

1. Publicação nº INPE-3675-NTE/246	2. Versão	3. Data Out., 1985	5. Distribuição ☐ Interna ☒ Externa ☐ Restrita
4. Origem DMS	Programa BRESEX		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) SENSORIAMENTO REMOTO BRESEX CÂMERA CCD			
7. C.D.U.: 528.711.7:629.783(81)			
8. Título DETALHAMENTO TÉCNICO DO EXPERIMENTO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (BRESEX) A SER REALIZADO NO "ÔNIBUS ESPACIAL" DA NASA		10. Páginas: 40 11. Última página: 36 12. Revisada por	
9. Autoria Alderico Rodrigues de Paula Junior Icaro Vitorello José Sergio Rodrigues Alves Filho Lauro Benassi Marcus Antonius Andrade Siqueira Olavo Bueno de Oliveira Filho Raimundo de Almeida Filho Ronald Ranvaud Włodimir Boruszewski		13. Autorizada por Marco Antonio Raupp Diretor Geral	
Assinatura responsável			
14. Resumo/Notas Apresentam-se considerações gerais a respeito do Projeto BRESEX no contexto da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB). Este documento foi preparado com o intuito de divulgar o Projeto e fornecer subsídios para a tomada de decisões quanto a sua prioridade pelos órgãos aos quais o INPE está vinculado.			
15. Observações Documento a ser entregue ao Ministro da Ciência e Tecnologia, Dr. Renato Archer.			

ABSTRACT

General considerations are presented concerning the BRESEX Project in the context of the Brazilian Complete Space Mission (MECB). The purpose of this document is to promulgate the Project as well as to provide information so that its priority may be determined by the agencies to which INPE is subordinated.

DETALHAMENTO TÉCNICO DO EXPERIMENTO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO
REMOTO (BRESEX) A SER REALIZADO NO "ÔNIBUS ESPACIAL" DA NASA

Este documento foi redigido pelos seguintes funcionários
do Instituto de Pesquisas Espaciais:

Alderico Rodrigues de Paula Junior

Ícaro Vitorello

José Sérgio Rodrigues Alves Filho

Lauro Benassi

Marcus Antonius Andrade Siqueira

Olavo Bueno de Oliveira Filho

Raimundo de Almeida Filho

Ronald Ranvaud

Wolodymir Boruszewski

São José dos Campos, 30 de Agosto de 1985

DETALHAMENTO TECNICO DO EXPERIMENTO BRASILEIRO DE
SENSORIAMENTO REMOTO (BRESEX) A SER REALIZADO
NO "ONIBUS ESPACIAL" DA NASA

AGOSTO 1985

SUMÁRIO

Pág.

. INTRODUÇÃO.....	1
. OBJETIVOS TECNOLÓGICOS.....	3
. OBJETIVOS CIENTÍFICOS.....	4
. ARQUITETURA MECÂNICA.....	12
. ARQUITETURA ELETRÔNICA.....	14
. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	19
. ORGANIZAÇÃO INTERNA DO PROJETO NO INPE.....	21
. PLANO DE EXECUÇÃO: CRONOGRAMA.....	24
. PLANO DE EXECUÇÃO: PARTICIPAÇÃO INDUSTRIAL.....	28
. PLANO DE EXECUÇÃO: PARTICIPAÇÃO E REQUISITOS DA NASA.....	29
. PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA.....	30
. O ESPECIALISTA DE CARGA ÚTIL.....	34

INTRODUÇÃO

A possibilidade de execução de um experimento científico e tecnológico a bordo do "Ônibus Espacial" da NASA surgiu como consequência da oferta do Presidente Ronald Reagan em dezembro de 1982 de receber a bordo daquela Espçonave um tripulante brasileiro. No decorrer de 1983 foi negociado um projeto de cooperação associado a esta oferta, que resultou na formulação de uma proposta técnica de realizar um experimento de sensoriamento remoto - denominado BRESEX (Experimento Brasileiro de Sensoriamento Remoto) - cujos detalhes são descritos nas Seções que seguem.

Antes de um detalhamento técnico vale salientar alguns pontos básicos referentes a este projeto.

- Trata-se de uma cooperação, ou seja, de uma atividade técnico-científica conjunta INPE/NASA, caracterizada pela ausência de troca de divisas no que diz respeito à execução do experimento. Todas as atividades de calibração da câmera no Goddard Space Flight Center, de ensaios ambientais no Johnson Space Center e de integração ao Veículo Orbital no Kennedy Space Center ocorrem com a plena participação de engenheiros brasileiros, mas sem que haja qualquer cobrança de recursos por parte da NASA para o uso das instalações e para a dedicação de mão-de-obra americana. Os custos do lançamento e do treinamento do Especialista de Carga Útil Brasileiro nos Estados Unidos correrão inteiramente por conta da NASA, que investirá, portanto, um valor bem

superior ao previsto do lado brasileiro. Além das considerações políticas, existe da parte americana um genuíno interesse científico neste trabalho conjunto, que justifica a alocação dos recursos necessários à cooperação por parte da NASA.

- Para satisfazer ao imperativo de voar o Experimento em junho-julho-agosto de 1988, é necessário dar início imediato ao cronograma descrito nas Seções "Plano de Execução", o que implica a aprovação de pelo menos uma primeira parcela dos recursos necessários à execução do BRESEX. O Projeto BRESEX foi planejado para ser da maior utilidade possível para a Missão Espacial Completa Brasileira - MECB - e é inteiramente compatível com ela na concepção ainda em vigor no início de 1985. Não há previsão clara, porém, para a formulação, definição e implementação de possíveis redefinições da MECB, e da solução de outros problemas atualmente em análise, de grande relevância para o BRESEX. A espera das soluções a estes problemas está inviabilizando a execução do BRESEX em tempo hábil, sem que seja tomada uma decisão consciente quanto à oportunidade ou não de levá-lo para frente.
- Pelas razões históricas envolvidas na origem desta cooperação trata-se de uma oportunidade mais única do que rara para aproveitar de uma abertura da NASA e obter grandes benefícios em termos de transferência de tecnologia, experiência com os procedimentos e as metodologias espaciais norte-americanas, e motiva

ção e amadurecimento das equipes brasileiras. Esta experiência, se bem sucedida, adiantaria em muitos anos o progresso do INPE em várias áreas de sua atuação ligadas a Sensoriamento Remoto, colocando o País num patamar tecnológico espacial que não poderia ser alcançado sem o BRESEX.

OBJETIVOS TECNOLÓGICOS

O primeiro objetivo tecnológico do BRESEX é aproveitar da possibilidade de cooperação com a NASA para adquirir experiência na realização de uma missão espacial orbital, a primeira a envolver uma equipe brasileira em todas as suas fases, inclusive no projeto. Não haveria como conseguir o mesmo avanço das equipes do INPE substituindo o BRESEX por algum outro programa, mesmo que mais estendido no tempo, tendo em vista a complexidade do Experimento e o estágio de sofisticação dos programas e da infra-estrutura norte-americana.

Com a execução do BRESEX dar-se-ia início a um programa tecnológico brasileiro de sensoriamento remoto, havendo muitas opções na seqüência de eventos que pode ser prevista. De especial interesse seria a possibilidade de participar de licitações internacionais na área, fornecendo, por exemplo, uma Câmera para o segundo satélite canadense de sensoriamento remoto, RADARSAT, previsto para 1994. Também importantíssima poderá ser a continuação da cooperação com a NASA, repetindo os vôos do BRESEX em outras missões do "Ônibus Espacial".

O Projeto BRESEX foi concebido primordialmente para beneficiar tecnologicamente a MECB. Durante o Experimento seria testada em vôo uma Câmera Brasileira que é essencialmente a mesma que voaria nos Satélites de Sensoriamento Remoto da MECB. Mais importante do que o teste em vôo, a própria execução de todas as etapas que levam à formulação do projeto e à fabricação e integração e testes da Câmera representam uma contribuição muito grande à preparação das equipes envolvidas na MECB.

Os resultados científicos obtidos revelarão não somente o bom funcionamento da Câmera, como também a adequação das suas especificações para o objetivo visado na MECB. As características técnicas da Câmera foram projetadas para o estudo específico das diferentes regiões geográficas do País. Eventuais problemas que sejam descobertos durante a análise dos resultados obtidos pelo BRESEX poderão conduzir à redefinição dos parâmetros de especificação da Câmera que voará nos Satélites Brasileiros, aumentando de tal forma a utilidade da Missão Sensoriamento Remoto.

OBJETIVOS CIENTÍFICOS

A obtenção de informações úteis à comunidade brasileira, através de imagens de sensoriamento remoto orbital, requer um esforço científico no sentido de buscar definir os parâmetros que controlam as condições mais apropriadas à coleta desses dados. Esta sofre limitações de natureza atmosférica, representadas principalmente pela freqüente

presença de cobertura de nuvens, além daquelas impostas pelas características fisiográficas próprias das diferentes regiões geográficas do País.

