

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE/MCT**

INPE-003/AEP/CPN-001

**Atividades Espaciais Brasileiras:  
Panorama Atual e Perspectivas de Longo Prazo**

**- um subsídio ao Plano 2010 da SCT -**

Lauro Tadeu Guimarães Fortes  
Sérgio Alves Perilo  
Rozane da Fonseca e Silva  
Sérgio Gonçalves

**Serviço de Planejamento Estratégico - SPL  
- INPE -  
Agosto de 1992**

## **Agradecimentos**

A elaboração do primeiro capítulo deste documento baseou-se nas opiniões emitidas por vários especialistas do INPE, em uma sessão de debates promovida especificamente para este fim. Os autores desejam registrar e agradecer em especial as contribuições dos Doutores Atair Rios Neto, Aydano Barreto Carleial, Carlos Eduardo Santana, Décio Castilho Ceballos, José Marques da Costa, Oscar Pereira Dias e Waldir Renato Paradella, bem como do Engenheiro Paulo Tromboni de Souza Nascimento. Antecipadamente lamentam e desculpam-se pela possível omissão de algum nome.

O trabalho baseou-se ainda com valiosas informações fornecidas pela Comissão Brasileira de Atividades Espaciais - COBAE. Neste sentido agradecimentos especiais são devidos ao Vice-Presidente, Brigadeiro José Mareconi de Almeida Santos, e ao Diretor-Executivo Coronel Geraldo Freitas Bastos.

Os autores desejam ainda registrar e agradecer: ao Diretor do INPE, Eng<sup>o</sup> Márcio Nogueira Barbosa, pela sugestão inicial do tema e pelo apoio institucional; à Srta. Marília Prado de Carvalho pelo trabalho de revisão de linguagem; à Sra. Maria Cristina Leal da Costa pelo meticoloso trabalho de datilografia e editoração.

## Resumo

Este trabalho foi concebido e desenvolvido no primeiro semestre de 1992, como uma contribuição do setor espacial ao projeto officiosamente denominado "Plano 2010", cuja elaboração era anunciada à época pelo Secretário de Ciência e Tecnologia (SCT), Dr. Hélio Jaguaribe. O capítulo inicial busca condensar a visão de um grupo multidisciplinar de pesquisadores seniores do INPE sobre as perspectivas das atividades espaciais brasileiras para o final dos anos 90 e início do século 21. O restante do trabalho baseia-se fortemente no documento "Plano Nacional de Atividades Espaciais: 1993-2005" (PNAE) realizado para a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE) por um grupo de trabalho do qual participaram ativamente alguns dos autores deste texto. A visão de Panorama Internacional e da Situação Atual das Atividades Espaciais Brasileiras, aqui apresentadas nos capítulos 2 e 3, procuram atualizar e complementar informações similares contidas no referido Plano da COBAE, cujo conteúdo programático é condensado no quarto capítulo. Exceto talvez pelo capítulo inicial, a contribuição mais inovadora deste trabalho encontra-se no quinto e último capítulo. Considerando que o PNAE fora concebido prestando-se pouca atenção a aspectos de realismo orçamentário, o capítulo final propõe-se a analisar a viabilidade econômica daquele Plano dentro de um horizonte temporal estendido até o ano 2010. Para este efeito o trabalho baseia-se em um conjunto de hipóteses consideradas então bastante plausíveis e fortemente calcadas em políticas globais divulgadas para o setor de Ciência e Tecnologia, a partir das quais torna-se possível extrapolar um orçamento que se poderia realisticamente pretender para financiar as atividades espaciais brasileiras ao longo do período em pauta. A principal conclusão dessa análise é de que as pretensões programáticas contidas no PNAE se tornariam economicamente viáveis, em geral, ao se considerar o alongamento de 5 anos no horizonte de planejamento; a excessão seria o Programa de Lançadores de Satélites e Foguetes de Sondagem que, ainda assim, iria requerer recursos financeiros substancialmente superiores aos projetados neste exercício.

## Abstract

This work, conceived and developed in the first half of 1992, was intended as a contribution of the space sector to the *Plan 2010*. This was a project being announced, at the time, under the leadership of the Secretary of Science and Technology (SCT), Dr. Helio Jaguaribe. Chapter 1 attempts to summarize the vision of a group of senior researches from the Brazilian National Institute for Space Research, INPE; on the perspectives for the Brazilian space activities along the current and coming decades. The following chapters are strongly based on the *National Plan of Space Activities: 1992-2005* (PNAE), a work prepared for the Brazilian Space Activities Commission (COBAE) by a group where some of the authors of this report had played an active role. The International Scenario and The Present Situation of the Brazilian Space Activities, presented on chapters 2 and 3, represent an attempt to update and complement similar information included on the COBAE's Plan. Chapter 4 condenses the programmatic content of that document. Except perhaps for chapter 1, the fifth and last chapter of this work contains its most innovative contribution. Taking into account that the assumption of realistic budget forecasts had not constrained the making of PNAE, chapter 5 proposes to analyze the economic feasibility of the projects included in that plan within a time horizon extended to the year 2010. This task was undertaken using a projected flow of reasonable annual budgets for the space activities, which resulted from a set of assumptions strongly supported on common knowledge plus some general and well-announced policies for the country's Science and Technology sector. The main conclusion of the analysis is that the projects included in the PNAE would in general become economically feasible if their schedules were stretched by a five year period; the exception would be the Program of Satellite Launchers and Sounding Rockets which would still require significantly more money than the amounts projected in this exercise.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	iii
<b>LISTA DE TABELAS</b>	v
<b>Capítulo 1</b>	
<b>Contexto e Perspectivas das Atividades Espaciais Brasileiras</b>	
1.1. Objetivos do Documento	1
1.2. O Contexto das Atividades Espaciais	1
1.3. Cenário das Atividades Espaciais no Brasil para a Próxima Década	9
1.3.1. Ciência Espacial	10
1.3.2. Aplicações Espaciais	11
1.3.3. Participação Industrial	16
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Panorama Internacional</b>	
2.1. Ciências Espaciais e Atmosféricas	21
2.2. Aplicações Espaciais	22
2.3. Desenvolvimento de Tecnologia Espacial	27
2.3.1. Engenharia e Tecnologia Espacial	27
2.3.2. Lançadores de Satélite e Foguetes de Sondagem	29
<b>Capítulo 3</b>	
<b>Situação Atual</b>	
3.1. Ciências e Aplicações Espaciais	31
3.2. Aplicações Espaciais	32
3.2.1. Sensoriamento Remoto	32
3.2.2. Meteorologia e Oceanografia	33
3.2.3. Comunicações	34
3.2.4. Geodésia e Navegação	35
3.2.5. Busca e Salvamento	35
3.3. Engenharia e Tecnologia Espacial	36
3.3.1. Satélites e Plataformas Espaciais	36
3.3.2. Lançadores de Satélite e Foguetes de Sondagem	38
3.3.3. Infra-estrutura de Apoio Operacional	39
3.3.4. Infra-estrutura de Apoio a Pesquisa e Desenvolvimento	40
<b>Capítulo 4</b>	
<b>O Plano Nacional de Atividades Espaciais 1993-2005</b>	
4.1. Ciências Espaciais e Atmosféricas	43
4.2. Aplicações Espaciais	44
4.2.1. Sensoriamento Remoto	44
4.2.2. Meteorologia e Oceanografia	45
4.2.3. Comunicações	46
4.2.4. Geodésia e Navegação	47
4.2.5. Busca e Salvamento	48
4.3. Engenharia e Tecnologia Espacial	49
4.3.1. Satélites e Plataformas Espaciais	49
4.3.2. Lançadores de Satélites e Foguetes de Sondagem	52
4.3.3. Infra-estrutura de Apoio Operacional	53

	<b>Página</b>
4.3.4. Infra-estrutura de Apoio a Pesquisa e Desenvolvimento	57
4.4. Orçamento Consolidado	59
<b>Capítulo 5</b>	
<b>Viabilidade Econômica do PNAE no Horizonte 2010</b>	
5.1. Cenário de Evolução Orçamentária	61
5.2. Comparação com o PNAE	67
5.3. Principais Constatações	70
5.4. Comentários Adicionais	73
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>75</b>

**LISTA DE FIGURAS**

	<b>Página</b>
1.1 - Orçamentos para Atividades Espaciais no Mundo	6
1.2. - Situação Atual de Mapeamento Geológico do Território Brasileiro	14
5.1 - Orçamentos Plurianuais 1993-1995	63
5.2 - Projeções do PIB, Investimentos em C&T e Atividades Espaciais	65
5.3 - Projeção do Orçamento para as Principais Áreas de Atividades Espaciais	65
5.4 - Comparações entre os Valores Totais do PNAE 93-2005 e os da Projeção de Orçamentos até 2005	71
5.5 - Comparações entre os Valores Totais do PNAE 93-2005 e os da Projeção de Orçamentos até 2010	72

•  
•

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
1.1 - Comparação de Orçamentos para Atividades Espaciais no Mundo	3
1.2 - Comparação de Orçamentos na Área Espacial com Dados de PNB e População	5
1.3 - Contratos Industriais	19
2.1 - Sistemas de Satélites Atuais e Planejados com Capacidade para Medidas do Meio Ambiente Terrestre	24
3.1 - Principais Características dos Satélites da MECB	36
3.2 - Principais Características dos Foguetes de Sondagem	38
4.1 - Programa de Ciências Espaciais e Atmosféricas	44
4.2 - Programa de Sensoriamento Remoto	45
4.3 - Programa de Meteorologia e Oceanografia	47
4.4 - Programa de Geodésia e Navegação	48
4.5 - Programa de Busca e Salvamento	49
4.6 - Resumo de Satélites Previstos e Propostos	51
4.7 - Orçamento para Satélites Previstos e Propostos	52
4.8 - Proposta de Evolução do Programa de Lançadores	54
4.9 - Proposta de Recursos Financeiros e Humanos a Serem Aplicados no Programa de Lançadores e Foguetes de Sondagem	55
4.10 - Orçamento Estimado para a Infra-estrutura de Apoio Operacional	57
4.11 - Orçamento Estimado para a Infra-estrutura de Apoio a P&D	59
4.12 - Recursos Necessários para o PNAE no Período de 1993 a 2005	59
5.1 - Plurianual 1993-1995	62
5.2 - Projeção do Orçamento para Atividades Espaciais	64
5.3 - Quadro Resumo das Projeções Orçamentárias para as Atividades Espaciais	66
5.4 - Projeções 93-2005 e 93-2010 Compensadas pela Redistribuição Proporcional das Despesas com Manutenção e Serviços Administrativos (MSDA)	68
5.5 - PNAE 1993-2005	69

# CONTEXTO E PERSPECTIVAS DAS ATIVIDADES ESPACIAIS BRASILEIRAS

## 1.1. OBJETIVOS DO DOCUMENTO

Este documento propõe-se a apresentar uma visão integrada das atividades espaciais desenvolvidas no Brasil, bem como as perspectivas hoje existentes para a continuidade dessas atividades ao longo desta e da próxima década.

Este capítulo introdutório buscará, inicialmente, situar os esforços brasileiros no contexto internacional, apresentando alguns dados que permitam comparar, de forma agregada, os investimentos já despendidos pelo País no setor com os realizados no resto do mundo. Na seqüência do capítulo, buscar-se-á delinear um cenário esperado para o futuro das atividades espaciais brasileiras, consistente com o estágio de capacitação já atingido no País, com as aspirações já manifestas dos cientistas e profissionais que atuam no setor e com as políticas governamentais de médio e longo prazos enunciadas para a área de Ciência e Tecnologia. Nessa seção buscar-se-á evidenciar, particularmente, a importância para o País de uma estratégia de atuação coerente na área do Espaço, bem como os benefícios sócio-econômicos e políticos que poderão advir desses investimentos.

