programa espacial. A coordenação caberá aos órgãos nacionais encarregados do programa de componentes. Este último programa poderá beneficiar-se das atividades espaciais, não apenas na área de projeto e fabricação de componentes mais sofisticados, mas também, mesmo no caso de componentes mais simples, na aplicação de técnicas modernas e eficientes de controle de qualidade. Uma vez implantadas essas técnicas, delas beneficiar-se-á a indústria de componentes eletrônicos, em geral, bem como as indústrias de telecomunicações, que passarão a contar com componentes nacionais de elevada confiabilidade.

Considerações semelhantes valem para todos os materiais e os outros componentes, notadamente os mecânicos, cuja fabricação no país deverá também ser prevista dentro do contexto de evolução de nossa indústria.

### 1.2.3 - INDUSTRIALIZAÇÃO, NORMALIZAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE

Com relação a este item, devem ser considerados os seguintes pontos:

- Para que as necessidades do país, em termos de implantação e expansão do parque industrial, possam ser corretamente dimensionadas, em vista dos programas existentes e daqueles que serão abordados, é necessário que um grupo interdisciplinar de especialistas estude, exaustivamente, os recursos industriais dos países que possuem tecnologia espacial, levando em conta suas condições no início da era espacial, e sua evolução no tempo. Este grupo deverá incluir engenheiros e administradores de empresa, oriundos das várias instituições que participam e poderão participar do programa espacial, e que deverão estar plenamente informados da situação atual da indústria nacional e de suas possibilidades de expansão e adaptação. Este trabalho todo deverá contar com a participação dos órgãos governamentais já existentes no país (IFI, MIC, etc.).

- Relaciona-se intimamente com todos os aspectos da industrialização da área espacial a necessidade de se dispor de um mecanismo eficiente de coleta e disseminação de informação. Aqui também é essencial dispor da cooperação dos países detentores da tecnologia espacial, de tal maneira que a informação, disponível somente em publicações de circulação restrita, seja acessível, ao menos em parte. Haverá necessidade, para tanto, que convênios de cooperação técnica incluam, de maneira ampla, este item.
- A indústria espacial exige normas especiais de qualidade e de qualificação, devido ao elevadíssimo grau de confiabilidade dos componentes e dos subsistemas. Todo projeto espacial requer que um estudo aprofundado das normas existentes seja efetuado, seguido pela seleção e adoção cuidadosa de um conjunto coerente formado por aquelas normas que mais se adaptem às características do projeto e às condições do país. Contando-se com a colaboração dos órgãos oficiais existentes (CTA, ABNT, etc.), e aproveitando-se da cooperação técnicas de órgãos estrangeiros especializados (NASA, ESA, etc.), será possível implantar, no INPE, a curto prazo, um banco de normas internacionais, que um pequeno grupo de técnicos deverá estudar e comentar, emitindo pareceres relativos à sua adoção.
- A transferência de tecnologia é elemento essencial de um programa espacial que possa ser concluído em prazo conveniente. É um campo que abrange vasta gama de soluções, que devem ser julgadas à luz de considerações de natureza variada. Aqui também será necessária a assessoria prestada por grupos interdisciplinares de especialistas.

## CAPÍTULO II

### ESTABELECIMENTO DE INFRA-ESTRUTURA TÉCNICA PARA O PROGRAMA DE SATÉLITE ARTIFICIAL BRASILEIRO

#### 2.1 - INTRODUÇÃO

A seguir são descritas as atividades desenvolvidas no período de abril a setembro de 1977, nos programas de Estações Terrenas, Sistemas Digitais em Aplicações Espaciais e Sensores, do INPE.

#### 2.2 - PROGRAMA DE ESTAÇÕES TERRENAS

##### 2.2.1 - INTRODUÇÃO

Dois novos projetos foram iniciados no início do período, na área de antenas parabólicas para estações terrenas, sob a responsabilidade de Carlos E. Santana. Estes trabalhos situam-se dentro do quadro geral das atividades que se integram num programa de desenvolvimento da tecnologia básica das estações terrenas de telecomunicações de pequeno e médio porte. Apresentamos a seguir uma descrição resumida dos trabalhos desenvolvidos no período. Cumpre-nos informar que durante o período coberto pelo relatório e sob a coordenação da FINEP, elementos do INPE, juntando os representantes das Forças Armadas e da TELEBRAS, elaboraram um projeto de Estações Terrenas de Comunicações que será proximoamente submetido a FINEP para financiamento a partir de 1978.

##### 2.2.2 - ESTUDOS NA TEORIA DE COMUNICAÇÕES PARA REDES COM MÚLTIPLOS TERMINAIS

PARTICIPANTES: Aydano B. Carleial

A determinação de regiões de capacidade para certas redes de comunicações com múltiplos terminais é o objetivo da pesquisa teórica em que se enquadra este projeto. Os principais resultados obtidos desde

1975 foram mencionados no relatório anterior. A revista IEEE Transactions on Information Theory publicou "A Note on Wyner's Wiretap Channel", de A.B. Carleial e M.E. Hellman, em maio de 1977; e programou para publicação em janeiro do próximo ano o artigo "Interference Channels", de A.B. Carleial. Foi apresentado em conferência e submetido a publicação em revista brasileira o artigo "On the Capacity of the Gaussian Multiple Access Channel with Feedback", baseado em estudo citado no relatório anterior. Um novo problema, a determinação de regiões de capacidade para redes simples com terminais repetidores ("replay networks") está sendo examinado no momento. Foram obtidos resultados iniciais, na forma de limitantes.

#### 2.2.3 - CODIFICAÇÃO DE IMAGENS RECEBIDAS DE SATÉLITES METEOROLÓGICOS PARA TRANSMISSÃO ATRAVÉS DE CANAL TELEFÔNICO

PARTICIPANTES: Aydano B. Carleial

Trabalho completado, conforme relatório anterior.