Dentro deste contexto, este Projeto visa alcançar as seguintes metas científicas:

- avaliar o desempenho radiométrico, espectral e geométrico das imagens em termos de aplicações à Agricultura, Geologia, Solos, Uso da Terra, Hidrologia, Processos Costeiros e Cobertura Vegetal em todos os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos do território brasileiro indicados na Tabela 1;

TABELA 1

PRINCIPAIS DOMÍNIOS MORFOCLIMÁTICOS E FITOGEOGRÁFICOS DO BRASIL

DOMÍNIO MORFOCLIMÁTICO E FITOGEOGRÁFICO	REGIÃO
Equatorial Amazônico	Amazônia
Cerrados	Centro do Brasil
Caatingas	Nordeste
Atlântico Tropical	Costa Leste e Centro-Leste
Planalto das Araucárias	Sul
Pantaneais	Centro-Oeste

- investigar os efeitos de variações nas condições de imageamento (direção de visada e de iluminação pelo Sol) sobre a radiometria e geometria, visando otimizar o processamento e a análise das imagens;
- avaliar o impacto de uma melhor resolução espacial, possibilidades estereoscópicas e o sinergismo do imageamento de diversos sensores.

Para assegurar a utilização científica dos dados a serem obtidos por este Projeto, os seguintes aspectos devem ser considerados:

- necessidade de obter a mais alta qualidade nas especificações instrumentais, principalmente quanto à razão sinal/ruído, nível de detecção do contraste espectral mínimo, calibração radiométrica do sistema sensor e desempenho do sistema de apontamento;
- planejamento de estudos de reflectância bidirecional, ao nível de campo e aeronave, em diversos alvos e condições superficiais para comparação e calibração de dados orbitais;
- programa de estímulo e capacitação visando assegurar a participação de diversas entidades e universidades brasileiras em todas as fases do Projeto.

Os parâmetros fundamentais a serem considerados na busca dos objetivos científicos do Projeto estão relacionados às especificações do sensor imageador e às particularidades da órbita, a saber:

- Características Instrumentais:

- . definição de bandas espectrais apropriadas ao estudo de recursos naturais brasileiros, tanto em termos de largura quanto de posicionamento no espectro eletromagnético;
- . conhecimento dos efeitos atmosféricos nessas bandas espectrais e desenvolvimento de técnicas de processamento para minimizá-los;
- . avaliação das características radiométricas e geométricas das imagens em função dos efeitos causados por variações no direcionamento do imageamento e da iluminação solar.

- Características Orbitais:

- . determinação da inclinação e altitude da órbita, horário de passagem e época do ano para maximizar a resolução temporal efetiva;
- . impacto causado pela inclinação e altitude da órbita e horário de passagem nas qualidades radiométricas e geométricas das imagens.

Para este Projeto, o número, a largura e o posicionamento das bandas espectrais foram definidos a partir de um estudo preliminar em que foi considerada a experiência acumulada na análise de todos os dados orbitais atualmente disponíveis. Desta maneira, ficou estabelecido que três bandas espectrais seriam um compromisso adequado para aplicações multidisciplinares para não sobrecarregar desnecessariamente o sistema. Na faixa óptica, aumentando o número de bandas espectrais aumenta-se consideravelmente a quantidade de dados redundantes. Por outro lado, um número menor do que três inviabiliza a possibilidade de compor os dados por técnicas de processamento que visam colocar numa única imagem informações de várias bandas.

Na escolha das três bandas descritas a seguir, considerou-se o comportamento espectral dos principais alvos terrestres de interesse para as aplicações brasileiras e os efeitos atmosféricos mais importantes, ilustrados na Figura 1. É importante salientar que a definição das bandas espectrais do BRESEX apresenta significativas diferenças em relação aos sistemas de outros países.

Banda 1 (0,47 a 0,53 μ m)

Esta banda presta-se muito bem a estudos que envolvem corpos d'água, pois se encontra ao redor do comprimento de onda da maior penetração da radiação na água (0,475 μ m).

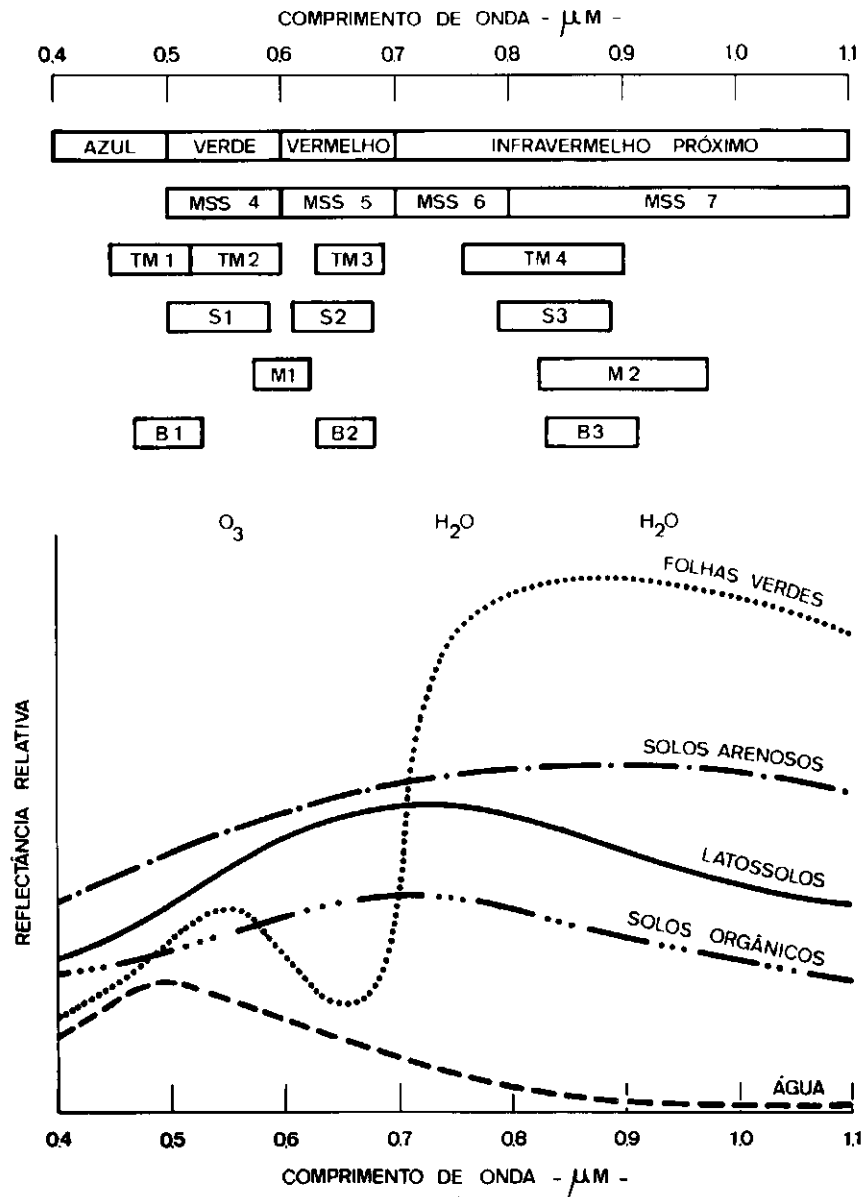


Fig. 1 - Representação gráfica dos intervalos espectrais das Bandas dos sistemas sensores BRESEX (B1, B2, B3), MOMS (M1, M2), SPOT (S1, S2, S3), LANDSAT-TM (TM1, TM2, TM3, TM4) e LANDSAT-MSS (MSS4, MSS5, MSS6, MSS7) comparados aos picos de absorção atmosférica pelo ozônio e vapor d'água, e comportamento espectral relativo de folhas, água, solos arenosos, orgânicos e de latossolos, típicos de regiões tropicais.

Esta banda pode ser utilizada em estudos em regiões costeiras, reservatórios e rios, envolvendo a dinâmica do transporte de sedimentos, determinações batimétricas de pequena profundidade, e alguns problemas ecológicos, de poluição, e relacionados com a qualidade da água.

Como esta banda cobre também uma faixa de absorção da clorofila e do pigmento caroteno, ela pode também ser utilizada na detecção de variações do volume de biomassa verde.

Entretanto, esta banda está sujeita à grande interferência atmosférica (espalhamento e absorção), o que limita a diferenciação entre alvos com baixo contraste espectral. A largura desta banda foi determinada levando em conta um compromisso entre o sinal e o "ruído" devido à atmosfera no lado de curtos comprimentos de onda e o início do aumento da reflectância da vegetação nos comprimentos de onda maiores.