Os capítulos restantes deste documento buscarão fornecer subsídios para um entendimento mais aprofundado de algumas das questões abordadas neste primeiro capítulo. Assim, o Capítulo 2 propõe-se a apresentar um rápido panorama das Atividades Espaciais no mundo; o Capítulo 3 faz uma síntese da situação atual das Atividades Espaciais no Brasil; o Capítulo 4 apresenta um sumário do plano de longo prazo hoje existente para essas atividades (o Plano Nacional de Atividades Espaciais - PNAE: 1993-2005). Finalmente o Capítulo 5 apresenta uma análise da macro-consistência econômica desse plano com projeções obtidas a partir dos orçamentos plurianuais já aprovados até 1995 e de hipóteses de crescimento consistentes com as anunciadas intenções governamentais de recuperação gradativa dos investimentos em Ciência e Tecnologia.

## 1.2. O CONTEXTO DAS ATIVIDADES ESPACIAIS

A partir dos primeiros sucessos dos programas espaciais soviético e americano ao final da década de 50, diversos países do mundo começaram a organizar atividades de pesquisa e desenvolvimento voltadas à compreensão e exploração do espaço exterior à superfície da Terra. Estas atividades incluíam programas de interesse eminentemente científico, de pesquisa e desenvolvimento de sistemas e tecnologias espaciais voltadas a aplicações potenciais diversas e, posteriormente, de exploração de serviços e produtos possibilitados por essas novas tecnologias na solução de problemas cotidianos da humanidade. Tais iniciativas sempre foram preponderantemente financiadas pelo Estado e têm sido coordenadas por agências ou instituições de pesquisa e desenvolvimento governamentais ou mesmo multinacionais (como no caso da Agência Espacial Européia (ESA), que coordena programas conjuntos de diversos países). Os principais executores dos programas espaciais no mundo são as próprias agências, instituições de pesquisa e desenvolvimento governamentais, universidades e empresas privadas, tradicionalmente contratadas pelas agências para o desenvolvimento ou fabricação sob encomenda de sistemas ou subsistemas espaciais (principalmente satélites, veículos de trans-

porte espacial e sistemas de Terra para acompanhamento, controle e recepção das informações obtidas pelos artefatos colocados em operação no Espaço). A exploração comercial rentável de sistemas e serviços espaciais ainda é hoje bastante restrita a sub-áreas específicas, sendo o setor de comunicações o único que já se tem demonstrado suficientemente rentável a ponto de atrair investimentos do capital privado. Mesmo neste setor, contudo, o Estado acaba sendo o grande cliente final dos produtos concebidos e desenvolvidos pela iniciativa privada.

Apesar de os retornos econômicos diretos propiciados pelos investimentos mundiais na área do espaço ainda serem baixos, verifica-se que o volume de recursos e o número de nações que desenvolvem atividades espaciais vem crescendo, em média, continuamente (\*); se acumulados, os investimentos realizados mundialmente ao longo dos últimos 35 anos representam cifras gigantescas. Na avaliação dos especialistas isto se justifica, entre outras razões econômicas indiretas e considerações de natureza estratégica que serão abordadas na seção seguinte e em outros pontos deste documento, por uma confiança muito forte e generalizada de que o futuro reserva ganhos potenciais inestimáveis para os países que se mantiverem ativos e participantes deste universo peculiar de atividades.

As Tabelas 1.1 e 1.2 e a Figura 1.1, reproduzidas a seguir, mostram alguns dados comparativos interessantes sobre o nível de investimento de diversos países nas atividades espaciais. A Tabela 1.1 apresenta dados históricos de orçamento para a área do espaço; os dados referentes ao Brasil são estimativas preliminares obtidas pelos autores deste trabalho a partir de fontes diversas (\*\*). Apesar de sujeita a grandes imprecisões, a ordem de grandeza dos valores apresentados é certamente correta e permite uma primeira comparação com outros países. Os mesmos dados servem de base para os gráficos em escala logarítmica exibidos na Figura 1.1. A Tabela 1.2 apresenta dados de orçamento espacial, Produto Nacional Bruto e população relativos a diversos países no ano de 1988. Os dados relativos ao Brasil, neste caso, são de exclusiva responsabilidade da fonte citada.

---

(\*) Há de descontar, naturalmente, os investimentos de Estados Unidos e União Soviética, que atingiram picos inéditos ao longo da década de 60, em pleno período da chamada "guerra fria", quando a "corrida espacial" foi fortemente sustentada por razões de natureza política e psicossocial.

(\*\*) Quadros mais detalhados sobre o orçamento histórico das atividades espaciais brasileiras e detalhes sobre o método utilizado para a obtenção das estimativas incluídas na Tabela 1 constam de Fortes (1992).

**Tabela 1.1****Comparação de Orçamentos para Atividades Espaciais no Mundo**  
(em US\$ milhões de dez/1991)

FONTE: 1. Toussaint (1990); 2. Kagoshima Prefectural Government-(s.d.);3. Selding (1991a);  
4. Selding (1991b); 5. SCT/PR (1991); 6. Dawson (1992).

Ano	Europa	EUA	Japão	Canadá	URSS	França	Índia	Brasil	Total
1975	1.655	11.373	604	94	29.067	580	107	43	43.522
1976	1.884	11.449	745	99	26.932	591	109	52	41.862
1977	1.554	11.093	680	139	24.943	496	92	54	39.053
1978	1.643	11.541	757	167	23.312	505	95	59	38.079
1979	1.742	11.690	708	107	22.321	531	112	69	37.279
1980	1.892	12.103	773	94	22.098	784	165	46	37.954
1981	2.023	13.151	775	121	21.523	702	151	46	38.491
1982	1.711	13.999	774	150	21.401	602	147	70	38.854
1983	1.689	16.154	677	136	21.811	623	134	76	41.300
1984	1.881	18.174	686	154	22.215	662	173	86	44.030
1985	1.804	20.605	675	144	23.883	689	203	121	48.123
1986	1.770	23.404	609	126	29.004	707	232	155	56.006
1987	2.552	27.978	937	130	33.754	934	270	142	66.697
1988	2.805	31.599	920	128	36.106	975	296	137	72.966
1989	3.950	33.268	1.139	110	35.223	1.426	310	165	75.591
1990	3.833	37.373	1.297	130	34.296	1.582	312	121	78.943
1991	4.092	39.399	1.430	169	33.458	1.724	397	101	80.768
<b>Total 1975-1991</b>	<b>38.477</b>	<b>344.352</b>	<b>14.185</b>	<b>2.197</b>	<b>461.349</b>	<b>14.111</b>	<b>3.305</b>	<b>1.543</b>	<b>879.519</b>

(continua)

### **Tabela 1.1 - Conclusão**

#### **Observações:**

- a) a fonte se aplica a todos os dados, com exceção de Brasil, Japão (90-91) e França (90-91) e Índia (90-91);
- b) os dados para o Brasil foram estimados pelos autores a partir da fonte 5, de Relatórios de Atividades diversos do INPE, de registros internos da CPN/INPE, de informações obtidas das Gerências dos Programas MECB e CBERS, e de informações oficiais colhidas na COBAE e no IAE/CTA/MAer;
- c) os dados para a França em 90 e 91 foram obtidos da fonte 2;
- d) os dados para o Japão em 90 e 91 provêm, respectivamente, das fontes 2 e 6;
- e) os dados para a Índia em 91 foram estimados a partir de valores constantes das fontes 1 e 4;
- f) todos os orçamentos incluem, em princípio, gastos com pessoal (salários e encargos) que participa diretamente dos programas.

**TABELA 1.2**  
**COMPARAÇÃO DE ORÇAMENTOS NA ÁREA ESPACIAL**  
**CÔM DADOS DE PNB E POPULAÇÃO**

FONTE: Toussaint (1990), p. 80.

PAÍSES	População 1988 (milhão)	PNB-1988 (bilhão US\$)	Orçamento Espacial 1988 (MAU)	Orçamento Espacial/ PNB (1/1000)	Orçamento Espacial por Habitante (AU)
Áustria	7,560	126,7	13,1	0,103	1,73
Bélgica	9,930	147,5	78,4	0,530	7,89
Dinamarca	5,120	107,7	16,2	0,150	3,16
Finlândia	4,950	103,6	2,6	0,025	0,52
França	55,873	944,8	927,0	0,981	16,59
Alemanha	61,200	1206,8	570,0	0,472	9,31
Itália	57,480	820,2	429,0	0,520	7,46
Irlanda	3,600	31,3	2,5	0,080	0,69
Holanda	14,750	277,0	51,5	0,185	3,55
Noruega	4,160	90,7	11,8	0,130	2,84
Espanha	39,000	339,4	49,0	0,144	1,25
Suécia	8,350	178,8	63,5	0,355	7,60
Suíça	6,580	183,4	28,9	0,157	4,39
Reino Unido	57,020	802,1	156,9	0,195	2,75
<b>Total Europa</b>	<b>335,57</b>	<b>5360,0</b>	<b>2400,4</b>	<b>0,447</b>	<b>7,15</b>
EUA	245,0	4795,7	30034,0	6,260	122,60
URSS	285,0	1790,0	34317,0	19,170	120,40
Canadá	25,9	479,6	121,0	0,253	4,10
Japão	123,2	2841,1	874,0	0,307	7,09
Brasil	144,0	314,6	100,0	0,318	0,70

**Legenda:**

PNB = Produto Nacional Bruto

MAU = Milhões de Unidades Contábeis (AU), padrão de referência monetário utilizado internacionalmente, especialmente na Europa, para fins de comparação de orçamentos entre diferentes países; em 1988 1 AU equivalia, em média, a aproximadamente 1 US\$.

A análise dos valores contidos nas duas tabelas apresentadas permitirá ao leitor interessado uma série de constatações e inferências. Alguns pontos merecem, contudo, ser salientados:

- a) Os Estados Unidos e a União Soviética (ao menos até a crise que, em 1991, causou a separação dos estados que a compunham) sempre se destacaram, num primeiro plano, como os grandes investidores no setor espacial.

- b) Num segundo plano, com orçamentos anuais uma ordem de grandeza menores, aparecem a Europa como um todo, a França, a Alemanha e a Itália individualmente, e, no continente asiático, o Japão.
- c) O Brasil encontrava-se, em 1988, em um bloco onde os investimentos anuais situavam-se quase uma nova ordem de grandeza abaixo daqueles dos países do segundo bloco. Faziam companhia ao Brasil países como Grã-Bretanha, Canadá, Suécia e Bélgica.
- d) É perceptível a tendência de nova aceleração dos investimentos nos países da Europa e no Japão.