#### 2.2.4 - SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES PONTO-A-PONTO, POR SATÉLITE, COM ESTAÇÕES TERRENAS DE BAIXA CAPACIDADE

PARTICIPANTES: Jânio Kono, Aydano B. Carleial

Estão sendo feitos estudos de sistema para uma rede de comunicações por satélite, com múltiplas estações terrenas de pequena e média capacidade. Foram examinadas duas técnicas principais de modulação e codificação para comunicações de faixa estreita (voz, telegrafia e dados) em sistema de canal único por portadora (SCPC). Os aspectos que mais necessitam de análise são o ruído de intermodulação, principalmente no sistema FM, as perdas causadas por dificuldades práticas de implementação dos equipamentos (p. ex. demoduladores coerentes), e a qualidade subjetiva dos sinais de áudio. Está sendo elaborado um relatório preliminar, que será útil ao Programa de Tecnologia de Estações Terrenas, a ser desenvolvido pelo INPE.

#### 2.2.5 - TECNOLOGIA DE ESTAÇÕES TERRENAS PARA COMUNICAÇÕES POR SATÉLITES (EQUIPAMENTOS E SUBSISTEMAS)

PARTICIPANTES: José A. Rodrigues. P.P. Normandin (a partir de junho de 1977), Estevão Ghizoni (estagiário), Ayda no B. Carleial

Os trabalhos realizados nesta área de desenvolvimento tecnológico são importantes precursores do futuro Programa de Tecnologia de Estações Terrenas. Foi concluído e testado pelo Eng. Jânio Kono o decodificador de máxima verossimilhança para código convolucional de oito estados, descrito no relatório anterior, que serviu de base para circuito mais elaborado, descrito a seguir. Estão em curso os seguintes trabalhos, a cargo dos participantes acima:

- a) Análise de opções tecnológicas para amplificadores de potência para estações terrenas: os resultados preliminares indicam que a amplificação em frequências de UHF e faixa S, com estágios de multiplicação para saída em 6 GHz, ainda é economicamente interessante.
- b) Sistema delta para voz: estão sendo projetados, para montagem em laboratório, codecs delta, para operação em 16 k bit/seg e 32 k bit/seg, usando circuitos integrados LSI especialmente desenvolvidos para essa finalidade e disponíveis comercialmente a partir do segundo semestre de 1977.
- c) Decodificador de máxima verossimilhança para código convolucional corretor de erros: com base nos resultados do protótipo simples, de oito estados, foi projetado um decodificador mais elaborado, de 32 estados. Devido à maior integração eletrônica, este sistema será mais compacto. A sequência de operações digitais é comandada por memórias programadas de leitura (PROMs).

## 2.2.6 - CONVERSOR DE FREQUÊNCIAS

PARTICIPANTES: Lucio B.T. Cividanes, Wilton J. Fleming

Este projeto tem por objetivo a realização de um conversor de frequência no qual a frequência do canal é obtida através de um batimento com um oscilador local operando em uma frequência de aproximadamente 850 MHz, seguido de uma multiplicação por 9 (nove) para obter-se a frequência de saída próxima de 6 GHz. Para estações de pequeno porte, espera-se conseguir uma maior simplicidade e menor custo do que a solução convencional, que utiliza 2 (dois) misturadores (não usa multiplicação em frequência). Dando continuação ao projeto, foi construído um amplificador transistorizado com 3 (três) estágios operando na frequência central de 686 MHz, com faixa total de 60 MHz em torno da frequência central. Este amplificador é necessário para elevar o nível do sinal que vai excitar o multiplicador por 9 a diodo "SRD". O amplificador foi projetado utilizando-se um programa de computador preparado por Wilton Fleming. Este programa, sendo dados os parâmetros "Y" dos transistores e a configuração do circuito, faz uma otimização do ganho dos 3 estágios na faixa requerida utilizando o método de pesquisa sequencial para determinar os valores ótimos dos componentes. Este amplificador foi montado e testado, apresentando bons resultados. Para a filtragem do sinal após o multiplicador, foi construído um filtro passa-faixa, com frequência central de 6,225 GHz, em configuração "MICROSTRIP". Ao ser testado, este filtro não apresentou bons resultados, devido principalmente à irradiação inerente a este tipo de montagem. Em vista disto, está sendo desenvolvido um projeto na montagem "STRIPLINE", que espera-se não apresente os defeitos acima citados. Atualmente encontra-se na fase final o projeto de multiplicador por 9 com diodo "SRD". Devido a frequência de saída ser relativamente alta (aproximadamente 6 GHz), foi escolhida a montagem tipo coaxial para o diodo, com a qual se obtém maior rigidez mecânica e melhor contato elétrico.

### 2.2.7 - TÉCNICAS DE PROJETO DE AMPLIFICADORES EM MICROONDAS

PARTICIPANTES: Renē R. Bonetti, W.J. Fleming

Foi desenvolvida uma técnica de projeto de amplificadores de faixa larga e baixo ruído em microondas. O método consiste na minimização de uma função objetiva que é elaborada, visando-se a planura do ganho em uma dada faixa de frequências, bem como a minimização da figura de ruído (F.R.) nesta faixa. Nesta função é possível atribuir-se pesos diferentes ao ganho e à F.R., de forma a ser possível um melhor controle da qualidade de um ou de outro destes parâmetros. A função a ser otimizada é uma função de todos os elementos do circuito (capacitores de desacoplamento d.c., linhas e tocos de casamento). Neste fato reside a dificuldade de atribuir-se parâmetros iniciais na busca sequencial que permitam uma convergência rápida para um ponto de mínimo. Outro problema é o da existência de vários mínimos que não são os ótimos desejados, mas que interrompem automaticamente a busca sequencial, pelo seu próprio caráter de ponto de mínimo. Entre os métodos utilizados na determinação dos parâmetros iniciais, o de melhor convergência foi o descrito a seguir - que foi elaborado baseando-se no fato de que um amplificador sintonizado (de faixa muito estreita) tem um comportamento em frequência semelhante ao de um circuito ressonante. Como se sabe, um circuito ressonante pode ser adaptado em faixas de até uma oitava, utilizando-se unicamente duas linhas de transmissão em cascata com o mesmo. Baseando-se nisto, os parâmetros iniciais foram atribuídos de forma a adaptar perfeitamente os estágios na frequência central da faixa de operação (neste caso 3.7 a 4.2 GHz), deixando-se, contudo, graus de liberdade para otimização na faixa. A mesma técnica foi empregada para a F.R., baseando-se no fato que a F.R. do primeiro estágio é a dominante no conjunto. O circuito deste estágio foi projetado para mínima F.R. na frequência central, deixando-se, também, um grau de liberdade. O método acima resultou em rápida convergência para valores aceitáveis de ganho e F.R. na faixa. No caso obteve-se uma planura dentro de 0.5 dB, F.R. de um máximo 4.0 dB, e ganho maior que 14 dB, utilizando-se 2 estágios do transistor 35876E, relativamente antigo e que possui como características: min. F.R. = 3.3 em 4.0 GHz e

$G_{\max} = 7.8$  dB (F min). O estágio atual do trabalho é o de confecção do micro-circuito tendo já sido elaborada a máscara apropriada.