Banda 2 (0,63 a 0,68 μ m)

Esta faixa espectral visa cobrir o pico de absorção da clorofila. Devido a este fato, estudos relacionados à vegetação e uso do solo são facilitados visto haver grande contraste espectral entre as áreas com completa cobertura vegetal e aquelas onde o solo afeta a radiação da cena, principalmente no caso de solos com baixo teor de umidade e matéria orgânica. Portanto, esta banda é apropriada para observar atividades antrópicas (áreas desmatadas, estradas, irrigação) e realizar estudos geobotânicos e fenológicos.

Em termos de efeitos atmosféricos, esta faixa tem menos problemas de espalhamento do que a anterior, porém sofre pequena perda de energia devido à absorção por ozônio ao redor de $0,57\mu\text{m}$.

Banda 3 ($0,83$ a $0,91\mu\text{m}$)

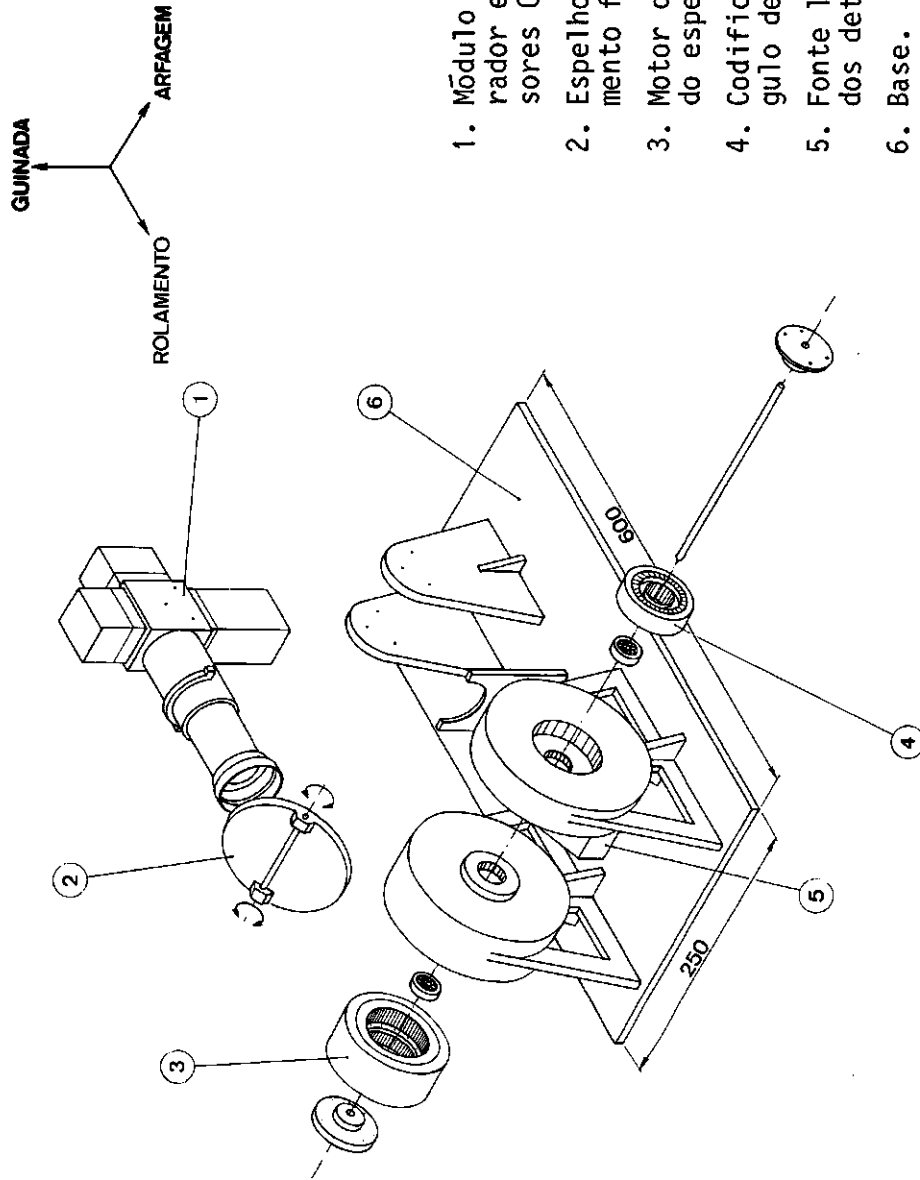
Esta terceira banda complementa a anterior, devido à elevada reflectância da vegetação neste intervalo, e se relaciona à estrutura celular da folha. Por isso, esta banda é apropriada à diferenciação entre vegetação e solos, principalmente aqueles com alto teor de ferro, matéria orgânica e umidade. Os aspectos topográficos são bastante realçados pelo contraste entre áreas sombreadas e áreas de alta reflectância (vegetação e solo). Da mesma maneira, a delimitação de corpos d'água é facilitada pelo contraste entre a baixa reflectância da água e a elevada reflectância da vegetação e do solo.

Os limites de comprimento de onda desta banda são determinados pela existência de dois picos de absorção por vapor d'água ao redor de $0,81$ e de $0,93\mu\text{m}$, nas duas extremidades. Entretanto, os efeitos de espalhamento atmosférico são bem menores do que nas bandas anteriores.

ARQUITETURA MECÂNICA

Uma configuração mecânica básica da Câmera Multiespectral que comporá o BRESEX, viável e compatível com a MECB, está mostrada na Figura 2, em vista explodida. Algumas variações foram consideradas, faltando ainda uma decisão final quanto à melhor opção. A Câmera pode ser considerada como constituída das seguintes partes: módulo optoeletrônico (1), espelho móvel (2), motor de passo controlado (3), codificador angular (4), fonte de calibração (5), base (6). Naturalmente deve ser considerada, também, uma proteção (inclusive térmica) para o conjunto, na forma de uma caixa em paralelepípedo, que não consta da Figura 2.

O módulo optoeletrônico (1) compõe-se da objetiva (que coleta e focaliza a luz proveniente da cena imageada), de um prisma diacrônico (que separa as bandas espectrais desejadas) e dos sensores CCD (que registram a imagem). O espelho (2), que permite a visada frente-trás da Câmera, é movimentado por um motor elétrico de passo controlado (3), sendo sua posição monitorada, com grande precisão, através de um codificador angular (4). Os sensores CCD podem ser testados em voo através de uma fonte luminosa contida na caixa de calibração (5). Todos os componentes são montados sobre uma base (6) que fornece a rigidez e o alinhamento necessários ao conjunto, permitindo que este suporte todas as cargas de lançamento, mantendo inalteradas as tolerâncias de alinhamento e montagem. O interfaceamento mecânico da Câmera com o Veículo Orbital se dará por arrebitamento da base (6) numa estrutura de suporte modular padrão parafusada na Baía de Cargas do Veículo Orbital.



1. Módulo optoeletrônico (objetiva, separador espectral e planos focais com sensores CCD).
2. Espelho móvel para mudança de apontamento frente-trás.
3. Motor de passo controlado para rotação do espelho.
4. Codificador angular para leitura do ângulo de apontamento do espelho.
5. Fonte luminosa para calibração em voo dos detectores CCD.
6. Base.

Fig. 2 - Uma configuração mecânico-estrutural possível, compatível com os requisitos da MECB/Sensoriamento Remoto. As dimensões são indicadas em milímetros.

A base (6) será arrebitada na estrutura de suporte colocada na Baía de Cargas do "Ônibus Espacial". A Figura mostra o espelho (2) em posição de teste, enviando para a objetiva o sinal da fonte luminosa de calibração (5). A operação em voo se dará com o espelho virado de 90°, apontando assim a Câmera para a Terra, com o Veículo Orbital em posição invertida.

ARQUITETURA ELETRÔNICA

A configuração eletrônica do BRESEX está descrita em termos de um diagrama de blocos na Figura 3. Montados numa estrutura de suporte na Baía de Carga do Veículo Orbital, expostos ao vácuo quando em órbita, irá o equipamento desenvolvido pelo INPE, a saber: a Câmera Multiespectral (MC), o Supervisor de Bordo (OBS) e o Módulo de Potência (PM) que converterá os 28V não-regulados, fornecidos pelo Veículo Orbital, nas tensões reguladas necessárias ao funcionamento da MC e do OBS.