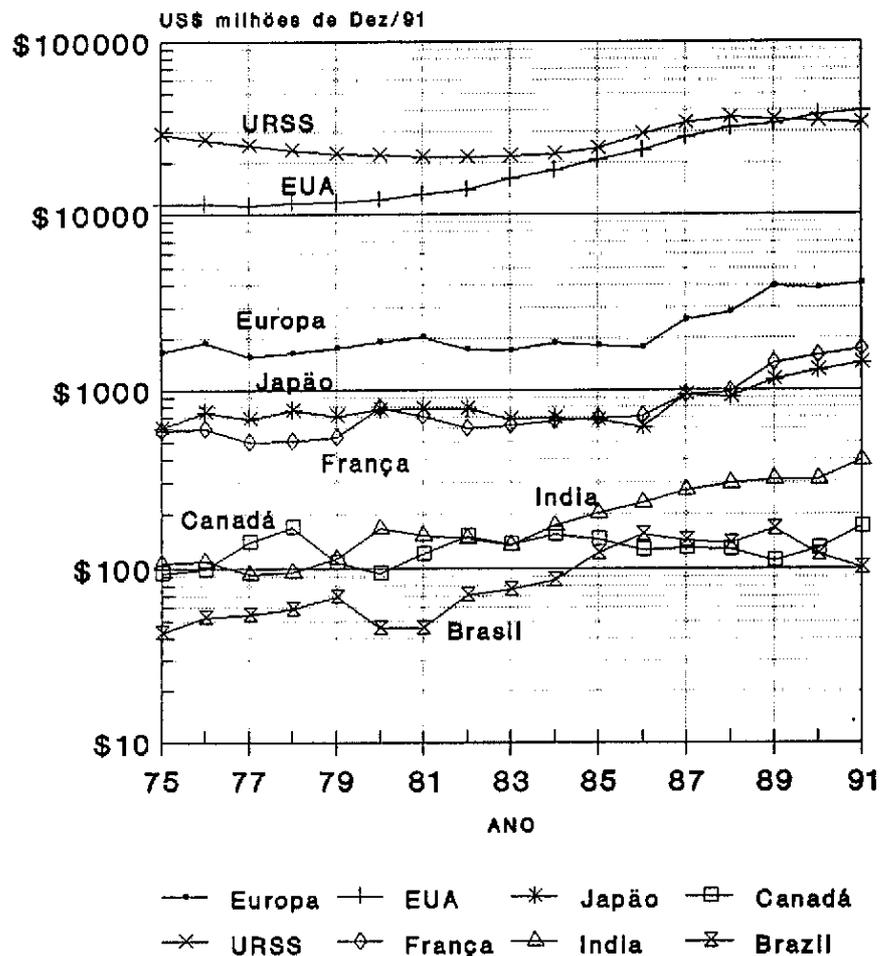


Fig. 1.1 - Orçamentos para Atividades Espaciais no Mundo.

FONTE: Vide Tabela 1.1.

Uma importante omissão no quadro de orçamentos é o caso da China, país que, a exemplo da Índia, apesar de conviver com graves problemas econômicos e sociais, tem conseguido expressivas conquistas no setor espacial. Dados orçamentários

sobre a China são de difícil obtenção e de pouca valia em face das peculiaridades da forma de organização político-econômica desse país. Quanto à Índia, lamenta-se não se dispor de dados que permitam incluí-la na comparação da Tabela 1.2.

Antes de tecer comparações mais detalhadas entre o Brasil e os demais participantes das Atividades Espaciais no mundo, cumpre historiar brevemente o surgimento e a evolução dessas atividades no País.

O Brasil foi, juntamente com a Índia e logo após a França, um dos primeiros países do mundo a demonstrar o propósito de seguir os exemplos soviético e americano, organizando formalmente uma instituição governamental dedicada ao Espaço já no início da década de 60. O Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE) evoluiu para CNAE, que se transformou em INPE (hoje Instituto Nacional de Atividades Espaciais, subordinado à SCT) no início da década de 70. Aproximadamente nesta época foram também formalmente constituídos o IAE (hoje Instituto de Aeronáutica e Espaço), subordinado ao Centro Técnico Aeroespacial (CTA) do Ministério da Aeronáutica e a COBAE (Comissão Brasileira de Atividades Espaciais), órgão de coordenação interministerial subordinado ao Estado Maior das Forças Armadas (EMFA).

O INPE iniciou suas atividades atraindo alguns pesquisadores de instituições nacionais e internacionais (principalmente indianos) que atuam em áreas da Ciência Espacial (principalmente Física e Química da alta atmosfera e espaço exterior), ou correlatas, e que se dedicavam ativamente à formação de pessoal em nível de pós-graduação. Ao longo da década de 70, o Instituto consolidou competência também na área de Aplicações da Tecnologia Espacial (particularmente Sensoriamento Remoto Orbital e Meteorologia). O INPE reservou para a década de 80 maior ênfase ao Desenvolvimento de Tecnologia Espacial, particularmente satélites e sistemas de solo de rastreamento, controle e recepção de dados.

O IAE/CTA vem se dedicando fundamentalmente, desde sua criação, a adquirir competência e capacitação no desenvolvimento de foguetes e veículos lançadores de satélites. Parte significativa dos investimentos governamentais brasileiros na área espacial dirigiram-se, ainda a partir de 1984, ao projeto e construção do Centro de Lançamento de Alcântara, Maranhão, base de lançamento de foguetes e veículos lançadores de satélites, que, por sua condição geográfica privilegiada, poderá atrair no futuro próximo uma série de contratos internacionais.

Numa síntese extrema, pode-se dizer que atualmente o Brasil possui uma comunidade de aproximadamente 300 cientistas, cerca de 800 pesquisadores ou engenheiros e, talvez, 2000 técnicos com especializações diversas, dedicados às atividades espaciais em suas várias frentes. Como ocorre em todos os países que se propuseram a uma atuação abrangente, a grande concentração de recursos se dá no desenvolvimento de tecnologia e sistemas espaciais, programas intrinsecamente muito mais dispendiosos que os de investigação científica ou de aplicação da tecnologia espacial já disponível.

Ao longo das últimas três décadas, o País conseguiu consolidar uma comunidade científica com muito boa reputação e trânsito internacional; uma competente comunidade de pesquisadores voltados a aplicações em sensoriamento remoto por sensores ópticos e meteorologia; uma forte base em engenharia e tecnologia espacial que, a despeito de significativos atrasos decorrentes do fluxo irregular e reduzido das liberações orçamentárias inicialmente previstas, da dificuldade de manutenção de equipes altamente especializadas em face de salários recorrentemente muito baixos e dos embargos

internacionais à importação de alguns componentes e tecnologias críticos, chega hoje ao estágio do lançamento do primeiro satélite concebido, projetado, desenvolvido e fabricado no País.

Conseguiu ainda implantar uma infra-estrutura laboratorial e de apoio significativa, na qual há que se destacar o Laboratório de Integração e Testes de satélites (LIT), o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e o Centro de Rastreamento e Controle de Satélites (CRC) que, à exceção de China e Índia, só encontram similares nos países desenvolvidos.

Apesar do incontestado progresso conseguido pelo setor aeroespacial brasileiro ao longo das três décadas de sua história, é inegável o estágio de maior desenvolvimento em determinadas áreas atingido por alguns países com orçamentos comparáveis ao do Brasil. Estas diferenças se explicam por diversos fatores, entre os quais cumpre destacar:

- a) A menor abrangência do escopo de atividades desenvolvidas em vários desses países. Assim, por exemplo, o Canadá, com orçamento não muito superior ao do Brasil, encontra-se em um estágio muito mais avançado no tocante ao desenvolvimento de satélites e a aplicações na área de sensoriamento remoto, por exemplo; em compensação aquele país abdicou, desde o princípio, de qualquer pretensão em relação a desenvolver veículos lançadores próprios ou a implantar um centro de lançamentos próprio.
- b) A maior competência da indústria dos países desenvolvidos e o maior grau de participação dessa indústria nos programas espaciais daqueles países.
- c) O planejamento de longo prazo dos programas espaciais daqueles países e o fiel cumprimento dos orçamentos previstos, em moedas usualmente estáveis. Na realidade, os orçamentos do programa espacial brasileiro tendem a se mostrar superdimensionados quando comparados aos efetivamente realizados, pela mera diferença entre as datas de liberação orçamentária (quando usualmente se calcula a equivalência em dólares) e as de efetiva utilização dos recursos (que no setor público não podem ser aplicados no mercado financeiro; conseqüentemente, são bastante corroídos em períodos de inflação elevada, situação a que esteve submetida nossa economia praticamente durante toda a última década).
- d) A maior disponibilidade de recursos humanos qualificados e a maior valorização profissional dessas atividades naqueles países, valorização que se reflete não apenas em recursos orçamentários compatíveis, mas também em salários competitivos que permitem manutenção e renovação de equipes altamente qualificadas, como as usualmente exigidas nas atividades espaciais.
- e) A menor vulnerabilidade a embargos e restrições internacionais a que estão sujeitos os países europeus, bem como o Canadá, o Japão, a China e a própria Índia, quer pelas tradicionais relações de estreita cooperação e identidade com as Grandes Potências, quer pelo próprio estágio de auto-suficiência tecnológica que já atingiram.

As constatações anteriores reforçam a necessidade de um tratamento sério, conseqüente e de longo prazo para as Atividades Espaciais Brasileiras, caso o País tencione, pelo menos, manter o estágio de desenvolvimento relativo já conseguido, evitar o sucateamento dos onerosos investimentos em recursos humanos e materiais já realiza-

dos e manter positivas as possibilidades de que nossas próximas gerações venham a partilhar dos significativos benefícios que, todos acreditam, o Espaço reserva para o futuro da humanidade.

### **1.3. CENÁRIO DAS ATIVIDADES ESPACIAIS NO BRASIL PARA A PRÓXIMA DÉCADA**

O que se espera das Atividades Espaciais brasileiras em uma perspectiva de longo prazo é que se desenvolvam segundo um plano que seja coeso nas funções de pesquisa, aplicações e desenvolvimento tecnológico, e que busque fazer reverter para a sociedade, de forma amplificada, como benefícios diretos e indiretos, os recursos nele investidos. Para que isto se torne possível, devem ser aplicados esforços tanto no aproveitamento máximo das potencialidades das aplicações espaciais, através do uso de sistemas e técnicas a que o País tem acesso, como na realização de pesquisas e no desenvolvimento de tecnologias de uso espacial.

Antes de mais nada, cumpre reforçar dois pontos de fundamental importância para o entendimento do contexto em que se inserem os programas espaciais de todo o mundo. Em primeiro lugar, à exceção dos sistemas de comunicações, estes programas normalmente não geram resultados diretos capazes de despertar interesse comercial no mercado privado suficiente para cobrir os custos associados ao desenvolvimento, construção, lançamento e operação dos satélites. Esta afirmação é válida mesmo para os países tecnologicamente mais desenvolvidos, como Estados Unidos e países da Comunidade Européia. Mesmo a geração e comercialização de imagens de sensoramento remoto, que durante a década de 80 foi cogitada para privatização, tanto nos EUA como na Europa, continua sendo objeto de fortes subsídios. Por outro lado, estes programas ainda estão longe de esgotar suas potencialidades, que em alguns segmentos, como microgravidade, podem trazer resultados de força econômica imprevisíveis. São estas potencialidades, já divisadas ou não, que hoje movem grande parte dos investimentos em programas espaciais em países de todo mundo.

Em segundo lugar, cumpre salientar que os resultados dos programas espaciais, principalmente os de Observação da Terra, atendem principalmente a necessidades associadas às funções do Estado. Isto decorre da própria natureza das plataformas espaciais, que cobrem superfícies extensas e são mais adequadas ao monitoramento de grandes áreas e de fenômenos de grande escala. Assim, monitoramento do meio ambiente, coleta de dados para uso em modelos de previsão de tempo e clima, avaliação do estoque de recursos minerais, realização de mapeamentos geológicos e cartográficos, entre outros, são exemplos de aplicações espaciais diretamente ligadas ao bem-estar da sociedade e que, precipuamente, são de responsabilidade do Estado. Contudo, se estas atividades, em termos agregados, promovem bem estar e podem mesmo gerar retornos econômicos, as organizações e os indivíduos, de forma independente, dificilmente se propõem a pagar por elas de forma regular.

No caso específico da proposta contida no Plano Nacional de Atividades Espaciais, algumas componentes foram básicas na escolha das linhas de atividades a serem seguidas até a próxima década. A primeira é a de buscar maior integração no âmbito de programas internacionais e de participar, sempre que possível, em programas de cooperação de caráter científico ou tecnológico com outros países. Hoje já existe uma posição quase consensual de que o País, não ocupando uma posição de vanguarda no setor, não teria vantagens em adotar uma política de total autonomia na área espacial.