#### 2.2.8 - MODOS PERIFÉRICOS EM LINHAS DE FITA

PARTICIPANTES: Rene R. Bonetti

Verificou-se que a solução das equações de Maxwell obtidas, já mencionada em relatórios anteriores, não levava a resultados numéricos compatíveis com os obtidos experimentalmente. Um estudo mais aprofundado mostrou que os modos utilizados (modos PM) não formavam um conjunto completo e portanto não poderiam descrever, com rigor suficiente, os campos dispersos na borda de uma linha ("stripline ou microstripline"). Incluiu-se, portanto, na solução geral, os modos P.E. (planar electric) que no caso isotrópico são modos ortogonais aos modos PM. Verificou-se, porém, que estes dois conjuntos (PE e PM) são acoplados sempre que o meio for caracterizado por um tensor permeabilidade que possua elementos não nulos fora da diagonal principal, sendo o coeficiente de acoplamento entre ambos diretamente proporcional a este elemento. Uma vez que o material que nos interessa é um material girotrópico (anisotrópico e giromagnético), cujo elemento fora da diagonal principal não pode ser cancelado mediante uma transformação conveniente de coordenadas (como é possível nos casos anisotrópicos puros), a expansão em modos PE e PM, universalmente utilizada em circuitos planares sobre substratos isotrópicos, não é a mais conveniente. Tentou-se, então, uma nova abordagem através da determinação de um novo conjunto de modos, os modos TEEG ("Transverse Electric Edge Guided"), que resultam das equações de Maxwell quando se anula somente a componente longitudinal do campo elétrico. Esta abordagem já foi aplicada a coordenadas retangulares e cilíndricas, tendo-se obtido equações de dispersão para ambos os casos, cuja solução numérica já está sendo elaborada através de subrotinas especiais, pois, no caso cilíndrico, recai-se no computo de funções de Bessel de ordem não inteira. Pretende-se, a seguir, estudar o acoplamento entre duas linhas que propagam este tipo de modo, para confecção de dispositivos de microondas.

### 2.2.9 - TÉCNICAS DE PROJETO DE POLARIZADORES E DIPLEXADORES EM MICROONDAS

PARTICIPANTES: Pawel Rozenfeld

A transição de guia de onda retangular para o guia de onda circular usando-se íris, mencionada no relatório anterior, foi montada e submetida a testes de laboratório. Não apresentou, entretanto, comportamento adequado quanto à largura desejada da faixa de frequência.

A transição de guia retangular para o guia circular, usando-se transformadores de um quarto de comprimento de onda, é, do ponto de vista teórico, mais promissora. A idéia é deformar convenientemente a secção do guia circular até se chegar ao guia retangular, de modo a se conservar a velocidade de fase constante em todas as secções da transição. As dimensões dos transformadores são determinadas, usando-se o programa de computador por nós escritos. Esta transição, assim projetada, está na fase final de montagem mecânica.

### 2.2.10 - OTIMIZAÇÃO DO PERFIL DO SOBREFLETOR DE ANTENAS TIPO CASSEGRAIN PARA MÁXIMO GANHO

PARTICIPANTES: L.B.T. Cividanes, C.E. Santana

Comparadas ao clássico refletor paraboloide alimentado pelo foco, as antenas a duplo refletor, do tipo Cassegrain, apresentam inúmeras vantagens em aplicações que pretendem a máxima relação G/T com o menor diâmetro, particularmente devido à melhor localização possível para o alimentador, o qual fica apontado, geralmente, para fontes térmicas mais "frias" que a terra. Entretanto, a antena Cassegrain convencional, cujas superfícies refletoras são paraboloide e hiperboloide apresenta, com os alimentadores convencionais, uma baixa eficiência de iluminação. Esta eficiência de iluminação, pode, pelo menos dentro dos limites da aproximação da óptica geométrica, ser levada ao valor máximo, moldando-se as duas superfícies refletores de tal forma que para um alimentador pré-fixado mas qualquer, se consiga uma iluminação da abertura uniforme em amplitude e fase.

Observamos, em vários cálculos de antenas otimizadas para máxima eficiência de iluminação, que a superfície moldada do refletor se desvia pouco do parabolóide "best fit", pelo menos para antenas de diâmetros menores que 6 metros. Com base nesta observação, estamos efetuando o projeto de uma antena a duplo refletor, da qual somente o perfil do subrefletor será otimizado. Evidentemente, com este arranjo não será possível obter iluminação uniforme tanto em amplitude quanto em fase, mas, procurando um compromisso ótimo para a função de iluminação, espera-se obter um rendimento global para a antena melhor que 65%, o que acarretaria uma melhora de até 1 dB no ganho de uma antena de 4 m de diâmetro. A vantagem deste esquema é que para o refletor principal poder-se-iam utilizar refletores parabólicos disponíveis no mercado, e todo o trabalho de moldagem seria feito no subrefletor, de pequeno diâmetro, e consequentemente, de mais fácil usinagem.

Na fase atual do projeto, já temos equacionado, via óptica geométrica, o campo na abertura, dados o diagrama de radiação do alimentador e a forma do subrefletor. Procura-se agora resolver o problema de otimização, i.e., dado o diagrama do alimentador, calcular a superfície do subrefletor que produz uma iluminação com o menor desvio possível do ideal.