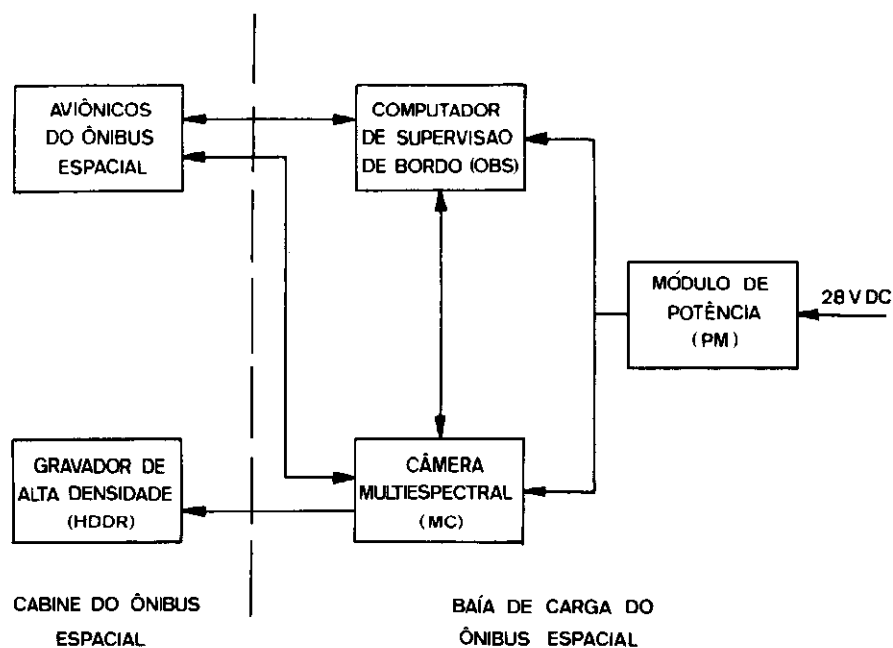


Fig. 3 - Configuração eletrônica do BRESEX.

A configuração eletrônica da Câmera Multiespectral esquematizada no diagrama de blocos da Figura 4 tem como elemento sensor da radiação luminosa proveniente da cena imageada, para cada canal espec

tral, uma rede linear de detectores de silício com tecnologia CCD (Charge Coupled Device). A saída de cada sensor é amplificada, digitalizada e, em seguida, multiplexada com as saídas dos outros sensores. A saída final da Câmera é apresentada na forma serial, com formatação apropriada para gravação ou transmissão à Terra via telemetria.

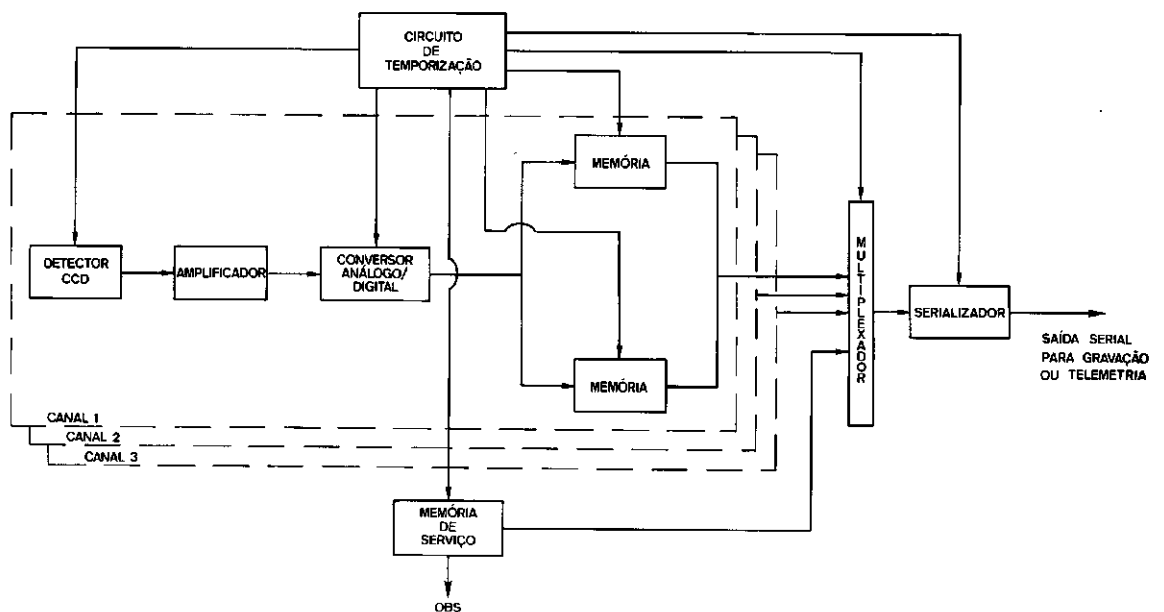


Fig. 4 - Diagrama de blocos da Eletrônica da Câmera Multiespectral (MC).

A Figura 5 mostra um detalhamento do diagrama de blocos do Supervisor de Bordo.

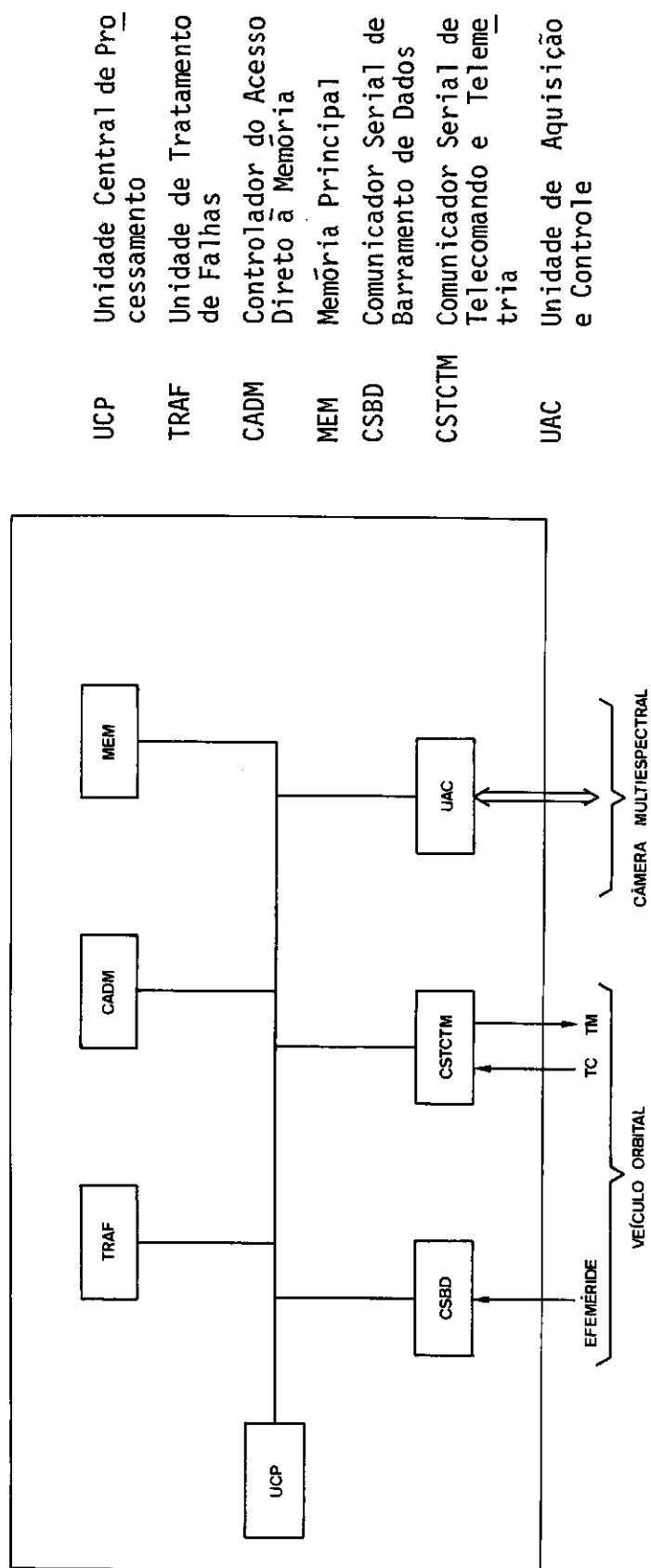


Fig. 5 - Diagrama de blocos do Supervisor de Bordo (OBS).

As principais tarefas a serem executadas por este subsistema são:

- receber os pacotes de dados de efeméride provenientes do computador de uso geral (GPC) do Veículo Orbital, decodificá-los e armazenar as informações de interesse na memória da Câmera Multiespectral para serem incorporadas aos dados de imageamento;
- receber os telecomandos provenientes do Centro de Controle de Missões (posição do espelho, tempo de integração etc.) e atuar a Câmera Multiespectral;
- adquirir os dados da Câmera Multiespectral (temperatura, corrente, tensão etc.), formatá-los e enviá-los para o Centro de Controle de Missão.

Um detalhamento maior da arquitetura eletrônica da Câmera Multiespectral e do Supervisor de Bordo, que demonstra a complexidade dos interfaceamentos necessários, é mostrado na Figura 6, onde são identificados os equipamentos de infra-estrutura e suporte do Veículo Orbital que deverão estar ligados ao BRESEX durante a Missão.