A segunda destas componentes é a de procurar aproveitar nichos de interesse do Brasil que ainda existem no conjunto das atividades espaciais. Estes nichos aparecem em decorrência tanto de peculiaridades do País, em especial às relacionadas à sua posição geográfica, como de necessidades internas que não interessam tão diretamente a outros países. Como exemplos de nichos surgidos em função da posição geográfica do País, destacam-se o estudo do Eletrojato Equatorial(\*) e da Anomalia Magnética do Atlântico Sul(\*\*). Como exemplos de nichos decorrentes de interesses específicos do País, podem ser citados o desenvolvimento de sistemas de comunicações para setores específicos, como o de teledifusão e o militar.

Finalmente, reconhecendo que as atividades espaciais, em todas as suas principais ramificações, apresentam potencialidades de impacto significativo ainda não explicitadas, o Plano Nacional de Atividades Espaciais demonstra uma preocupação de que, na próxima década, o País tenha uma atuação abrangente em todos os seus principais ramos. Desta forma, está prevista a evolução do País em Ciência Espacial, Aplicações Espaciais (com destaque para Sensoriamento Remoto, Meteorologia, Oceanografia, Comunicações e Busca e Salvamento) e desenvolvimento de tecnologias de uso espacial.

### 1.3.1. Ciência Espacial

Em Ciência Espacial, o que se espera para a próxima década é que as áreas de Aeronomia, Astrofísica, Geofísica Espacial e Radioastronomia se posicionem na fronteira do conhecimento, e que os grupos de pesquisa se caracterizem cada vez mais como de excelência e tenham sua reputação amparada por trabalhos de alto nível. Para isto, estes grupos deverão procurar uma estratégia de crescente integração com grupos de pesquisa de diversos países, através da realização de acordos de cooperação internacional, e investir na renovação dos quadros de pesquisadores. Os trabalhos de pesquisa, quando cabíveis, deverão se voltar preferencialmente para fenômenos de interesse do Brasil ou para os que exijam plataformas de observação no País, como é o caso do estudo da anomalia magnética do Atlântico Sul e o estudo da composição da alta atmosfera no Hemisfério Sul.

A condição necessária para que estes objetivos sejam atingidos é a contínua atualização dos laboratórios de pesquisa, dos observatórios e das demais facilidades de P&D, bem como a manutenção e ampliação da capacitação interna destes grupos para desenvolvimento, construção e qualificação de cargas úteis científicas a serem lançadas em balões estratosféricos, foguetes de sondagem e satélites científicos.

---

(\*) O Eletrojato Equatorial se manifesta como uma corrente elétrica de alta intensidade que cruza o globo ligeiramente ao sul do equador. Por restringir-se a uma faixa geográfica de pouco interesse imediato para os países desenvolvidos, constitui um fenômeno ainda pouco estudado que tem, no entanto, impactos de significância econômica sobre nosso território; afeta, por exemplo, os resultados de testes de prospecção de petróleo que se baseiam em medidas geomagnéticas. Este efeito já mascarou onerosos levantamentos contratados pela Petrobrás a empresas do Hemisfério Norte.

(\*\*) A Anomalia Magnética do Atlântico Sul, ou Anomalia Magnética Brasileira, é um fenômeno restrito à região da alta atmosfera que se projeta sobre esta região do globo e provoca forte incidência de radiações prejudiciais, por exemplo, à saúde dos astronautas e, possivelmente, de seres humanos e animais que vivem em regiões específicas do Atlântico Sul, particularmente em áreas de nosso território.

No que diz respeito aos artefatos para pesquisa científica, o que se espera é que até 2010 diferentes plataformas (\*) orbitais e suborbitais de pequena massa e baixo custo, que possam carregar cargas úteis científicas com diferentes aplicações, estejam desenvolvidas e qualificadas. Gradativamente, em decorrência de sua padronização, a responsabilidade pela fabricação destas plataformas seria transferida à indústria. Cada um dos tipos de plataforma teria lançamentos periódicos por balões, foguetes de sondagem e veículos lançadores de satélites, conforme os dados desejados. As cargas úteis seriam desenvolvidas pelo INPE, por universidades ou por outras entidades interessadas na obtenção dos dados. No caso específico dos satélites científicos, o que se espera é que a partir do final da década o Brasil realize lançamentos bienais, o que certamente contribuirá para a obtenção de resultados de fronteira por parte dos grupos de pesquisa.

### 1.3.2. Aplicações Espaciais

#### Meteorologia e Oceanografia

No que diz respeito às aplicações em Meteorologia e Monitoramento Ambiental, o Programa Espacial Brasileiro deverá se pautar por uma crescente integração em programas internacionais. Como os sistemas espaciais de observação da Terra frequentemente são complementares entre si, cobrem porções do Planeta que extravasam os territórios nacionais e coletam informações que usualmente não são consideradas estratégicas, a cooperação internacional torna-se um instrumento especialmente adequado. Desta forma, está sendo implantado o programa internacional Earth Observation System (EOS), que, a partir do início do próximo século, deverá concentrar o maior banco de dados mundial sobre variáveis ambientais, tanto os obtidos por plataformas orbitais, de grande abrangência, como os coletados em escala regional ou local.

A estratégia prevista pelo Programa Espacial Brasileiro, no que diz respeito ao desenvolvimento de cargas úteis e de plataformas com aplicação em meteorologia e monitoramento ambiental, é de contribuição e de integração ao Programa EOS. Desta forma, as missões que visam a observação de regiões ou de parâmetros de interesse direto para o Brasil também deverão gerar dados em formatos compatíveis com o sistema EOS, os quais deverão ser complementares aos dados já disponíveis neste sistema. Dentre as possibilidades que apresentam estas características, destaca-se o lançamento de satélites de pequeno porte, que forem desenvolvidos a partir da plataforma baseada nos Satélites de Sensoriamento Remoto da MECB (SSR/MECB), para aplicações específicas, tais como o monitoramento de florestas tropicais, em especial a floresta amazônica.

Quanto aos sistemas de previsão de tempo, o que se espera é que, a partir dos próximos anos, esteja totalmente implantado o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Uma vez implantado, este Centro deverá fornecer previsão de tempo com 5 dias de antecedência; será equivalente, tanto em horizonte de previsão como em confiabilidade da informação, aos centros existentes nos EUA e na Europa. No entanto, as condições do Hemisfério Sul, de grande vastidão oceânica, so-

---

(\*) Neste trabalho, o termo plataforma se refere ao artefato capaz de dar sustentação, em termos de estrutura, facilidades de comunicação, estabilização etc., a um ou mais aparelhos, chamados de carga útil, que são os equipamentos que coletam os dados, fazem as medidas, enfim, que realizam a função "útil" esperada das missões espaciais. A grosso modo, pode-se dizer que um satélite é composto de uma plataforma orbital e de uma carga útil. A diferenciação entre satélite e carga útil é importante porque uma mesma plataforma, uma vez desenvolvida, pode suportar cargas úteis de diferentes missões.

madras aos grandes espaços pouco habitados da América do Sul, tornarão o CPTEC muito mais dependente de dados de satélite que seus congêneres do Hemisfério Norte.

Este sistema, além de possibilitar que se impeça a perda de vidas, pela previsão de alterações súbitas de tempo, apresenta enormes possibilidades de economia de recursos quando as previsões efetuadas forem aplicadas em campos como agricultura e controle de inundações. Uma vez implantado o sistema, além de seu contínuo aprimoramento, o grande desafio que se coloca para o final desta década e para a próxima é fazer com que as informações geradas produzam ações preventivas concretas.

No tocante à modelagem de clima, espera-se que até a próxima década, principalmente em decorrência do maior acervo de dados propiciados pelo sistema EOS, o País tenha capacidade de fazer previsões regionais, com bastante antecedência, de fenômenos como secas prolongadas e estações chuvosas atípicas em determinados anos. Para que sejam desenvolvidos modelos que permitam previsões de qualidade, o País deverá investir tanto na formação e renovação de pessoal, como na integração com grupos semelhantes existentes em países com experiência neste campo. Por sua vez, o Brasil, em consequência da experiência adquirida, deverá contribuir para a formulação dos modelos de circulação atmosférica e oceânica de escala global que vêm sendo desenvolvidos por organizações internacionais, principalmente na parte relativa ao Hemisfério Sul.

### **Sensoriamento Remoto**

O uso de imagens de satélites (assim entendidas as imagens fotográficas e as fitas CCTs) no Brasil, tanto por organismos governamentais como por empresas privadas e mesmo por indivíduos, já está razoavelmente difundido, além de ser uma ferramenta corriqueira para alguns destes usuários. Cabe salientar que, por vários anos intercalados, desde a década de 70, o Brasil foi o segundo maior usuário de imagens LANDSAT do mundo, sendo superado apenas pelos EUA.

O que se espera nos próximos anos é que, cada vez mais, o Instituto se ocupe das funções de pesquisa em sensoriamento remoto, e que a prestação de serviços seja assumida por empresas privadas. O INPE deverá se concentrar tanto no desenvolvimento de novas metodologias de extração de informações, a partir de imagens obtidas por sensores já conhecidos, como é o caso dos sensores óticos do LANDSAT e do SPOT, como na exploração de novos sensores, com destaque para os de microondas. Os vários satélites com sensores de microondas que devem ser lançados nesta década têm despertado enormes expectativas na comunidade internacional ligada às atividades de sensoriamento remoto, devido a algumas vantagens inequívocas que estes sensores apresentam sobre os sensores óticos. Entre elas, podem-se citar as de não serem afetados por coberturas de nuvens, de atravessarem lâminas de água e de permitirem o mapeamento de campos de vento. Contudo, o uso operacional destes sensores ficará condicionado à realização de pesquisas que permitam que sejam feitas correlações entre os dados fornecidos e as características dos alvos que eles devem representar. Este tipo de atividade, próprio de uma instituição de pesquisa, deverá ser o principal foco de interesse da área de Sensoriamento Remoto do INPE.

Por outro lado, com a intensificação do uso de imagens de sensoriamento remoto esperada para os próximos anos, o mercado de prestação de serviços na área deverá se tornar gradativamente mais atrativo. Espera-se que empresas privadas se qualifiquem para ocupar este mercado, atendendo tanto os usuários tradicionais como os novos que passem a se utilizar do sensoriamento remoto. O INPE deverá contribuir de diversas maneiras para que isto se torne possível. A primeira delas é a realização de

esforços para ampliação do mercado, como por exemplo a organização de eventos que demonstrem alternativas viáveis e vantajosas do uso desta ferramenta para alguns novos tipos de aplicações.

O INPE também pretende implantar, até o final da década, um centro integrado de dados em sensoriamento remoto e em meteorologia. Este centro deverá permitir o acesso, em um mesmo acervo, a dados provenientes dos vários satélites de sensoriamento remoto e meteorologia que vêm transmitindo informações ao Brasil desde a década de 60, bem como dos satélites que vierem a transmitir no futuro. Além da guarda e manutenção deste acervo, atividade por si só de valor considerável, este centro deverá facilitar muito o acesso dos usuários aos bancos de dados existentes no País, atualmente ainda pouco utilizados, além de servir de porta de comunicação com outros centros internacionais, que poderão ser consultados via redes de comunicação de dados.