Uma vez resolvido o problema acima, calcula-se facilmente o diagrama de radiação da antena completa e aplica-se novamente a otimização, agora sobre a expressão do ganho. Com isto teremos levado automaticamente em consideração os efeitos de difração sobre o refletor principal.

#### 2.2.11 - ALIMENTADOR TIPO CORNETA CÔNICA CORRUGADA

PARTICIPANTES: Carlos A. de I. Miranda, C.E. Santana

De todos os tipos de alimentadores para antenas refletores, os de melhor desempenho no que diz respeito à largura de faixa de RF, nível de lóbulos laterais e simetria do diagrama de radiação, são os

alimentadores com paredes de impedâncias não-isotrópicas, como aqueles cujas paredes são superfícies corrugadas. Em particular, este tipo de alimentador, por apresentar grande simetria entre os diagramas no plano E e no plano H, tornam-no a melhor aproximação ao radiador elementar de Huygens, fazendo com que o diagrama de radiação de um refletor alimentado por este tipo de antena possua um baixíssimo nível de polarização cruzada, e tornando bastante válido a aproximação de Kirchhoff-Huygens para o cálculo de suas características de radiação.

Uma corneta cônica corrugada propaga modos híbridos, que devem ser determinados para o dimensionamento apropriado do alimentador. Neste estudo, utilizamos a formulação de Claricoats-Saha para a determinação dos modos da corneta, e resolvemos a equação de balanceamento (condição para propagação só do modo  $HE_{11}$ ) por um método mais preciso que o dos autores citados, para cornetas de pequenos ângulos. O diagrama de radiação do corneta foi calculado numericamente, tanto pelo método de expansão modal, quanto pela formulação de Fresnel-Kirchhoff, para que se possa, posteriormente, verificar qual a melhor aproximação.

Um alimentador tipo corneta cônica corrugada, para uma atenuação de 15 dB em  $\pm 30^\circ$ , foi projetado segundo o esquema resumido acima e construído em nossa oficina mecânica. Atualmente estamos em fase de testes do referido alimentador, e os resultados iniciais compensam satisfatoriamente os esforços analíticos iniciais.

#### 2.2.12 - OTIMIZAÇÃO DO PROJETO DE MULTIPLICADORES DE FREQUÊNCIA DE MICROONDAS UTILIZANDO DIODOS SRD

PARTICIPANTES: René R. Bonetti, Roberto Mendonça

Dando prosseguimento ao trabalho de desenvolvimento de um programa para otimização do projeto de multiplicadores de frequência com diodos SRD, foi realizado a parte relativa à síntese da resposta em tensão do diodo em função da forma de onda da corrente. O programa utiliza as equações de um modelo de controle de carga, tirado de um trabalho

publicado em 1971<sup>(\*)</sup>, que visa a otimização de multiplicadores pela variação da corrente do diodo até encontrar uma corrente que proporciona o rendimento máximo do multiplicador.

Devido a dificuldades encontrada na síntese de uma forma de onda inicial de corrente, que pudesse servir como suposição realista para testar a parte do programa que estará concluída, não foi possível realizar ainda a parte de otimização da corrente e síntese do circuito.

Neste período o programa sofreu diversas alterações que o simplificaram e aumentaram a precisão dos resultados obtidos.

Antes de montar a parte do programa que visa a otimização da corrente, tentar-se-á fazer uma montagem experimental afim de comparar o modelo numérico com resultados reais para vários níveis de corrente.

#### 2.2.13 - PESSOAL PARTICIPANTE DO PROGRAMA

SUPERVISOR: Plinio Tissi (Dr.)

GERENTE: Aydano B. Carleial (Dr.)

PESQUISADORES: Pawel Rozenfeld (Dr.)  
Carlos E. Santana (Dr.)  
René R. Bonetti (MSc.)  
Lucio B.T. Cividanes  
Jânio Kono  
Paul P. Normandin  
José A. Rodrigues

---

(\*) K. SCHUNEMANN, *Theory of frequency multiplication including transition loss.* IEEE Trans. Elec. Devices, Vol. ED-18 nº 3, março 1971.

TÉCNICOS: Wilton J. Fleming  
Hélcio Aranha

ESTAGIÁRIOS: Estevão Ghizoni  
Roberto Mendonça  
Carlos A. de I. Miranda

## 2.3 - PROGRAMA DE SISTEMAS DIGITAIS E ANALÓGICOS EM APLICAÇÕES ESPACIAIS

### 2.3.1 - PESSOAL PARTICIPANTE DO PROGRAMA

SUPERVISOR: Nelson de J. Parada (Dr.)

GERENTE: Eduardo W. Bergamini (Dr.)

PESQUISADORES: Ricardo C. de Oliveira Martins (MSc.)  
Alderico Rodrigues de Paula Júnior (MSc.)  
Genésio Luiz Hubscher  
Mário Mammoli  
Juan Suñe Perez  
Luiz Carlos Perondini Corato  
Ricardo de Azevedo Mendes  
Paulo Faria Santos Amaral  
Wilson Yamaguti  
José Bianchi Neto

TÉCNICOS: Leon Lonneux  
Wilson I.C. Teixeira  
Eduardo C.G. Camargo  
Nivaldo Bissoli

PROGRAMADOR & ANALISTA: José Benedito Soares Jr.

ESTAGIÁRIOS: Antonio Celso F. Setz

### 2.3.2 - ESTRUTURA DO PROGRAMA

O programa de sistemas digitais e analógicos em aplicações espaciais está dividido em três SUB-PROGRAMAS:

#### - UNIDADES DE PROCESSAMENTO

Este sub-programa conta atualmente com quatro projetos em desenvolvimento e visa a construção de equipamentos de processamento, básicos em aplicações espaciais.

#### - UNIDADES PERIFÉRICAS

Os três projetos deste sub-programa se empenham no desenvolvimento e construção de periféricos que permitirão a memorização e entrada/saída de dados ou sinais em equipamentos de terra e talvez de bordo, em aplicações espaciais.