MC : Câmera Multiespectral
 OBS : Computador de Supervisão de Bordo
 PCB : Módulo de Controle de Potência
 FMDM: Multiplex-Demultiplex Flexível
 KU SP: Processador de Sinais de Banda Ku
 HDDR: Gravador Digital de Alta Densidade
 IU : Unidade de Interfaceamento
 JB : Módulo de Função
 MDM : Multiplex-Demultiplex de Carga Útil
 SSP : Painel Padrão de Chaves
 GPC : Computador de Uso Geral
 MCDS: Sistema de Display Multifunção
 PSP : Processador de Sinais de Cargas Úteis
 PDI : Intercalador de Dados de Cargas Úteis

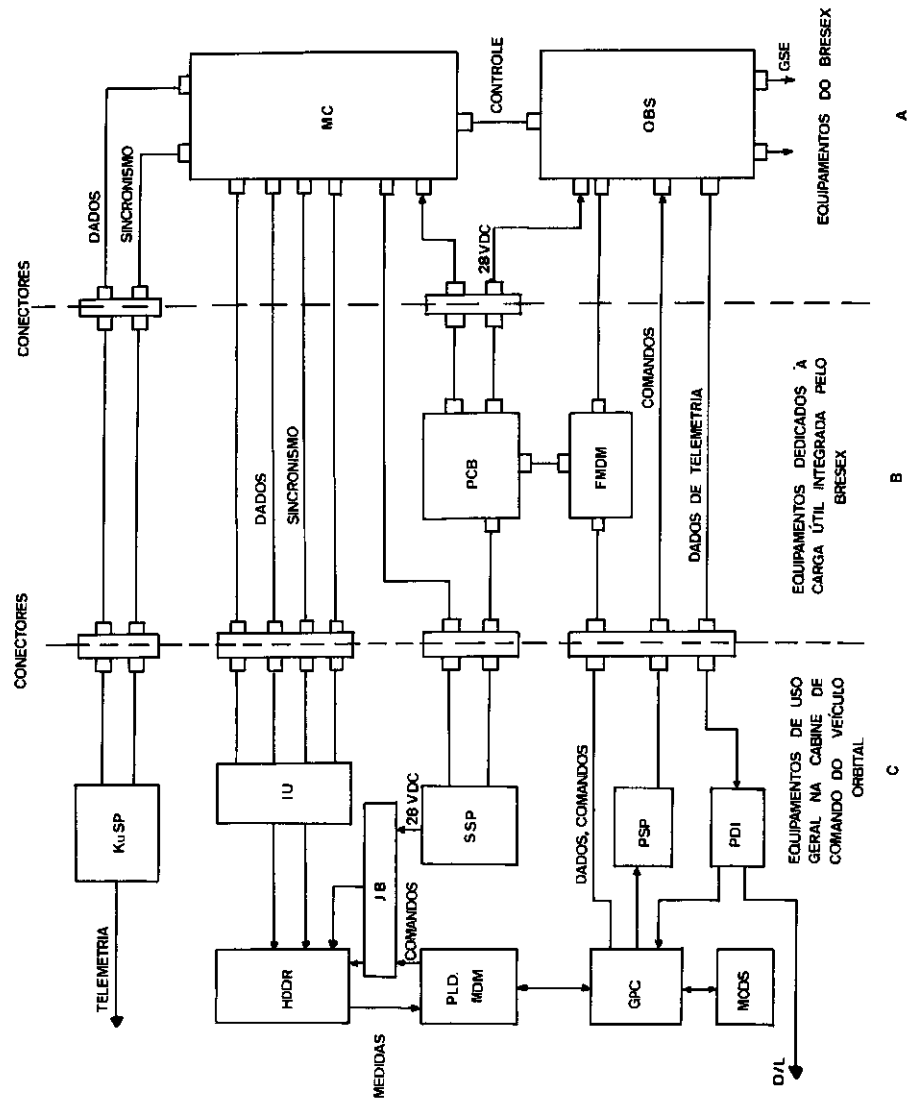


Fig. 6 - Diagrama de blocos que identifica os equipamentos brasileiros (do BRESEX, à direita, com Módulo de Potência embutido na MC e no OBS) e as interfaces com o equipamento de suporte do Veículo Orbital.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

A base da Câmera Multiespectral deverá ser feita em alumínio (ligas 2024 ou 7075), eventualmente na forma de estrutura em sanduíche, e terá dimensões próximas a 250 x 600mm. A altura da Câmera não deverá superar os 300mm. Na confecção do módulo optoeletrônico, serão utilizados materiais como INVAR por problemas de dilatação térmica. Estima-se que as excursões térmicas máximas serão mantidas entre -10°C e $+19^{\circ}\text{C}$, sendo as maiores taxas de variação no tempo de aproximadamente $1,2^{\circ}\text{C}/\text{min}$. O maior gradiente térmico ao longo do módulo optoeletrônico (a parte mais sensível a efeitos térmicos) deverá ser aproximadamente de $0,1^{\circ}\text{C}/\text{mm}$. O peso estimado da Câmera é de aproximadamente 30kg.

A Câmera Multiespectral deverá fornecer imagens simultâneas em três faixas espectrais, como segue:

- Banda 1: $0,47 \rightarrow 0,53\mu\text{m}$ (azul) ($\Delta\lambda = 0,06\mu\text{m}$),
- Banda 2: $0,63 \rightarrow 0,68\mu\text{m}$ (vermelho) ($\Delta\lambda = 0,05\mu\text{m}$),
- Banda 3: $0,83 \rightarrow 0,91\mu\text{m}$ (infravermelho próximo) ($\Delta\lambda = 0,08\mu\text{m}$).

O sistema óptico obrigatoriamente deverá ser da mais alta precisão e estabilidade geométrica e radiométrica para que possam ser alcançados os objetivos científicos do Experimento. A resolução espacial deverá ser de 20m para uma altura de vôo de 300km, sendo imageada uma faixa, no solo, de 40km de largura. A resolução radiométrica deverá ser melhor que 1%. Fundamental para o escopo do experimento é o espelho de visada que

permite o imageamento na frente e atrás do ponto sobrevoado. A possibilidade de inclusão de um segundo eixo de rotação, para permitir adicionalmente um apontamento lateral, seria altamente desejável constituindo-se numa característica inédita, juntamente com a escolha das bandas espectrais. Este segundo eixo de visada porém não poderá, por limitações de volume e peso, ser incluído no instrumento previsto na MECB/Sensoriamento Remoto.

Os elementos sensores da Câmera serão redes lineares de detetores de silício que utilizam tecnologia CCD. A taxa de dados gerados pela eletrônica da Câmera deverá ser de 18 Megabit/seg, para uma digitalização do sinal vídeo em 8 bit por "pixel" que corresponde a 256 níveis de cinza.

A potência elétrica necessária ao funcionamento da Câmera não deverá superar os 50W.

As especificações técnicas do Supervisor de Bordo encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SUPERVISOR DE BORDO

- Capacidade da memória: 32k palavras em 16 bits
- Frequência do relógio da UCP: 1,4MHz
- Taxa de recepção do CSBD: 1Mb/s
- Taxa da recepção de telecomandos: 2kb/s
- Taxa de transmissão de telemetria: 2kb/s
- Número de linhas de endereço: 8
- Número de linhas de saída digital: 8
- Número de linhas de saída pulsada: 8
- Número de linhas de entrada digital: 8
- Número de linhas de entrada analógica: 8
- Consumo de energia: 3W (com o A/D desligado);
5W (com o A/D ligado)
- Dimensões: 300 x 200 x 100mm
- Peso: 8kg

ORGANIZAÇÃO INTERNA DO PROJETO NO INPE

O Projeto BRESEX é suficientemente grande para requerer inevitavelmente a aplicação de métodos de gerenciamento matriciais, sendo que vem envolvendo mais ou menos profundamente membros de dez Departamentos diferentes. O esquema que mostra a organização interna da equipe está representado na Figura 7.