Para as organizações brasileiras responsáveis pelo monitoramento, avaliação ou contabilização do estoque de recursos naturais do País, o acesso a dados de sistemas internacionais de sensoriamento remoto cada vez mais completos proporciona reflexos imediatos na qualidade da informações que devem gerar. Desta forma, atividades como mapeamento geológico, cartográfico e florestal; prospecção de recursos minerais; avaliação de uso da terra; e acompanhamento de queimadas, de desmatamento e da fronteira agrícola se beneficiam diretamente da evolução destes sistemas. Deve-se enfatizar que, oficialmente, ainda se conhece muito pouco sobre nosso próprio território. Assim, por exemplo, enquanto a França é toda mapeada geologicamente numa escala de 1:50.000, o mapeamento geológico completo do Brasil só existe numa escala de 1:1.000.000; apenas cerca de 7,1% deste território está mapeado na escala de 1:100.000, e menos de 1% na escala de 1:50.000 (\*). Deve-se ainda enfatizar que, devido a problemas de coberturas de nuvens e cobertura vegetal, regiões de grande importância estratégica, como boa parte dos Estados do Acre e do Amazonas, incluindo áreas de fronteira com Peru, Colômbia e Venezuela (alvo de recentes conflitos internacionais envolvendo garimpeiros), não dispõem de qualquer mapeamento geológico (vide mapa da Figura 1.2)! Se o País souber tirar proveito das potencialidades da nova tecnologia de imageamento por radar, que deverá revolucionar a área de Sensoriamento Remoto ao longo desta e da próxima década, estará dando um importante passo para assegurar sua real soberania sobre estes territórios.

---

(\*) Dados de julho de 1992, fornecidos pelo Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) e pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

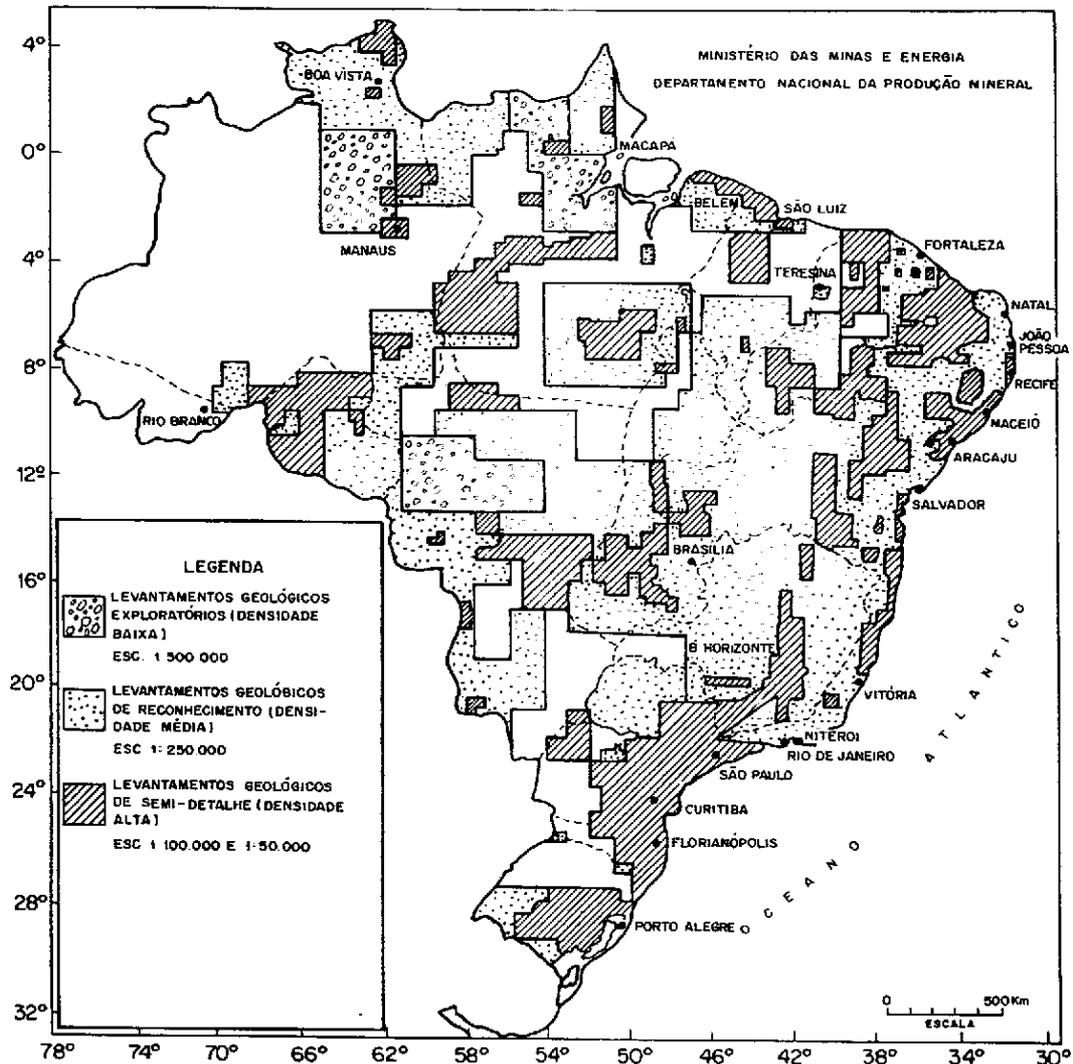


Fig. 1.2 - Situação atual de mapeamento geológico do território brasileiro.

FONTE: DNPM/Ministério das Minas e Energia (junho/1992).

A carência de informações sobre nosso território e seus recursos naturais, ilustrada para o caso de recursos geológicos, se repete, em menor ou maior grau, também para as demais áreas de aplicação da tecnologia de sensoriamento remoto citadas anteriormente. Espera-se, assim, ao longo da próxima década, que todas essas áreas e atividades venham a se beneficiar substancialmente da crescente capacitação do País no setor.

Contudo, uma avaliação das perspectivas relacionadas aos programas de aplicação em sensoriamento remoto orbital para a próxima década delinea algumas tendências que justificam um programa de desenvolvimento de sistemas próprios: a) distribuição comercial ou quase comercial das imagens geradas, com o conseqüente aumento dos preços; b) aplicação de sensores que operem em outras faixas de ondas, com destaque para os sensores de microondas. Desta forma, a previsão de aumento de preços das

imagens e as possibilidades de abertura de nichos tecnológicos, na forma de novas faixas do espectro eletromagnético a serem exploradas, servem de base para o interesse no desenvolvimento de satélites próprios.

O desenvolvimento de satélites de sensoriamento remoto é, dentro do programa de tecnologias espaciais, a atividade que tem seus próximos passos mais bem delineados, com o desenvolvimento dos satélites de sensoriamento remoto da MECB e dos satélites do programa CBERS. A expectativa é que, a partir da próxima década, o País mantenha em condições operacionais uma ou mais missões de satélites de sensoriamento remoto, seja de forma independente ou através de consórcio com a China, a partir do programa CBERS. As primeiras missões operacionais de sensoriamento remoto, apesar de características complementares aos programas internacionais, certamente operarão com sensores no espectro visível. Missões seguintes poderão vir também a utilizar outros tipos de sensores, que operem em faixas diferentes, como os de microondas, que venham a se mostrar atraentes.

### **Comunicações**

O nível atual de utilização no Brasil de satélites de comunicações, somado às potencialidades de sua utilização em aplicações específicas, como militares, televisão e redes particulares de transmissão de dados, tornam esta aplicação espacial a mais próxima e provável de proporcionar retornos comerciais ao País, ou ao menos a que apresenta melhores probabilidades de cobrir os gastos com o desenvolvimento tecnológico e fabricação dos sistemas ainda no futuro próximo. Desta forma espera-se que, entre o final desta década e o início da seguinte, já exista algum tipo de sistema desenvolvido no País operando em alguma das aplicações específicas listadas.

Neste caso, uma estratégia possível seria a busca de possíveis interessados em manter sistemas privados de comunicação para que eles financiassem parcialmente, de forma independente ou em consórcio, o desenvolvimento dos sistemas. A fase em que os satélites de comunicação da TELEBRÁS ainda apresentam alguma ociosidade é especialmente favorável para a adoção desta estratégia, porque eles poderiam suprir eventuais falhas durante o período de qualificação operacional dos sistemas desenvolvidos.

O desenvolvimento e a manutenção de sistemas independentes como estes em condições operacionais também deverão permitir a inserção de condições que garantam, por ocasião das futuras concorrências para aquisição de novos satélites para o sistema TELEBRÁS, a nacionalização de partes e a realização de algumas atividades do processo de qualificação de subsistemas ou dos satélites completos. É de ressaltar que até 2010 são esperadas duas novas concorrências para satélites do sistema TELEBRÁS. Cada uma delas deverá envolver cifras da ordem de US\$175 MUSD somente para a aquisição dos satélites e implementação de adaptações no segmento de solo (os lançamentos deverão custar por volta de US\$100 MUSD). Considerando a dimensão destas cifras, pode-se depreender que a economia de divisas proporcionada pela nacionalização de partes destes satélites e pela realização de testes no Brasil já representaria uma fração significativa dos gastos com o desenvolvimento de um programa de satélites de comunicações no País.

### **Microgravidade**

Entre as possíveis utilizações do ambiente espacial, o processamento de materiais no espaço é hoje uma das mais promissoras no que tange à obtenção de retor-

nos comerciais sobre os investimentos. O ambiente espacial apresenta características peculiares (p.ex., existência de vácuo quase perfeito; disponibilidade ilimitada de radiação solar não-filtrada; temperaturas de -200 a +200<sup>o</sup>F; e a microgravidade, ou seja, ausência quase total de gravidade). Dentre essas características, destaca-se a microgravidade que, não podendo ser reproduzida em terra por longos períodos, torna o ambiente espacial atraente em determinadas aplicações como, por exemplo, na engenharia genética e na elaboração de produtos farmacêuticos, de cristais de alta pureza, de filmes de pequena espessura e de ligas metálicas.

As agências espaciais dos países desenvolvidos desde já vêm realizando seus experimentos com microgravidade, em associação com empresas comerciais. Desta forma, uma vez que se materializem resultados concretos, eles serão apropriados pelas empresas envolvidas, seja em termos das informações coletadas ou dos produtos gerados. Esta abordagem deverá limitar em muito as possibilidades de que países que não tenham programas espaciais próprios possam se beneficiar dos resultados obtidos.

Tendo em vista esta situação, é muito importante que o País mantenha uma porta aberta para a possibilidade de realizar experimentos próprios em microgravidade. Para isto, deverá estar desenvolvida até o final desta década uma plataforma orbital reentrável para a realização de experimentos em microgravidade. Esta plataforma deverá permitir experimentos com duração quase ilimitada, bem como a recuperação dos resultados em terra. Atualmente o INPE realiza contatos com interessados na realização de pesquisas em microgravidade para o projeto de experimentos neste campo. Os primeiros ensaios deverão ser realizados a partir de 1995, utilizando foguetes de sondagem.

### 1.3.3. Participação Industrial

O desenvolvimento de tecnologias de uso espacial tem por objetivos principais uma maior independência tecnológica e a economia de divisas com a aquisição ou aluguel de facilidades, uma vez que o País vem ampliando continuamente a utilização operacional de sistemas espaciais. Como demonstram as novas aplicações em Sensoriamento Remoto, Meteorologia, Oceanografia, e Geodésia e Navegação, os artefatos espaciais são e deverão ser de uso cada vez mais corrente no País, a exemplo do que ocorreu no campo das comunicações.

Além da busca destes objetivos, a experiência internacional tem demonstrado que o desenvolvimento de tecnologias de uso espacial também representa uma oportunidade de abertura de novos campos de aplicação tecnológica de uso muito mais abrangente e significativo, sob o ponto de vista econômico. Prova disto são os resultados de pesquisas sobre os retornos econômicos diretos e indiretos dos investimentos realizados nos programas espaciais de diversos países. Estudos sobre o programa espacial americano revelaram taxas aproximadas de retorno de sete para um. Para os programas da Agência Espacial Européia (ESA), foram constatadas taxas de retorno sobre os valores contratados às empresas envolvidas nos programas da ordem de três para um(\*).