#### - REDES DE PROCESSAMENTO

As atividades deste sub-programa estão centradas no desenvolvimento de técnicas e equipamentos que permitam a comunicação entre unidades de processamento, de forma direta ou não. A longo prazo, as atividades visam a proposta de modelos e equipamentos para redes de processamento e/ou telecomando em aplicações espaciais.

### 2.3.3 - SUB-PROGRAMA DE UNIDADES DE PROCESSAMENTO

PROJETO: Microcomputadores de Bordo, ASTRO C/1121

PARTICIPANTES: Eduardo Whitaker Bergamini  
Alderico Rodrigues de Paula Junior  
Ricardo de O. Correa Martins  
Genésio Luiz Hubscher  
Ricardo de Azevedo Mendes  
Wilson Yamaguti  
José Benedito Soares Junior

#### ANDAMENTO DA EXECUÇÃO:

Neste projeto está sendo desenvolvido um microcomputador de baixa potência para aquisição, tratamento e transmissão de dados, para ser utilizado em balões estratosféricos com a finalidade de controlar experimentos.

O protótipo de mesa está em funcionamento e vem sendo utilizado no desenvolvimento de programas de controle.

O microcomputador foi interligado a um teletipo para entrada e saída de dados, e um programa monitor está sendo testado.

Neste período foram publicados os seguintes relatórios e artigos:

1. Martins, R. de O.C. e Bergamini, E.W.  
"Algol M - A High Level Language for Microcomputer Programming".  
"International Microcomputers, Minicomputers, Microprocessors  
117 Conference". Genebra, Maio de 1977.
2. Yamaguti, W. e Martins, R. de O.C.  
"Um Simulador Reconfigurável para o Microprocessador INTEL

8080", São José dos Campos, INPE, Maio de 1977 (Relatório nº INPE-1028-NTE/086).

3. Paula Junior, A.R. e Hubscher, G.L.

"Desenvolvimento de um Microcomputador para Aquisição de Dados em um Balão Estratosférico". 29ª Reunião Anual da SBPC (a ser publicado no INPE).

4. Mendes, R.A.

"Padronização para Construção de Equipamentos e Desenho de Esquemas". (A ser publicado).

Para completar o protótipo de mesa, faltam as unidades de aquisição lenta e rápida de dados.

Após o término, este protótipo será adaptado à carga útil do balão (Projeto FUVÉ do grupo de ASTROFÍSICA).

PROJETO: Unidade de Processamento Microprogramada, ASTRO C/Y11Y

PARTICIPANTES: Eduardo W. Bergamini

Paulo Faria Santos Amaral

Ricardo Correa de Oliveira Martins

ANDAMENTO DA EXECUÇÃO:

Dentro dos objetivos apresentados, quando da proposta deste projeto, no período em questão, a equipe dedicou-se principalmente ao desenvolvimento de um conjunto de instrução de máquina para a unidade de processamento proposta. Assim sendo, encontra-se em fase final de desenvolvimento um conjunto de instruções de máquina dedicadas principalmente à utilização da unidade em aplicações espaciais de bordo e/ou terra.

Como modelo inicial para o desenvolvimento do citado conjunto de instruções, foram tomados os conjuntos de instruções utilizados atualmente em projetos recentes de microcomputadores de bordo para aplicações múltiplas, desenvolvidos nos E.U.A., tais como a microcomputador AN/UNK-30 das "Hughes Aircraft Company".

A partir do conjunto de instruções em desenvolvimento foi então estabelecida uma configuração preliminar da estrutura de registros internos da máquina e dos modos de endereçamentos permitidos. Isto foi estabelecido levando-se em conta as características dos componentes "bit-slice" a serem utilizados (série Am-2900). Nos próximos meses, será projetada a unidade de controle microprogramada, baseada numa arquitetura que faça "pipelining" de execução das instruções, de modo a termos alta velocidade de execução. É importante salientar que o projeto se beneficiará e será ao mesmo tempo a motivação para o desenvolvimento de duas teses de mestrado em Eletrônica a serem desenvolvidas pelos engenheiros Paulo Faria Santos Amaral e Wilson Yamaguti na área de microprogramação. Estas teses serão propostas e iniciadas em princípios de 1978.

PROJETO: Unidade Aritmética de Ponto Fixo e Ponto Flutuante, ASTRO K/11YY

PARTICIPANTES: Eduardo Whitaker Bergamini  
Paulo Faria Santos Amaral  
Genésio Luiz Hubsher

ANDAMENTO DA EXECUÇÃO:

Este projeto tem por objetivo a construção de uma unidade de ponto flutuante microprogramada (UPF) que deverá integrar, opcionalmente, a unidade central de Processamento (UPC) a ser desenvolvida no projeto ASTRO C/Y11Y, quando se desejar alta velocidade, no processamento aritmético.

Para tornar possível o projeto, foi inicialmente necessário fazer um estudo dos algoritmos aritméticos de ponto flutuante, para o formato de representação dos números definido previamente.

Devido a complexidade do "hardware", chegou-se também à conclusão que para um primeiro protótipo seria mais interessante realizar a implementação das operações aritméticas em precisão simples.

Partindo do formato de representação dos números, do conjunto de instruções de ponto flutuante e dos algoritmos aritméticos, definiu-se uma estrutura básica da UPF.

Com uma estrutura básica definida, foram descritos os algoritmos aritméticos, na forma de diagrama de blocos, e paralelamente a estrutura da UPF foi sofrendo pequenas alterações para permitir um maior paralelismo na execução de uma operação.

Chegou-se assim a uma estrutura básica final, na qual a operação de multiplicação tem um "hardware" especial utilizando-se "pipeline" de um nível e para a adição os deslocamentos da mantissa podem ser feitos em passos de 1, 2, 3 ou 4 bits.

Com a estrutura definida, foi realizado o projeto a nível de circuito, e paralelamente se definiu um modo de comunicação eficiente entre a UCP e a IPF.

Com toda a estrutura definida e projetada, a etapa seguinte será a microprogramação dos algoritmos e a montagem de teste do primeiro protótipo.