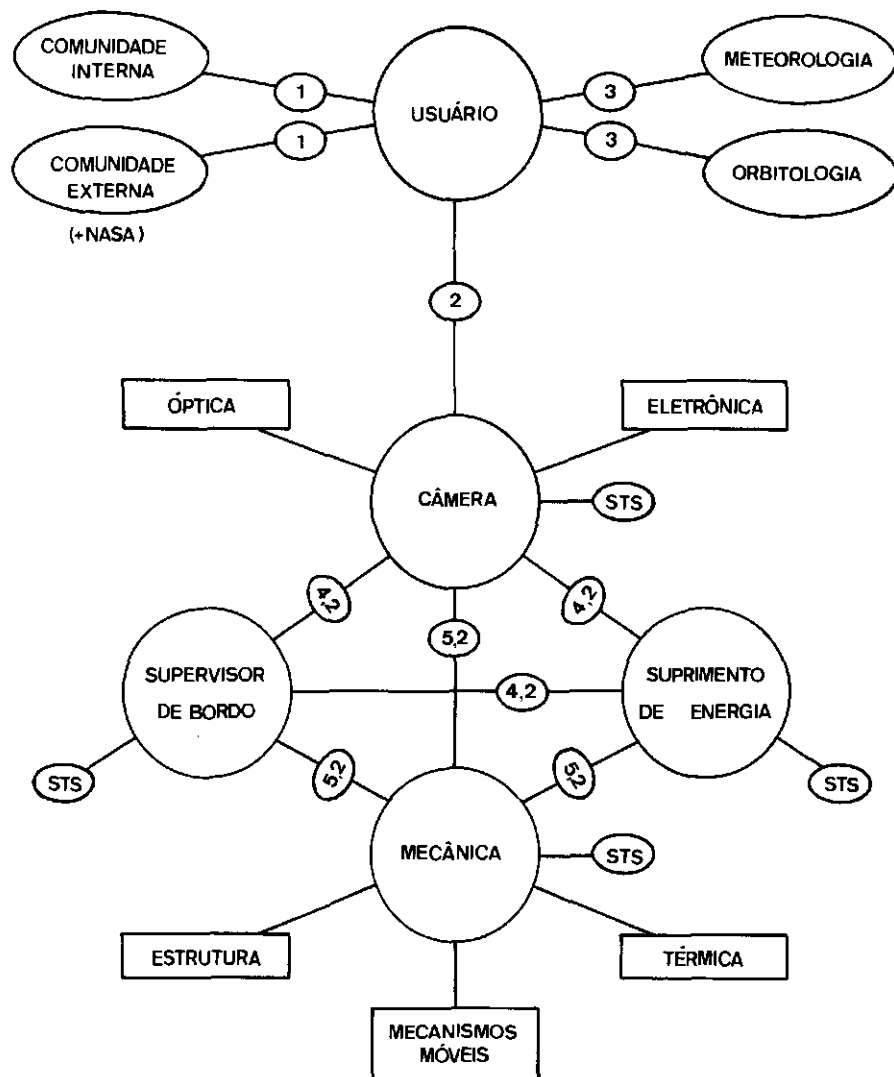


Fig. 7 - Esquema da organização interna do INPE para a execução do Projeto BRESEX.

Os círculos representam grandes itens levados à frente por Departamentos distintos. As linhas entre os círculos são interfaces, numeradas para facilitar a descrição que aparece no texto. Nos retângulos (óptica, eletrônica, estrutura etc.) são identificados aspectos diferentes dos itens representados pelos círculos. O interfaceamento físico com o Veículo Orbital é representado pela conexão à STS (Space Transportation System). O envolvimento de outros grupos dentro e fora do INPE é incluído nas quatro elipses ligadas ao Usuário.

O Usuário (representado por um cientista do Departamento de Sensoriamento Remoto), em interfaceamento (1) com a Comunidade Interna do INPE (Departamento de Aplicações de Dados de Satélites, Departamento de Geração de Imagens de Satélite) e com a Comunidade Externa, estabelece inicialmente os objetivos do experimento e as especificações ideais para alcançar estes objetivos.

Estas especificações técnicas ideais para a execução do experimento são em seguida negociadas (interface (2)) com a equipe que desenvolve a Câmera Multiespectral (Divisão de Sistemas Sensores), a qual envolve nestas negociações as equipes do Supervisor de Bordo (Divisão de Engenharia de Computadores), do Suprimento de Energia (Divisão com este mesmo nome) e da Mecânica (Divisão de Estrutura e Controle Térmico).

Em interfaceamento com o Departamento de Meteorologia e da Divisão de Dinâmica Orbital do INPE, o Usuário determina (3) as melhores condições para a execução da missão em termos de época do ano (o maior problema previsto diz respeito à probabilidade de cobertura de nuvens do território brasileiro, muito intensa normalmente, a não ser em junho-julho-agosto) e de parâmetros orbitais (horário de lançamento para sobrevôo do Brasil durante o dia, inclinação da órbita para maximização do tempo de recobrimento etc.).

Outros grupos do INPE envolvidos são os Departamentos de Integração e Testes e de Sistemas Gerenciais, além da Gerência de Difusão Tecnológica e Participação Industrial e, evidentemente, a Direção do Instituto.

PLANO DE EXECUÇÃO: CRONOGRAMA

É muito importante salientar que o trabalho já realizado no INPE, visando principalmente a execução da MECB, tem amplamente preparado as equipes para enfrentar um desafio como o Projeto BRESEX. Um protótipo preliminar da Câmera, com um único canal e óptica não otimizada, foi testado em voo a bordo da aeronave Bandeirante do INPE em 1984, com ótimos resultados, demonstrando desta forma o funcionamento e a adequação dos circuitos eletrônicos da Câmera, inteiramente projetados e fabricados pelo INPE. O resultado de um destes testes é mostrado na Figura 8, sem correções nem tratamento da imagem. O Protótipo de laboratório do Supervisor de Bordo também se encontra em adiantada fase de desenvolvimento, faltando apenas as interfaces para os aviônicos do Veículo Orbital. O Supervisor de Bordo será uma versão dedicada ao BRESEX do ASTRO B3, previsto para MECB/Coleta de Dados, o qual deverá ser completado e testado no INPE ainda em 1985.

A previsão atual para as principais atividades que deverão, a partir de agora, levar à execução do Experimento é mostrada na Figura 9. Nota-se que os prazos alocados para as diferentes etapas do cronograma são agora bastante curtos, havendo inclusive recobrimento entre os períodos alocados para a fabricação do Protótipo e do Modelo de Voo; a mesma coisa ocorre para a Integração e Testes. Para que seja possível voar o BRESEX no período previsto, ou seja, em junho-julho-agosto de 1988, o início das atividades descritas no Cronograma (Figura 9) deverá obrigatoriamente ocorrer no último trimestre deste ano (1985).

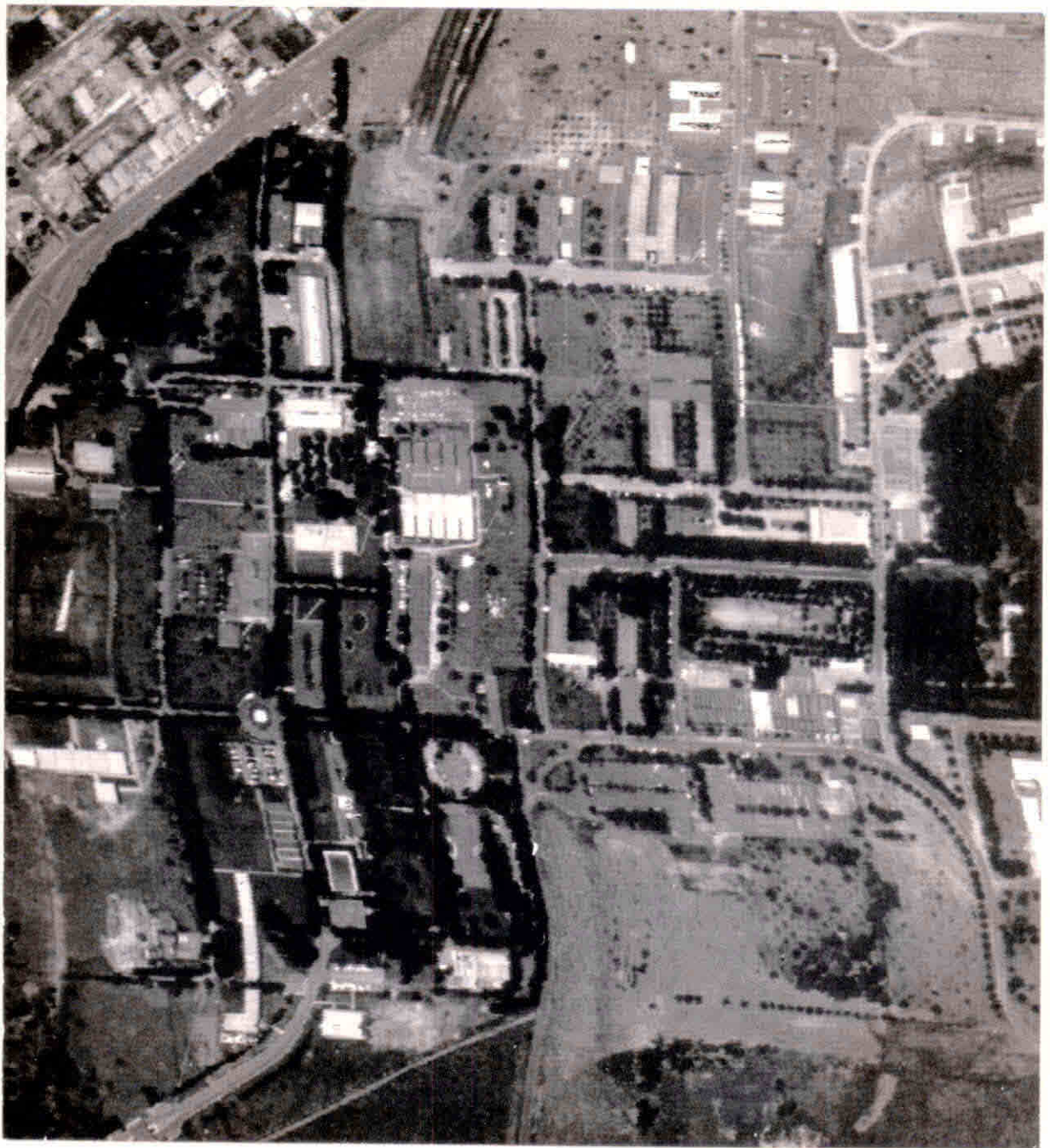


Fig. 8 - Imagem das instalações do INPE obtida a partir de uma fita gravada a bordo da aeronave Bandeirante do INPE num primeiro teste de um protótipo de Câmera CCD desenvolvida pela Divisão de Sistemas Sensores do INPE.