É de ressaltar ainda que estes retornos só se materializaram em função da política das agências espaciais dos países desenvolvidos, que consiste em realizar tanto o desenvolvimento tecnológico como a produção dos equipamentos de uso espacial

---

(\*) Para maiores informações, ver Banzato (1985).

através de subcontratações a empresas. Uma política semelhante vem sendo gradativamente adotada pelos órgãos responsáveis pelo desenvolvimento do programa espacial brasileiro, especialmente INPE e CTA, não só em decorrência da compreensão desta realidade, como também para o atendimento da política governamental, adotada a partir de 1991, de transferir cada vez mais à iniciativa privada as atividades que não sejam precipuamente de caráter público.

Consolidada esta política de forte participação industrial no Programa Espacial Brasileiro, a partir da próxima década as empresas envolvidas deverão estar auferindo benefícios comerciais e tecnológicos, tanto sobre organização e métodos quanto sobre a qualificação da mão-de-obra decorrentes desta participação. Estes benefícios deverão se estender tanto aos departamentos diretamente ligados aos programas espaciais, como aos voltados a outras atividades e produtos, pela difusão tecnológica que se constata ocorrer no plano interno das empresas. Na esfera macroeconômica, o País deverá estar auferindo benefícios na forma de exportações, tanto de produtos diretamente ligados aos programas espaciais, como dos resultantes da aplicação em outros setores de tecnologias desenvolvidas no âmbito destes programas; estes benefícios serão auferidos também na forma de substituição de importações.

Contudo, o benefício direto de uma forte participação industrial no Programa Espacial Brasileiro, que deverá ser mais visível a partir dos próximos anos, é a abertura de novos postos de trabalho para profissionais de alta qualificação. A relação entre orçamentos anuais e empregos diretos gerados na indústria espacial nos países da Europa mostra que uma aplicação de US\$65.000 por ano gera um emprego na indústria espacial. Transportando esta relação para o Brasil, tem-se que a aplicação de recursos na área espacial, se feita de acordo com a solicitação do PNAE, passaria a gerar pelo menos 3.000 empregos de alta qualificação a partir do início da próxima década. Obviamente a renda per capita da Europa é muito superior à do Brasil, e certamente o número de empregos aqui gerados seria muito maior que esta estimativa inicial. Além disso, para cada emprego direto certamente serão somados vários outros empregos indiretos.

Coerente com a postura de transferir para a indústria toda a responsabilidade dentro dos programas espaciais que ela puder suportar a cada momento, o INPE tem firmado vários contratos industriais. A Tabela 1.3 ilustra os contratos atualmente em andamento. O nível de responsabilidade da indústria varia em cada caso. Se em alguns ela se limita à fabricação, em outros abrange até mesmo as atividades de concepção das soluções tecnológicas a serem adotadas.

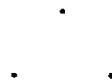
Finalmente, no tocante aos ganhos tecnológicos no âmbito do setor espacial, ressalta-se que, a partir da próxima década, o País deverá ter sua capacitação consolidada nos principais subsistemas utilizados em plataformas espaciais, a saber: estruturas, controle de órbita e energia, propulsão e sistemas de solo. Além disso, em termos de cargas úteis, deverão estar desenvolvidos transmissores de coleta de dados, de comunicações e câmaras CCD.

Entre estas tecnologias, algumas são aplicáveis também a vários outros setores em que o País almeja alguma independência tecnológica. Como exemplo pode-se citar o caso das plataformas inerciais, que deverão ser desenvolvidas como parte do sistema de controle de órbita e atitude de satélites, as quais são necessárias também em aplicações como foguetes e diversos sistemas militares. Outro exemplo importante é o de sistemas óticos e tecnologia CCD para imageadores, essenciais para satélites de observação da Terra e também com aplicações importantes em várias outras áreas, da ciência espacial a câmeras comerciais de TV. Com relação aos imageadores, pelas perspec-

tivas que apresentam, será muito importante o domínio pelo País da tecnologia de radares de abertura sintética. Em todos estes exemplos, a importação de tecnologia sofre embargos internacionais.

**Tabela 1.3**  
**Contratos Industriais**

TECNOLOGIAS	EMPRESAS								
	ELEBRA	DIGICON	COMPOSITE	ESCA	AEROELE- TRÔNICA	EMBRAER	TECNASA	I.N.B.	COPESP
Equipamentos de Teste/ CBERS	X								
OBDH (RTU, CTU)/CBERS	X								
AOCC (LTU, Computador)/ CBERS	X								
Transmissor de UHF/ CBERS	X								
Painel Solar SCD2/MECB		X							
Estrutura SSR1/MECB			X						
Imageador CCD (MECB/ CBERS)				X					
Decoder/MECB	X								
PCU/MECB					X				
Estrutura SCD2/MECB						X			
Transponders (MECB/ CBERS)							X		
Painel Solar/CBERS (ainda não assinado)		X							
Caixas de Equipamentos de Bordo								X	
Componentes de Micro-propulsão									X



### PANORAMA INTERNACIONAL

Este capítulo apresenta, em grandes linhas, a situação atual e as principais tendências, em termos das aplicações e da tecnologia, dos programas espaciais em andamento ou previstos pelas principais agências espaciais. A descrição apresentada, necessariamente incompleta em face do enorme número de iniciativas que são conduzidas a cada instante, procura indicar as mais relevantes no momento, bem como as tendências já mais consolidadas nas principais ramificações das atividades espaciais. O propósito deste capítulo não é de efetuar comparações entre os programas citados e o programa espacial brasileiro, mas sim de mostrar o contexto mundial das atividades espaciais e servir de base para o entendimento de como o nosso programa espacial se insere nos esforços mundiais.

#### 2.1. CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

Durante as últimas décadas, os países desenvolvidos, incluindo os Estados Unidos, o Japão, os países da Europa e a ex-União Soviética, têm investido grande quantidade de recursos no desenvolvimento da área de Ciências Espaciais e Atmosféricas. Entre os países com recursos financeiros mais escassos, que têm também investido fortemente na área, destacam-se a Índia e Formosa. Este esforço tem abrangido a realização de pesquisas de grande importância científica, de interesse para a sociedade em geral, principalmente através do desenvolvimento e posterior operação no espaço de sofisticados sensores, balões, foguetes, satélites, sondas interplanetárias e observatórios orbitais. Soma-se a estes uma vasta rede de equipamentos de pequeno e grande porte, que tem sido operada em várias latitudes na superfície dos dois hemisférios. As realizações alcançadas são inúmeras, as quais são aplicadas em diversas outras áreas de Ciência e Tecnologia, como medicina, exploração de recursos naturais, comunicações, navegação aérea e marítima, agricultura, transmissão de energia elétrica etc.

Os atuais programas de interesse internacional incluem pesquisas científicas sobre os processos físicos e químicos em ocorrência na atmosfera da Terra e no seu espaço próximo, bem como em outros planetas, no Sol, nas estrelas, no meio interestelar, nas galáxias e no espaço intergaláctico. Dentre estes destacam-se:

- o Programa Internacional de Estudo da Geoesfera-Biosfera: um estudo das Mudanças Globais (IGBP), onde estão inseridas fortemente as questões da camada de ozônio e do efeito estufa;
- o Programa de Estudo da Energia Solar-Terrestre (STEP), que tenta avaliar, de forma quantitativa, a influência da energia solar para o desenvolvimento dos fenômenos físicos em ocorrência na atmosfera e no espaço próximo;
- o Ano Internacional do Eletrojato Equatorial (IEEY), que visa melhorar o entendimento dos diferentes processos geofísicos, aeronômicos, eletrodinâmicos e do plasma, associados ao sistema de correntes elétricas natural, denominado Eletrojato Equatorial, existente na altura aproximada de 110 a 120 km na região do Equador Magnético, bem como sobre a sua importância para o circuito elétrico global.

O Brasil, em particular, tem sido solicitado a participar destes três programas e de um número razoável de projetos de cooperação bilateral de interesse para o País. Uma participação significativa nos avanços científicos e tecnológicos que possam ser alcançados no âmbito destes programas e projetos é fundamental para o futuro da área de Ciências Espaciais e Atmosféricas no Brasil.

## 2.2. APLICAÇÕES ESPACIAIS

### Observação da Terra

Os satélites revolucionaram as ciências ambientais e suas aplicações, gerando total dependência do seu uso, o que normalmente é facilitado através da difusão de dados por programas internacionais, condição a que não foge o Brasil. Após quase três décadas de sua utilização, parecem definir-se algumas tendências:

- a) *O uso cada vez mais amplo da faixa de microondas, em adição às bandas radiométricas hoje mais empregadas nos satélites meteorológicos.* Resultante de iniciativas mais recentes dos países desenvolvidos, a tecnologia de aquisição de dados por microondas representa um grande avanço para o estudo dos problemas dos países em desenvolvimento e uma necessidade para países tropicais, por permitir imagens que não são comprometidas por coberturas de nuvens (muito frequentes nos trópicos), além de conseguir transpor outros obstáculos naturais tais como lâminas de água, que cria aplicações potenciais como a prospecção mineral nas plataformas continentais.

As vantagens adicionais desta tecnologia abrem a perspectiva de aquisição de dados com muito maior frequência, especialmente sobre regiões estratégicas e sujeitas especialmente à cobertura de nuvens, de que são exemplos o Norte e Nordeste do Brasil. Entretanto, para que o País venha a se beneficiar plenamente desses avanços tecnológicos, devido a sua maior complexidade, será necessário empreender esforços para adquirir capacitação para o tratamento e interpretação dos novos dados, bem como buscar maior agilização das atividades de distribuição dos respectivos dados e informações à comunidade usuária.

- b) *O emprego das plataformas espaciais para múltiplos fins, como, por exemplo, atmosfera, oceano e solo, opostamente à atual solução de satélites dedicados.* Os experimentos a bordo destas plataformas espaciais causarão uma radical mudança nos atuais sistemas terrestres de recepção/processamento de imagens, devido à grande massa de dados a serem gerados, o que implica altas taxas de transmissão de dados (até 400 Mbits/segundo). Em decorrência, verifica-se a necessidade de separação dos sinais no solo em equipamentos computacionais cada vez maiores e mais velozes.
- c) *O aumento do custo de acesso a dados, hoje até mesmo supridos graciosamente em muitos casos (na Meteorologia, por exemplo) decorrente da tendência de comercialização desses produtos em bases auto-sustentadas.*

A seguir comenta-se sobre alguns sistemas de sensoriamento remoto atualmente em operação ou prestes a serem lançados e, como apêndice, apresenta-se um panorama dos sistemas de satélites atuais e planejados até 2010, assim como dos numerosos sensores, novos e aperfeiçoados, desenvolvidos por diversos países para a melhoria

na aquisição de dados ambientais e no atendimento a necessidades de informação para determinação da natureza e extensão de mudanças climáticas e globais (Tabela 2.1).

Atualmente, dois satélites internacionais atendem a comunidade usuária internacional de sensoriamento remoto: o LANDSAT e o SPOT. Entretanto, mudanças nas políticas de preço e a progressiva forma de comercialização dos dados de sensoriamento remoto têm começado a criar algumas barreiras no acesso a estes mesmos dados.

Os Estados Unidos operam, através da EOSAT, a série de satélites LANDSAT. Este programa não tem conseguido se firmar comercialmente; conseqüentemente, surgem dúvidas sobre sua continuidade ou sugestões de que sua administração seja transferida para o Departamento de Defesa americano. Com o lançamento do SPOT 4 (já aprovado), a França, através do CNES e da SPOTIMAGE, tem assegurado a continuidade do programa SPOT no mínimo até 1994.