Como benefício indireto mais importante, deve ser citada a experiência que está sendo adquirida para o projeto de sistemas digitais microprogramados, destacando-se principalmente a otimização do comprimento da microinstrução utilizando-se microprogramação vertical.

Os maiores problemas surgidos até a fase atual foram a definição de uma estrutura eficiente e a minimização do comprimento da microinstrução, ambos solucionados, fazendo-se um estudo e comparação criteriosos dos algoritmos das instruções de ponto flutuante.

Outro problema surgido foi a minimização do ciclo de microinstrução, que em parte foi solucionado utilizando-se lógica Schottky de alta velocidade nos caminhos críticos.

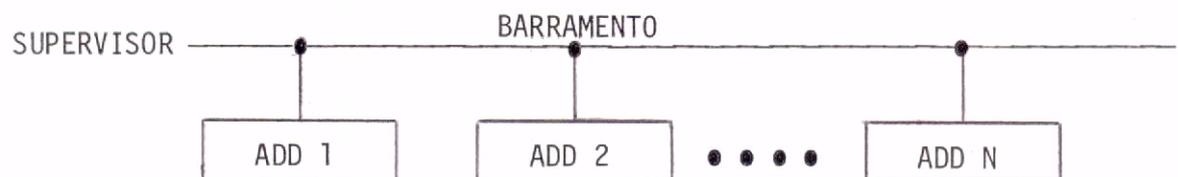
PROJETO: Computador Incremental, ASTRO Y/2113

PARTICIPANTES: Eduardo Whitaker Bergamini

ANDAMENTO DA EXECUÇÃO:

Este projeto tem tido o seu andamento normal. Na sua atual fase, o projeto se resume ao estudo de viabilidade de construção de um computador incremental, utilizando multimicroprocessamento paralelo. Até o final do ano deverão ser efetuadas as aquisições de alguns componentes que já podem ser especificados por esta altura do projeto.

Pelo estudo que está sendo feito, foi selecionada uma família de componentes, de microprocessamento, com tecnologia  $I^2L$ . O componente principal, escolhido um microprocessador de 16 bits, estático, é a nosso ver o dispositivo adequado para a construção dos módulos de processamento que comporã cada analisador digital diferencial (ADD) que de verá compor o computador incremental. A arquitetura de cada módulo está sendo projetada, assim como conclui-se que a configuração básica da organização do computador incremental poderã ser dada pelo seguinte esquema:



A construção do protótipo deverá ser iniciada pela construção de um módulo ADD, sendo antes simulada a sua programação para que

o processamento adequado possa ser validado (ex.: cálculos de integração com os algoritmos a serem adotados). É possível que cada módulo ADD venha a utilizar mais de um microprocessador, com a finalidade de sustentar a velocidade global de processamento.

O "supervisor" deverá ser um processador empenhado em inicializar o processo de computação e controlar o seu andamento, entrada/saída e término.

Está sendo submetido trabalho para congresso no exterior sob o título: "The Backward Difference Digital Differential Analyser as a Tool for Digital Signal Processing".

O projeto se encontra ainda no seu início, portanto não existem benefícios maiores que possam ser destacados. Já se pode, no entanto, fazer um estudo do repertório de instruções do microporcessador a ser utilizado (c/ 16 bits). Um dos seus aspectos atrativos se deve ao fato do microprocessador já possuir instruções aritméticas, qualidade muito desejável para um processador que deverão ser utilizado quase que exclusivamente em aplicações aritméticas. Foi considerada a forma de utilizar eficientemente essas instruções aritméticas primárias para operações aritméticas com maior precisão.

No momento estão sendo feitos entendimentos com o Ministêrio da Marinha sobre possível interesse deste ôrgão na utilização do computador incremental. Outro possível interessado poderá ser o programa de meteorologia do INPE, com vistas a previsão numérica de tempo.

Dependendo do interesse que possa surgir em aplicações mais imediatas de um computador incremental, pendendo entendimentos em andamento com o Ministério de Marinha, o desenvolvimento deste projeto poderá ser acelerado.

#### 2.3.4 - SUB-PROGRAMA DE UNIDADES PERIFÉRICAS

PROJETO: Terminais de Dados, DATA T/1122

PARTICIPANTES: Eduardo Whitaker Bergamini  
Luis Carlos Perondini Corato  
Eduardo Celso Gerbi Camargo

TRABALHO REALIZADO NO PERÍODO:

- (a) Término da montagem do primeiro protótipo do terminal não programado; testes de funcionamento e confiabilidade.  
Confirmou-se a viabilidade do projeto no que diz respeito à utilização da máquina de escrever elétrica como impressora do terminal.
- (b) Desenvolvimento e construção, no INPE, de um novo teclado para o protótipo.  
Como a indústria nacional não fornece chaves para teclados, foi necessário projetar e construir totalmente tais chaves, visto que o primeiro teclado (utilizando chaves "push-button" adaptadas) se revelou insatisfatório do ponto de vista do usuário.  
O primeiro teclado dessa nova versão está em fase final de montagem.
- (c) Melhoria no sistema de acionamento do teclado da máquina de escrever.  
Através dos testes do protótipo, constatou-se, também, que algumas modificações no sistema de eletroímãs empregado para acionar o teclado da máquina de escrever seriam convenientes, visando sobretudo um aumento da confiabilidade.  
Tais aperfeiçoamento já foram definidos e se encontram em fase de implementação na oficina mecânica do INPE.
- (d) Desenvolvimento do terminal programável.  
O terminal programável utilizará, em tese, o teclado e o sistema de eletroímãs para acionar a máquina de escrever análogos àqueles desenvolvidos para a versão não programável.

Estuda-se atualmente, por um lado, o conjunto de tarefas que deve executar um terminal impressor "inteligente", e por outro lado a configuração do circuito, com microprocessador, que permita implementar essas funções.

Com relação às tarefas, podem ser citadas, a priori, a capacidade de armazenamento interno de textos (memória interna), a edição local de textos, seleção de códigos e velocidades de transmissão, entre outras.

Na parte de circuitos, prevê-se a possibilidade de acoplar ao terminal programado um banco de "cassetes" (Projeto DATA M/21Y2) e até três terminais não programados (neste caso, o terminal programado age como concentrador).