Esta imagem foi obtida a uma altitude de 3000m, voando a uma velocidade de 360km por hora. Não há qualquer correção geométrica ou radiométrica nesta imagem, sendo o objetivo a demonstração do funcionamento dos circuitos eletrônicos projetados e fabricados no INPE. Instabilidades no voo do avião causam distorções na imagem devido à ausência de plataforma estabilizada para o suporte da Câmera.

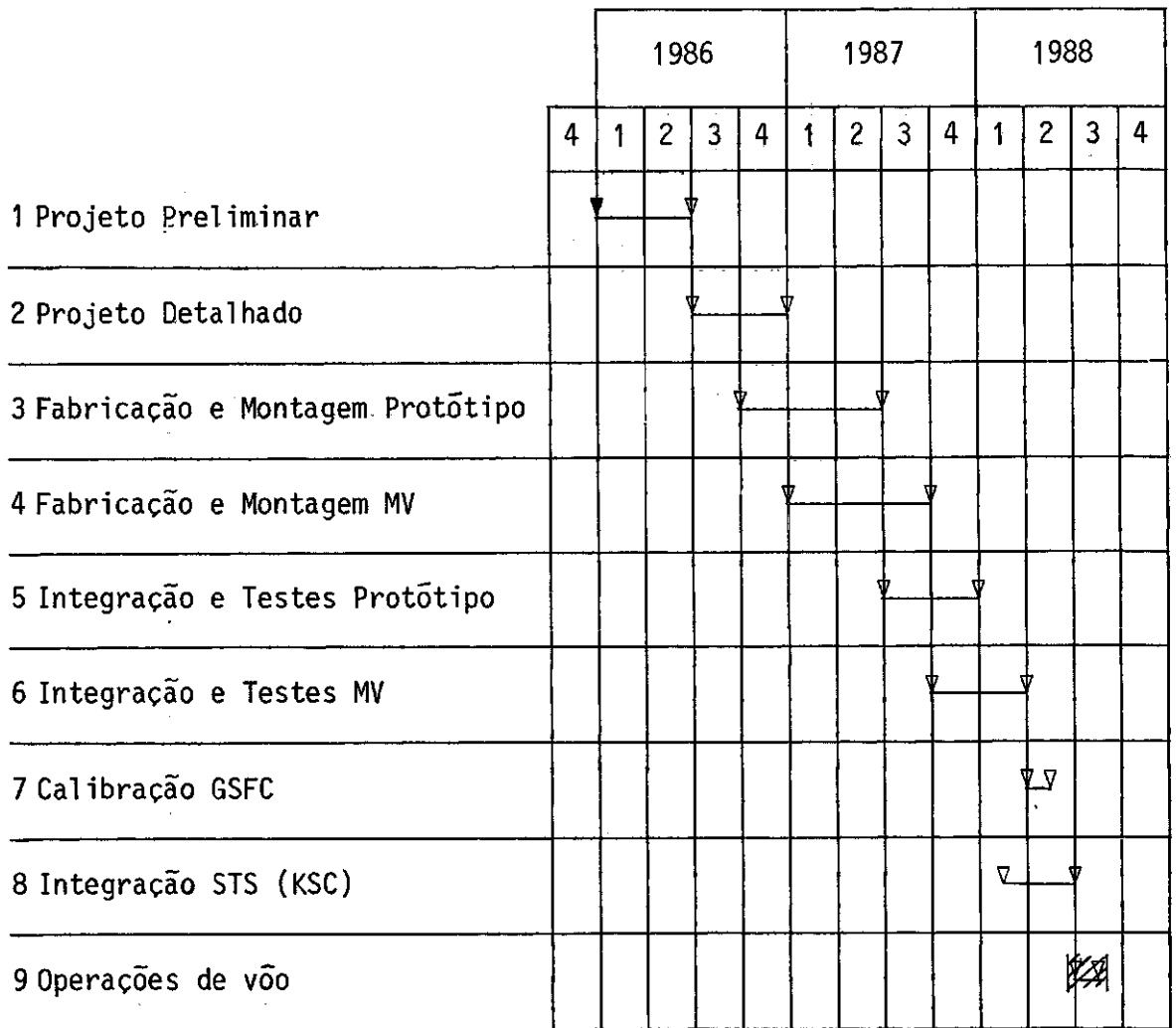


Fig. 9 - Cronograma (15/08/85) para a execução do Projeto BRESEX.

Entende-se, na Figura 9, por Projeto Preliminar a análise das opções técnicas viáveis (em grande parte já levantadas), considerando os custos e os benefícios associados a cada opção e identificando o que poderá ser realizado no Brasil e o que deverá ser realizado no exterior, indicando as responsabilidades, os prazos e a sequência de integração, testes e calibração. A definição do nível de participação das equipes brasileiras nas atividades executadas no exterior e as opções

de transferência de tecnologia também serão estudadas nesta primeira etapa. É importante lembrar que esta atividade deverá ser realizada, mesmo que com menos urgência, para a MECB/Sensoriamento Remoto.

Na segunda etapa ("Projeto Detalhado") serão especificados e documentados todos os subsistemas que deverão integrar o equipamento e os meios e procedimentos de teste, além de serem redigidos e assinados, os contratos que definirão as responsabilidades das entidades que participarão da execução do Projeto.

A terceira e a quarta etapas consistirão na fabricação e montagem do Protótipo e do Modelo de Vão (MV). O Protótipo deverá ser praticamente idêntico ao MV, mas sua fabricação e montagem (com três meses de avanço em relação ao MV) guiarão a realização deste último, identificando com antecedência as fases particularmente delicadas e eventuais imprevistos na sequência de montagem.

Haverá em seguida a Integração e Teste do Protótipo e do MV (etapas 5 e 6). A compra e o desenvolvimento de equipamentos de medição e caracterização previstos nestas etapas deverão ocorrer para satisfazer também às necessidades da MECB/Sensoriamento Remoto. A última parte destas atividades, principalmente no que diz respeito a ensaios ambientais específicos, deverá ser realizada no Johnson Space Center da NASA sem ônus para o Brasil.

Antes da instalação a bordo do Veículo Orbital, a Câmera Multiespectral deverá ser calibrada radiométrica e geometricamente no Goddard Space Flight Center (etapas 7 e 8).

PLANO DE EXECUÇÃO: PARTICIPAÇÃO INDUSTRIAL

Frente à ausência de experiência direta dos quadros do INPE na realização de experimentos espaciais da sofisticação e do porte do BRESEX, e frente aos curtos prazos que se apresentam para a execução deste experimento, que é altamente visível e que envolve compromissos internacionais com prazos inadiáveis, será indispensável obter o apoio da indústria especializada.

Nenhuma parte do equipamento seria simplesmente comprada como "caixa preta". O projeto e a fabricação das partes ópticas terá provavelmente o maior envolvimento industrial estrangeiro. Porém, a equipe do INPE, com a participação e assessoria da indústria nacional, acompanhará estas atividades e adquirirá os meios para os testes necessários, executando-os para qualificar a óptica.

O projeto e a execução das montagens mecânicas deverão ter uma participação industrial, especialmente estrangeira, menor. Já existe alguma experiência nesta área no País, apesar de serem extremamente rígidas as tolerâncias impostas a este aspecto do instrumento.

Na parte eletrônica será necessária apenas a assessoria de especialistas estrangeiros, sendo o nível de desenvolvimento das equipes do INPE nesta área mais adiantado. Mesmo assim, será importante a contribuição externa quanto à escolha e obtenção de componentes de qualificação espacial ou militar, à revisão crítica dos circuitos elaborados no INPE, e alguma assistência na qualificação de pessoal envolvido na aplicação de metodologias especiais de solda e de encapsulamento e proteção.

PLANO DE EXECUÇÃO: PARTICIPAÇÃO E REQUISITOS DA NASA

A NASA, como salientado na Introdução, terá grande participação financeira na execução do experimento. Atividades de ensaios e testes ambientais poderão ser realizadas em conjunto e gratuitamente no Johnson Space Center (Houston, Texas). A calibração da Câmera deverá ser feita, com completa participação dos nossos cientistas e engenheiros, no Goddard Space Flight Center (Greenbelt, Maryland). Todas as atividades de integração e testes, envolvendo o Veículo Orbital, serão cobertas financeiramente pela NASA. Todos os custos de lançamento e o treinamento do Especialista de Carga Útil brasileiro também não onerarão o Brasil.