Seguindo a nova tendência, dominante nos anos noventa, de sensoriamento remoto por microondas, a Agência Espacial Européia (ESA) lançou o satélite ERS-1 em julho de 1991. Também o Canadá (e.g., RADARSAT) e o Japão (e.g., MOS) têm investido em sensoriamento remoto por microondas. Tanto o RADARSAT quanto o MOS são experimentos principalmente dedicados à observação da superfície do mar (e.g., icebergs), mas permitem também a observação e obtenção de dados terrestres. O Japão, apesar de não ter iniciado uma política agressiva de distribuição de dados de satélites de sensoriamento remoto, já tem competência neste setor e planeja o lançamento de satélite tecnologicamente competitivo para o ano de 1992 (JERS).

A Índia já possui um satélite operacional de sensoriamento remoto e deverá continuar com este programa; contudo, ainda não efetivou o início da distribuição de dados fora da Ásia, uma tendência que deve ser confirmada.

Atualmente os EUA estão envolvidos com um programa ambicioso conhecido como EOS (Earth Observation System), que tem por objetivo avançar o conhecimento do sistema terrestre numa escala global, através do aprofundamento da compreensão sobre os componentes deste sistema, sobre as interações entre eles e sobre como o sistema terrestre está mudando. Para tanto, o EOS deverá prover sistemática e contínua observação da Terra a partir de órbita baixa por pelo menos 15 anos.

O EOS possui três componentes básicos, a saber: o programa de pesquisas científicas, o sistema de informações e dados (EOSDIS), e o programa de observatórios. O primeiro destes observatórios deverá ser colocado em órbita no final desta década. Até outubro de 1991, o programa possuía um orçamento de 11 bilhões de dólares até o ano 2000.

O programa EOS, como não poderia deixar de ser, em função de suas características globais e interesses globais, de sua complexidade e de seu alto custo, envolve um esforço internacional e está se desenvolvendo em cooperação entre os EUA, a Europa e o Japão (\*). O Brasil destaca sua participação no programa de pesquisas interdisciplinares do EOS, com a única proposta de investigação aprovada da América Latina, sobre o "Monitoramento de Longo-Prazo dos Ecossistemas Amazônicos".

---

(\*) Para maiores informações, ver NASA (1990).

Tabela 2.1

Sistemas de Satélites Atuais e Planejados com Capacidade para Medidas do Meio-Ambiente Terrestre (1990 a 2010)

SENSORES									País ou Agência	Sistema de Satélite	ANO									
1	2	3	4	5	6	7	8	9			1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	S	S						S	EUA	Série NOAA	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
						S		S	URSS	Série Cosmos	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
		S		S				S	EUA	Série DMPS	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
S	S	S				S	S	S	ESA	Série ERS	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	S							S	URSS	Série Meteor	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	S			S				S	Japão	Série MOS	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	S							S	China	FY-1b	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
			S					S	EUA	UARS	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
						S		S	Japão	JERS-1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
S									EUA	Seq. Geosat	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	S							S	EUA	Série Landsat	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
								S	França	Série SPOT	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
S		S							EUA/França	TOPEX-Poseid.	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
					S				EUA	SeaWiFS	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
						S			Canadá	Radarsat	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	S					S		S	Japão	ADEOS	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	S			S		S			EUA/Japão	TRMM	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
S	S	S		S	S	S	S	S	ESA	EPOP/POSEID	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
S	S	S		S	S	S	S	S	EUA	NPOP/EOS	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	S		S	S		S			Japão	JPOP/JEOS	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Legenda:  
 1 Altimetro; 2 Imageador no InfraVermelho; 3 Sonar de Onda IV; 4 Sonar de Vento Óptico/IV; 5 Imageador no Microondas; 6 Scanner de Cor de Oceano;  
 7 Radar; Medidor de Espalhamento (Scatterometer); 9 Imageador no Visível

**S** = Sensor disponível no satélite para suporte direto a medidas ambientais da TERRA.

## Comunicações

As telecomunicações foram revolucionadas com a utilização de satélites geoestacionários. As telecomunicações multipropósito estão apenas no início, e as possibilidades de veiculação de informações prometem mudanças fundamentais nas estruturas política, social, econômica e cultural de nossa sociedade, bem como nas relações entre as nações.

Atualmente, as modificações mais sensíveis na área de comunicações por satélite são o crescimento nas taxas de transmissão de dados, e a diminuição do tamanho e o barateamento das estações terrenas. Além disso, outras utilizações da tecnologia espacial começam a adquirir dimensões de porte, como as comunicações móveis em suas diversas formas. Mesmo dentro dos próprios programas espaciais, estão sendo vislumbradas e testadas novas aplicações para os satélites de comunicações, como é o caso de sua utilização como retransmissores de dados e de telecomandos para futuros programas espaciais.

No campo político internacional de telecomunicações, cresce a regionalização de sistemas (ARABSAT, EUTELSAT, ASIASAT, AUSSAT etc.) e surgem os sistemas separados (ORION e PANAMSAT), enquanto as fibras óticas permitem o estabelecimento de sistemas transoceânicos de alta capacidade, que competem com os sistemas satélite.

Sob o ponto de vista comercial, as telecomunicações por satélite são o único exemplo real da obtenção de retornos financeiros a partir da exploração de plataformas espaciais, se considerado todo o processo de desenvolvimento, lançamento e operação em órbita destes sistemas. Além disso, o crescimento do mercado mundial para estes satélites é estimado em 20% (vinte por cento) ao ano.

## Geodésia e Navegação

Atualmente dois sistemas de navegação por satélite encontram-se disponíveis com cobertura global. São o GPS (**Global Positioning System**, dos Estados Unidos) e o GLONASS (**Global Navigation Satellite System**, seu equivalente soviético), que utilizam satélites não-geoestacionários.

A INMARSAT, **International Maritime Satellite Organization**, que usa satélites em órbita geoestacionária, participa também de programas de radiodeterminação por satélite. Em seus estudos e desenvolvimento estão: estabelecimento de serviços de informações de posições, incluindo o acompanhamento automático para cobrir as necessidades aeronáuticas (**Automatic Dependent Surveillance - ADS**); fornecimento de correções diferenciais para o GPS e o GLONASS, bem como informações sobre seus estados e funcionamentos; e a transmissão de sinais de navegação por satélites geoestacionários da INMARSAT, a fim de estender a cobertura dos satélites do GPS e do GLONASS.

A INMARSAT colabora também com outras agências interessadas no âmbito de navegação por satélite, incluindo a Agência Espacial Européia (ESA), o Centro Nacional de Estudos Espaciais (CNES) da França, a Agência Alemã de Investigação Espacial (**Deutsche Forschungsanstalt für Luft und Raumfahrt - DLR**) e **Morsriazputinik** da União Soviética. Estuda ainda um sistema que possibilite o uso conjunto de satélites geoestacionários e de satélites não geoestacionários para atendi-

mento ao nível nacional. O desenvolvimento de equipamentos integrados de comunicação e navegação estão sendo negociados no momento.

A Organização Internacional de Aviação Civil (ICAO - International Civil Aviation Organization) está estudando o Futuro Sistema de Navegação Aeronáutica (FANS - Future Aeronautic Navigation System). Tal estudo definirá como a comunidade aeronáutica irá proceder com relação ao assunto.

Na parte relativa à radiodeterminação por satélite, o sistema norte-americano da Sociedade Geostar Corporation, já em operação, permite o posicionamento de um veículo com precisão de cem metros e a utilização desta informação para navegação. Este sistema utiliza três satélites geoestacionários e tem como referências radiobalistas colocadas em posições previamente conhecidas. O sistema permite também a transmissão de pequenas mensagens. Pode ser usado, por exemplo, para radiolocalização, radionavegação, busca e salvamento, sinalização ferroviária, cartografia e supervisão, e controle.

### **Busca e Salvamento**

Em 1973, sob o patrocínio dos Estados Unidos, Canadá e França, foram iniciados os primeiros estudos de viabilidade de um programa experimental chamado SARSAT, de cunho internacional, destinado a propiciar a detecção e a localização de aeronaves e embarcações em situações de emergência, com o emprego de satélites. Posteriormente associou-se ao programa a União Soviética, que também desenvolvia sistema semelhante chamado COSPAS, passando o novo programa, unificado, a denominar-se COSPAS-SARSAT.

Basicamente, o sistema consiste na existência de satélites em órbita polar, em altitude de 800 e 1.000km, que proporcionam total cobertura mundial. Atuando como relés de comunicações, os satélites recebem sinais emitidos por pequenos transmissores a bordo de aeronaves (ELT) e de embarcações (EPIRB). Recebidos nos satélites, os sinais são retransmitidos para estações terrestres, denominadas Terminais Locais do Usuário (LUT).

Uma vez detectados os sinais de alerta, eles são processados pela LUT, que determina a posição, em coordenadas geográficas, do ELT (Emergency Locator Transmitter), da EPIRB (Emergency Position Indicating Radio Beacon) ou do PLB (Personal Locator Beacon) que os emitiu, transmitindo a informação para um Centro de Controle de Missão (MCC), que aciona os respectivos Órgãos de Busca e Salvamento, da Marinha ou da Aeronáutica.

Embora considerado inicialmente experimental, o COSPAS-SARSAT foi projetado de molde a funcionar operacionalmente, tendo os seis primeiros meses de experiência confirmado sua praticabilidade sob condições reais de funcionamento.

Hoje o programa conta com 4 satélites em órbita: 2 dos EUA e 2 da URSS, todos de órbita polar. Não obstante, está sendo estudada a possibilidade de colocação de **transponders** de busca e salvamento em satélites de órbita geoestacionária.

Da mesma forma, estão em curso estudos que objetivam a adoção de **beacon** pessoal, a ser empregado individualmente, em condições específicas.

Atualmente fazem parte do programa, além dos países que o idealizaram, inúmeros outros, como Noruega, Dinamarca, Suécia, Suíça, Inglaterra, Itália, Índia, Japão etc. O Brasil foi convidado a participar do programa em 1983.

## **2.3. DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA ESPACIAL**

### **2.3.1. Engenharia e Tecnologia Espacial**

Para maior clareza, os programas internacionais de desenvolvimento de Satélites e Plataformas Espaciais serão divididos em: a) Programas de Observação da Terra; b) Programas de Telecomunicações; c) Programas Científicos; d) Programas de Estações Espaciais. A apresentação, tão sucinta quanto possível, se restringirá às principais características desses programas e, eventualmente, apontará algumas de suas tendências em termos de tecnologia.

Contudo, antes de iniciar essa apresentação, cabe ressaltar que atualmente existe um largo espectro de Plataformas Espaciais, com diversos tipos, características e finalidades, de modo que se tornou praticamente impossível a um único país liderar todos os campos de atuação. Mesmo os EUA e a URSS precisam hoje se preocupar em disputar liderança com países como a França, o Japão, a China e a Europa em alguns destes campos. A cooperação internacional tornou-se fundamental e é praticada em todos os tipos de programas.

#### **Programas de Observação da Terra**

Os Programas de Observação da Terra compreendem dois campos principais: a) a observação de mares, oceanos e massas de terra do nosso planeta; b) a observação da atmosfera, que provê as informações meteorológicas. A experiência comprova que os satélites têm dado ao homem contribuição substancial para que ele utilize apropriadamente o meio-ambiente e os recursos naturais existentes.

Atualmente, vários países dispõem de satélites operacionais de sensoriamento remoto, como é o caso dos EUA, França, Índia e URSS. No entanto, além desses, vários outros países estão desenvolvendo e deverão lançar satélites de observação da Terra dentro dos próximos dez anos, como é o caso do Japão, dos países europeus (através da ESA), Alemanha Federal, Canadá e Brasil/China.