Alguns blocos já foram projetados e estão sendo testados.

(e) Projeto paralelo.

Está sendo elaborado, como trabalho de graduação, pelo estagiário Antonio Celso Ferraz Setz (ITA, turma 1977), o projeto e a construção de uma interface para acoplamento entre uma unidade de fita "WANGCO" de 9 canais e um gravador cassete de áudio.

O desenvolvimento de tecnologia própria numa área de grande importância em processamento de dados, aliado a uma eventual industrialização dos terminais (que propiciaria ao mercado terminais de custo relativamente baixo e, sobretudo, nacionais) são os principais benefícios.

Estão sendo encaminhados pelo INPE os processos de patente das duas versões.

Como benefício indireto, vale dizer que está em andamento uma tese de mestrado baseada em aspectos do projeto do terminal "inteligente".

Até agora os principais problemas foram de natureza "mecânica". Como exemplo, já foi comentada a necessidade de se construir no INPE as chaves do teclado.

Com relação ao terminal programável, as áreas que apresentam maiores dificuldades são a definição das tarefas e a otimização da programação do sistema microprocessador. Sobre esses aspectos se concentram os esforços atualmente.

Os processos de pedido de patente são outra área problemática, dada a morosidade com que se processa o encaminhamento dos mesmos.

PROJETO: Unidade Múltiplas Cassette de Memória, DATA M/21Y2

PARTICIPANTES: Eduardo Whitaker Bergamini  
Juan Suñe Pérez  
Wilson Ipojucan C. Teixeira  
Eigi Kawamura

ANDAMENTO DA EXECUÇÃO:

O objetivo deste projeto é realizar um protótipo periférico de memória digital cassette, que seja de custo relativamente baixo, com tecnologia de construção e programação totalmente própria. Este periférico deverá servir de padrão para terminais ou sistemas de processamento de pequeno ou médio porte para armazenamento de dados ou programação, para uso local ou para ser transmitida após concentração.

A parte inicial do projeto constou do desenvolvimento da parte eletromecânica e, portanto, foram observados dois propósitos: um

maior aproveitamento na capacidade de memória de fita e limitar ao máximo o uso de partes mecânicas no sistema.

Para obter uma velocidade de fita constante, com respeito a variação do diâmetro da fita, foi usada uma realimentação negativa. O método usado para obter um sinal da velocidade da fita foi a pré-gravação de uma determinada frequência na fita; uma voltagem tacométrica é gerada desta frequência e usada como realimentação negativa.

Com este tipo de controle foi conseguida uma velocidade de fita que varia  $\pm 2\%$  da velocidade normal.

A parte de codificação e decodificação de dados já está projetada e em fase de montagem; portanto para o término do protótipo da memória digital simples, falta apenas o projeto dos amplificadores da cabeça do gravador.

O próximo passo no projeto já foi iniciado, e consiste na construção do protótipo da memória digital simples, acoplada a um microprocessador para comunicações a múltiplas unidades.

PROJETO: Unidade de Memória Semicondutora, DATA M/2123

PARTICIPANTES: Eduardo W. Bergamini  
Alderico R. de Paula Jr.  
Ricardo A. Mendes

ANDAMENTO DA EXECUÇÃO:

Este projeto tem a finalidade de desenvolver módulos de memória semicondutores para sistemas digitais.

Neste período foram realizadas as seguintes tarefas:

- 1 - Estudo da padronização de módulos de memória semicondutoras e definição dos componentes a serem utilizados nestes módulos;

- 2 - Estudo preliminar para a adaptação de um módulo de 32 K palavras de 18 bits ao computador híbrido EAI-680;
- 3 - Estudo do módulo de memória a ser acoplado como memória principal ao protótipo da Unidade de Processamento microprogramada que está sendo desenvolvida no sub-programa Unidades de Processamento.

Os componentes para a construção destes módulos já estão sendo adquiridos e no início da montagem está prevista para fevereiro de 1978.

O principal benefício é o desenvolvimento de uma tecnologia própria em módulos de memórias semicondutoras e a formação de uma equipe especializada nesta área.

#### 2.3.5 - SUB-PROGRAMA DE REDES DE PROCESSAMENTO

PROJETO: Adaptador 211B, DATA A/2122

PARTICIPANTES: Eduardo W. Bergamini  
Mário Mammoli  
Wilson Yamaguti  
Nivaldo Bissoli

#### ANDAMENTO DA EXECUÇÃO:

O atraso no término do protótipo deu-se por falhas no funcionamento da impressora e da unidade de fitas de papel do sistema HP 2116B utilizado. Além deste atraso (recuperação das unidades pela engenharia de manutenção), apresentou-se um defeito de mau contato nos conectores e circuito impresso. Para tal, necessitou-se dourar os contatos de circuito impresso.

Houve também um pequeno atraso por falta de conhecimentos, na área de banhos de ouro eletrolítico em circuito impresso.

Além destes problemas, o Eng. Fábio Vitaliano Filho, responsável pela parte de programação, afastou-se de nossa instituição, sendo necessário que um outro engenheiro de programação pudesse assimilar os conhecimentos já adquiridos pelo antigo engenheiro. Sanados os problemas, estamos agora em fase de testes finais do protótipo.

Por outro lado, não foi possível contratar o estagiário previsto no relatório passado. O Trabalho de Tese, sub-produto do desenvolvimento deste equipamento encontra-se já em forma final, aguardando a apresentação para julgamento da banca examinadora.

PROJETO: Comunicador MODEM, DATA D/132

PARTICIPANTES: Eduardo Whitaker Bergamini

Mário Mammoli

Leon Lonneux

ANDAMENTO DA EXECUÇÃO:

Aproveitando-se do conhecimento adquirido com o modem de baixa velocidade (300 bands), projetado para o uso dedicado ao nosso sub-programa, está sendo projetado e testado um modem de 300 bands Full Duplex, conforme as normas da C.C.I.T.T. Além deste projeto, está sendo iniciado o estudo para um modem de 1200 bands Half Duplex, para uso com o terminal também em andamento inicial de maior velocidade daquele já em testes finais.