Por outro lado, as exigências de prazos da NASA são perfeitamente rígidas e encontram-se incorporadas no cronograma (itens 7 e 8, Figura 9). Numerosas também são as exigências da NASA quanto à documentação e participação em reuniões de acompanhamento e controle de cro

nograma. Finalmente, as exigências de segurança da NASA são extremamente detalhadas, tratando-se de voo tripulado.

PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA

Um detalhamento muito profundo do cronograma de desembolso não é ainda viável, devido ao fato de a determinação da melhor opção em termos de alternativas técnicas e de participação industrial somente poder ser realizada no curso da primeira etapa descrita no cronograma (Figura 9) como Projeto Preliminar. É possível, porém, inclusive considerando as propostas industriais já recebidas, estimar o investimento necessário à realização do BRESEX. A Tabela 3 mostra um detalhamento aproximado da estimativa orçamentária. Não estão incluídos os salários e encargos sociais, a manutenção de prédios e os custos de infra-estrutura normalmente cobertos pelo INPE.

TABELA 3

PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA APROXIMATIVA

<u>ETAPA CRONOGRAMA</u>	<u>VALOR (US\$ 1,000)</u>	
	<u>NO EXTERIOR</u>	<u>NO PAÍS</u>
1. Projeto Preliminar	1,000	100
2. Projeto Detalhado	500	100
3. Fabricação e Montagem	3,500	1,000
4. Integração e Testes	1,000	500
5. Calibração GSFC	100	-
6. Integração KSC	300	-
7. Operações de Voo	100	300
8. Avaliação e Uso dos Dados	500	1,000
	<u>7,000</u>	<u>3,000</u>
TOTAL	10,000	

Por outro lado, são considerados os custos de avaliação e uso dos resultados obtidos, que implica a montagem de uma infra-estrutura que será indispensável para outras atividades de Sensoriamento Remoto, inclusive a MECB. Estes recursos, no valor de 1,5 milhões de dólares, serão destinados à aquisição e desenvolvimento de instrumentação e formação de cientistas especializados, para a realização das atividades descritas na Tabela 4, sem as quais ficam bastante prejudicados os objetivos científicos do Experimento BRESEX além, posteriormente, da MECB. Como observado no passado, experimentos como a Missão 96, SKYLAB, MOMS, Metric Camera, SIR-A e SIR-B, que recobriram várias regiões do Brasil, em várias faixas espectrais, não tiveram seus produtos devidamente avaliados e utilizados por falta de preparação antecipada de equipes, de instrumentação de campo e laboratório, e de algoritmos de processamento.

Para evitar a repetição desta situação, equipamentos de campo e laboratório, e programas de processamento de dados, serão construídos e preparados pelo INPE para serem utilizados por diversas entidades e universidades brasileiras, que ficarão responsáveis por parte substancial das pesquisas científicas relacionadas a este Projeto.

Um maior detalhamento da previsão orçamentária, indicando a distribuição dos gastos no tempo, é mostrado na Tabela 5. O ano de maior esforço financeiro é 1987, que envolve 40% dos recursos totais. A Tabela também identifica os recursos necessários para a Câmera MECB/Sensoriamento Remoto, nos prazos exigidos pelo Projeto BRESEX, que representam 36,5% do total. Cerca de 70% das despesas envolverão gastos no exterior.

TABELA 4

ATIVIDADES RELACIONADAS À AVALIAÇÃO E USO DOS DADOS

- 1 - Desenvolvimento e compra de instrumentação
 - Construção de equipamentos de processamento digital e fotoóptico de baixo custo;
 - Construção de radiômetros de campo;
 - Manutenção de laboratórios de calibração de radiômetros e de estudos de comportamento espectral de alvos;
 - Construção de sistemas de coleta de dados para a determinação de reflectância bidirecional.
- 2 - Manuseio dos dados
 - Estabelecimento de algoritmos de pré-processamento: correções radiométricas e geométricas;
 - Estabelecimento de algoritmos de processamento: realces (aumento de contraste, principais componentes, divisão de canais, rotações), classificações e co-registro de dados;
 - Arquivo e distribuição de imagens aos participantes do projeto.
- 3 - Formação de recursos humanos
 - Interação intensa e contínua entre especialistas do Goddard Space Flight Center e cientistas e engenheiros do INPE;
 - Treinamento de cientistas brasileiros pelas equipes do INPE.

TABELA 5

DETALHAMENTO DA PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA APROXIMATIVA

(VALORES EM US\$ 1,000)

		1985	1986	1987	1988	1989	TOTAL MECB	TOTAL BRESEX
Projeto Preliminar	EXTERIOR PAÍS	500	500	-	-	-	1.000	-
Projeto Detalhado	E P	-	500	-	-	-	250	250
Fabricação e Montagem	E P	-	1.300	2.200	-	-	-	3.500
Integração e Testes	E P	-	-	500	500	-	500	500
Calibração GSFC	E P	-	-	-	100	-	-	100
Integração KSC	E P	-	-	-	300	-	-	300
Operações de Vôo	E P	-	-	-	100	-	-	100
Avaliação e Uso dos Dados	E P	-	50	100	200	150	500	-
Total, por ano, MECB	E P	500	800	350	450	150	2.250	-
Total, por ano, BRESEX	E P	-	1.550	2.450	750	-	-	4.750
Total, por ano (MECB + BRESEX)	E P	500	2.350	2.800	1.200	150	→ (EXTERIOR: 7.000) → (NO PAÍS : 3.000)	→ 10.000
Total Global, por ano	E + P	550	3.100	4.000	1.900	450	3.650	6.350

O ESPECIALISTA DE CARGA ÚTIL

O tripulante brasileiro a bordo do Veículo Orbital deverá ser, na denominação da NASA, um Especialista de Carga Útil, ou seja, uma pessoa com conhecimento muito específico e profundo do funcionamento e das aplicações da Câmera Multiespectral. A operação de cargas úteis é normalmente assegurada a bordo por funcionários da NASA, conhecidos como Especialistas de Missão, que são engenheiros e cientistas que tripulam rotineiramente o Veículo Orbital, juntamente com o Comandante e Piloto, que evidentemente são também funcionários da NASA. A responsabilidade destes dois últimos é de pilotar e co-pilotar o Veículo Orbital.

No caso do BRESEX, a necessidade de ter a bordo um Especialista de Carga Útil, além das conotações políticas, é devida à natureza experimental da Missão. Somente uma pessoa que vem se envolvendo com o projeto, com a realização prática, com a integração e os testes da Câmera Multiespectral, e que possui conhecimentos da sua aplicação às finalidades específicas de observação de regiões tropicais, pode otimizar a Missão operando pessoalmente a Câmera a bordo e tomando, em tempo real, decisões de gravação e apontamento e discutindo a evolução das situações com os colegas brasileiros no Centro de Controle. A perfeita avaliação do funcionamento da Câmera, a possibilidade de diagnóstico imediato de eventuais panes, de conserto de pequenos contratempos, da escolha do modo de operação em caso de falha parcial, somente é possível com a participação de um especialista a bordo.

É importante salientar as repercussões técnicas secundárias implícitas no voo de um membro da equipe brasileira no Veículo Orbital. A experiência de outros países como Canadá, França e Alemanha, mostrou que o primeiro voo de um especialista nacional traz um grande impacto positivo no clima psicológico em todos os níveis nos ambientes dedicados profissionalmente à engenharia e tecnologia espacial. O técnico que passou por toda a experiência de projetos, de preparativos e de execução da Missão torna-se um elemento importante no estímulo das atividades na área espacial e um aliado fundamental na divulgação dos esforços e dos resultados de todos aqueles que trabalham na área espacial.

A NASA, devido às condições de voo relativamente suaves, se orgulha em poder levar a bordo do "Ônibus Espacial" praticamente qualquer cientista ou engenheiro, em condições de saúde normais, para a execução de um trabalho específico, que não possa ser confiado a um funcionário da NASA. Os requisitos médicos são, portanto, bastante elementares.

A NASA confia no bom senso dos brasileiros na escolha inicial da equipe de candidatos e, depois, do titular e do substituto eventual para o voo. O treinamento geral de uma equipe de candidatos sobre o "Ônibus Espacial", que é especificamente uma fase de familiarização com o Sistema de Transporte Espacial (STS) como um todo, se dá no período entre nove e três meses antes do voo, em tempo parcial, nas instalações da NASA, principalmente no Johnson Space Center em Houston, Texas. A designação do titular deve ocorrer três meses antes do lançamento,

pelos prazos da NASA, havendo assim tempo neste período imediatamente antes do voo para a preparação de todos os detalhes específicos àquele voo, treinando e simulando situações nominais e de emergência. A duração do voo está prevista para aproximadamente sete dias.