O atraso, tanto na execução dos modems de baixa velocidade como no de média velocidade, prende-se à falta de técnico em tempo integral ao nosso projeto, já que os testes até agora efetuados estão sendo feitos com o auxílio de técnicos de outros projetos.

Quanto ao modulador do modem de 4800 b/s, uma vez implementado, já que os componentes importados já foram adquiridos, estamos em fase de testes, permitindo uma visualização do espectro real do sinal a ser transmitido na linha de comunicação.

Quanto ao projeto do demodulador, encontramos uma série de dificuldades em sua implementação, com destaque para a recuperação da portadora e a detecção do sincronismo.

No que se refere à demodulação propriamente dita, já definimos o algoritmo a ser implementado.

Paralelamente, simulamos, com êxito, no computador, o algoritmo que deverá assegurar a equalização.

Nós optamos por uma equalização do canal passa banda (antes da demodulação) baseada na minimização do erro quadrático médio (MSE), assegurando um desempenho melhor que o equalizador baseado na minimização do erro de pico quando em presença de ruído. Mais precisamente, a estrutura do equalizador preverá uma equalização cíclica na fase de "PRESET", usando uma sequência teste apropriada para, em seguida, tornar-se adaptativo.

Assim como os modems de baixa velocidade, o modem de 4800 b/s também deve ser padronizado conforme as normas impostas pela C.C.I.T.T., já que o Departamento de Meteorologia do INPE tem grande interesse neste projeto, pois possibilitaria a transmissão real de dados meteorológicos aqui rastreados para outras instituições interessadas.

Dois protótipos iguais ao desenvolvido no projeto foram construídos.

PROJETO: Padronização de Redes, DATA D/2333

PARTICIPANTES: Eduardo Whitaker Bergamini  
Genésio Luiz Hubscher  
José Bianchi Neto

ANDAMENTO DA EXECUÇÃO:

Este projeto tem como objetivo a padronização dos protocolos e das vias de comunicação utilizados na interligação de equipamentos desenvolvidos neste programa.

Dependendo dos equipamentos e das distâncias envolvidas, vários tipos de interligações podem ser executadas.

O objetivo inicial era o estabelecimento de um protocolo de comunicações que permitisse a interligação de equipamentos a curta distância, com controle centralizado.

Este protocolo deveria ser feito de modo a permitir no conjunto resultante da interligação, a existência de um ou mais equipamentos com capacidade própria de processamento.

Com esta finalidade, foram feitos diversos estudos, tendo-se por base livros, manuais e artigos sobre o assunto.

A principal dificuldade encontrada foi o fato de a maioria dos artigos encontrados, tratar da interligação de equipamentos, supondo a existência de apenas um deles com capacidade própria de processamento. Além disso, os poucos artigos que tratam da interligação de vários processadores são muito superficiais, não fornecendo, portanto, informações úteis sobre o assunto.

Depois de terem sido estudados vários artigos sobre o assunto, chegou-se a conclusão que para uma primeira abordagem do problema, seria mais interessante considerar a hipótese de apenas um processador ligado a uma mesma via, uma vez que se deseja uma alta velocidade na

transferência de informações entre processadores e memória, pois se um mesmo módulo de memória for utilizado por mais de 1 processador, a eficiência diminui.

Sentiu-se então a necessidade do estudo de árbitros para a coordenação de processos assíncronos, estudo que está sendo feito como um curso orientado.

Atualmente está sendo estudado um protocolo de Comunicação e um árbitro que permitam a utilização dos circuitos LSI, existentes no mercado, nas interfaces entre equipamentos.

## 2.4 - PROGRAMA SENSORES

### 2.4.1 - PESSOAL PARTICIPANTE DO PROGRAMA

SUPERVISOR: Nelson de Jesus Parada (Dr.)

GERENTE: Cesar C. Ghizoni (Dr.)

PESQUISADORES: Oswaldo O. Andrade (Dr.) (a partir de 08/77)  
Ivan C. da Cunha Lima (Dr.) (a partir de 08/77)  
Achiles R. Riego (a partir de 05/77)  
Marcos A.A. Siqueira

TÉCNICOS: Rose M. Prado (a partir de 06/77)

### 2.4.2 - ANDAMENTO DO PROGRAMA

Dentro do programa, estabelecido em meados de 1977, e contando com a participação de dois consultores da UNICAMP os seguintes projetos foram desenvolvidos:

1. Desenvolvimento da técnica de Espectroscopia Fotoacústica para o estudo dos materiais relevantes à confecção de detectores de

radiação: foi desenvolvido um espectrômetro utilizando o efeito Fotoacústico, de extrema utilidade na análise espectrométrica de amostras, em forma de pó e opacas. Pretendemos desenvolver um protótipo que possa ser industrializado, no próximo ano.

2. Uso do efeito Fotoacústico na construção de Detectores de Infravermelho: pretendemos requerer patente quando completarmos tal projeto em meados de 1978. Resultados preliminares demonstraram que esses detectores são extremamente sensíveis e superam (principalmente quanto ao custo) os detectores térmicos convencionais.
3. Construção de um sistema Imageador de Varredura para o Infravermelho (I.R. Scanner): construímos toda a parte mecânica e a de processamento eletrônico. O sistema encontra-se 80% pronto e pretendemos efetuar testes preliminares ainda em 1977.
4. Estudo da interação electron-phonon em semicondutores: trabalho experimental visando um melhor entendimento das propriedades dos semicondutores. Usamos uma célula Fotoacústica (por nós desenvolvida) para medir a população de fonons excitados por elétrons.
5. Estudo de propriedades magnéticas de materiais amorfos: foi tratado o sulfato de Ferro hidratado ( $\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4$ ) o qual apresenta-se em forma policristalina com micro-cristais com diâmetro da ordem de  $100 \text{ \AA}$ . Com base na Aproximação do Campo Molecular (MFA) obteve-se a magnetização como uma média numa distribuição de volume para os micro-cristais, o que resultou numa lei de potência  $1/3$  próximo à temperatura crítica. Na fase atual trata-se de obter a suscetibilidade magnética e o calor específico para diversas distribuições de volume.