De um modo geral, os satélites de observação da Terra são de órbita baixa, polar, e captam as imagens através de câmaras CCDs. No entanto, atualmente está havendo crescente interesse pela utilização de sensores de microondas para alguns tipos de satélites, como é o caso dos satélites meteorológicos e oceanográficos. Desse modo, vários países têm missões de sensoriamento remoto programadas, onde se planeja utilizar sensores de microondas. Esse é o caso dos EUA, Alemanha, Itália, Europa (ESA), Japão e Canadá.

#### **Programas de Comunicações**

Os satélites de telecomunicações operam tradicionalmente em órbita geoestacionária, pode-se dizer que sua tecnologia básica (os **transponders** de telecomunicações e os sistemas de aquisição e estabilização de órbita) está madura. Mesmo assim, o panorama internacional do setor é dinâmico e agitado em virtude da evolução

tecnológica dos sistemas de solo e de novas concepções de redes de satélites de órbita baixa.

A evolução tecnológica vem paulatinamente reduzindo o porte das estações terrenas, diversificando sua utilização e aumentando a capacidade de utilização dos satélites. Ao mesmo tempo, ocorrem aumentos de massa, da potência e das taxas de transmissão de dados por estes satélites. A tecnologia, portanto, como em todos os segmentos das telecomunicações, vem propiciando maior uso, com menores custos.

Além disso, estão sendo propostas novas constelações de pequenos satélites de órbita baixa, de muito menor custo, os quais poderiam substituir várias aplicações dos satélites geoestacionários, com destaque para as comunicações móveis. O sistema proposto mais conhecido é o Iridium-77, da Motorola Inc., que poderia proporcionar serviços de telefonia celular em âmbito mundial.

O panorama internacional é, portanto, passível de mudanças profundas, o que afeta positivamente o segmento de serviços, que vem sofrendo grande evolução, e o segmento industrial, que vem se diversificando enormemente em tecnologia e baixando os preços. Além disto, o caráter comercial do segmento de comunicações torna mais competitiva e rápida a evolução tecnológica destes sistemas.

As telecomunicações por satélite são o único exemplo real da obtenção de retornos financeiros resultantes de atividades comerciais ligadas a produtos e serviços relacionados com o espaço. Além disso, o crescimento de mercado para esses satélites é estimado em 20% (vinte por cento) ao ano.

### **Programas Científicos**

Os programas espaciais científicos voltam-se essencialmente para: observação da nossa galáxia e de outras, exploração do nosso sistema solar, viagens interplanetárias, estudos de cometas, além de estudos da atmosfera terrestre. A ciência espacial tem trazido contribuições importantes ao progresso da ciência em geral e promovido a cooperação pacífica internacional no espaço, como é o caso da missão de encontro com o cometa Halley em 1986.

O grande número de possibilidades de aquisição de dados científicos por meio de programas espaciais permite que sejam realizadas missões com vários graus de complexidade. Algumas dessas missões se compõem basicamente da colocação em órbita baixa de satélites de pequena massa (até 150kg), não estabilizados por eixos e com vida útil não superior a alguns meses. Por outro lado, existem missões muito mais complexas, como por exemplo as das sondas interplanetárias ou a colocação em órbita de telescópios astronômicos, que são equipamentos pesados, de vida útil longa e com sistemas sofisticados e precisos de estabilização de órbita.

As missões científicas, por seu caráter não-sigiloso e pelo interesse mais ou menos geral dos dados obtidos, são freqüentemente realizadas através de programas de cooperação internacional.

### **Programas de Estações Espaciais**

O principal objetivo do Programa de Estações Espaciais é preparar-se, dentro de uma meta de longo prazo, para criar uma capacidade autônoma e permanente que permita manter o homem em órbita, para acoplagens e operações de robótica;

construção, serviços e reparos de facilidades espaciais; e, de um modo geral, para exploração da órbita baixa da Terra, estabelecendo uma infra-estrutura espacial povoada. Atualmente, somente a URSS dispõe de uma estação espacial em operação.

Os programas ocidentais de projeto e desenvolvimento de estações espaciais, pelo seu alto custo e sofisticação da tecnologia utilizada, tanto na montagem como nos sistemas de transporte utilizados, estão sendo realizados sob a forma de programas de cooperação.

Pelas suas características operacionais, as estações espaciais, que são o instrumento mais adequado à realização de experimentos em microgravidade, futuramente deverão permitir o fornecimento regular de produtos fabricados no espaço. Segundo se espera, na fabricação desses produtos encontra-se a outra grande oportunidade comercial de utilização do espaço.

### 2.3.2. Lançadores de Satélite e Foguetes de Sondagem

No âmbito internacional, desde o lançamento e colocação em órbita do SPUTINIK, em 1957, desenvolveu-se uma grande gama de veículos lançadores com desempenhos diversos, que abrangem uma larga faixa de cargas úteis e tipos de missões.

Nos EUA, dadas as dificuldades com o **Space Shuttle**, estão sendo reativados projetos de veículos descartáveis para colocação de satélites no espaço, tais como o TITAN C e o ATLAS II. Outros veículos continuam em operação para lançamento de satélites de menor porte, como é o caso do DELTA, SCOUT etc.

A NASA, junto com empresas americanas, vem trabalhando nos estudos de viabilidade e de engenharia da nave transatmosférica hipersônica, com reutilização total, prevista para entrar em operação no início do próximo século.

Por outro lado, cientistas americanos têm sugerido que a NASA passe a construir e lançar satélites menores e mais baratos. A tendência de colocar uma grande quantidade de instrumentos em uma mesma espaçonave deve ser abandonada, já que uma pane nesta espaçonave pode arruinar todas as experiências previstas. Tudo indica que a tendência comercial no campo de satélites é utilizar microssatélites com tecnologia suficiente para baratear seu custo. Espera-se para breve a construção de satélites de 450kg, que fazem tudo o que um satélite de 9.000kg faz atualmente.

Com o **Space Shuttle** e outros veículos, os EUA possuem uma capacidade de colocação em órbita de até 30.000kg em órbita baixa (SHUTTLE), 5.000kg em órbita geoestacionária (TITAN 34C) e, brevemente, 3.000kg também nesta órbita (ATLAS II-AS).

A Europa, após amargar dois programas fracassados (EUROPA I e II), hoje se posiciona de forma definitiva no mercado internacional como uma grande construtora e operadora de veículos lançadores, através do programa ARIANE e suas instalações na Guiana Francesa - **Centre Spatiale Guyanais (CSG)**.

Dando seqüência a uma série de veículos do tipo ARIANE, encontra-se em operação o ARIANE 4, com possibilidades de se adaptar a 6 diferentes versões, atendendo a colocação de satélites entre 2.000 a 4.000kg em órbita de transferência geoestacionária.

Está em plena fase de desenvolvimento o ARIANE 5, lançador de classe pesado, capaz de colocar em órbita de transferência 6.900kg ou a nave HERMES, tripulada com 3 astronautas, em órbita baixa.

A Europa, através da **European Space Agency (ESA)**, que coordena todo o programa espacial europeu, também está estudando a viabilidade técnica e financeira de naves transatmosféricas completamente reutilizáveis para o próximo século. Duas configurações estão sendo levadas em consideração: a proposta alemã da nave SANGER e a inglesa da nave HOTOL (**Horizontal Take-Off and Landing Vehicle**).

A URSS, deixando de vez a ortodoxia de seu programa de lançadores, colocou recentemente no espaço (sem tripulantes) a nave espacial BURAN (Nevasca), impulsionada pelo lançador superpesado ENERGIA, o mesmo veículo utilizado para colocação da estação orbital MIR no espaço. A URSS mantém um arrojado programa de lançamentos de engenhos espaciais, colocando, em média a cada 3 dias, 1 corpo no espaço. Para esta incrível cadência, ela emprega uma variada gama de lançadores, tais como o pequeno CICLONE, o ZENNITT, o VOSTOK, o PROTON e o superpesado ENERGIA, com capacidade de até 50.000kg em órbita baixa.

Os países mencionados não são os únicos que possuem lançadores. O Japão, a China e a Índia também estão presentes neste domínio. O Japão iniciou seu programa com pequenos lançadores a propelente sólido, comprou a tecnologia do veículo DELTA dos EUA, desenvolvendo a família de lançadores N-I, N-II e H-I. Atualmente, encontra-se em desenvolvimento o H-II para satélites geostacionários de até 2000kg.

A China, com tecnologia adquirida da URSS, desenvolveu a família LONGA MARCHA 1, 2 e 3, tendo a versão 3 capacidade para colocar em órbita geostacionária satélites de até 1300kg. A Índia também já deu importantes passos lançando alguns satélites com seu pequeno lançador.

Para finalizar, é interessante ressaltar que todos os países que já dispõem de lançadores possuem seus próprios centros de lançamentos. Entretanto, a maioria destes países estão situados em paralelos bastante desfavoráveis no que diz respeito a lançamentos espaciais, como é o caso dos EUA, da URSS e da ESA, que se deslocam mais de 12.000km do seu centro industrial para vir lançar seus engenhos na Guiana Francesa. Acredita-se que uma base brasileira poderia servir a países que não dispõem de pontos de lançamento geograficamente privilegiados como a Costa Norte do Brasil.

## SITUAÇÃO ATUAL

## 3.1. CIÊNCIAS E APLICAÇÕES ESPACIAIS

As atividades de pesquisa na área de Ciências Espaciais e Atmosféricas tiveram seu início no País com a criação da CNAE, em 1961, e representaram os primeiros esforços do Brasil no setor espacial. Desde então, esta área tem tido relevância e destaque na definição da competência nacional dentro das atividades espaciais. Experiências científicas neste campo têm sido realizadas pelo INPE, UNICAMP, USP, UNESP e Universidade Mackenzie, tanto por iniciativa brasileira como através de acordos de cooperação internacional, e têm sido reconhecidas, nacional e internacionalmente, pela sua importância no conjunto das pesquisas espaciais.

As principais pesquisas realizadas em Ciências Espaciais e Atmosféricas, fundamentais ou aplicadas, visam um maior conhecimento científico dos fenômenos físicos e químicos que ocorrem na atmosfera e no espaço. Os resultados científicos destas pesquisas, de caráter tanto experimental como teórico, são divulgados através de congressos, simpósios e publicações em periódicos nacionais e internacionais. Os projetos de pesquisa, de um modo geral, são de porte relativamente pequeno, cada um deles com sua própria relevância e mérito científico. A atuação brasileira em pesquisas espaciais assenta-se hoje nas seguintes principais modalidades de atividades:

- A. realização de pesquisas fundamentais e aplicadas em: física da alta atmosfera e da ionosfera; radiação cósmica na atmosfera terrestre; astrofísica fundamental, de alta energia e radioastronomia; geomagnetismo, geofísica nuclear, magnetosferas e química da média e baixa atmosfera;
- B. desenvolvimento, construção, qualificação e lançamento de cargas úteis científicas (sensores) a bordo de balões estratosféricos e de foguetes de sondagem atmosférica;
- C. desenvolvimento de instrumentação para observações e de laboratório;
- D. estabelecimento e manutenção de laboratórios, observatórios e outras facilidades de apoio à P&D;
- E. realização de acordos de cooperação internacional para desenvolver pesquisas conjuntas na área de Ciências Espaciais e Atmosféricas;
- F. formação de recursos humanos qualificados dentro e fora do País.

Para a obtenção dos dados necessários às pesquisas, a área de Ciências Espaciais e Atmosféricas dispõe de laboratórios para desenvolvimento do instrumental necessário e construção de cargas úteis para balões estratosféricos e foguetes de sondagem, centro lançamento de balões estratosféricos, estações de sondagem ionosférica por ondas de rádio, observatórios de luminescência atmosférica, estações de medidas geomagnéticas, equipamento de radar de laser, estações para medidas de ozônio e radônio atmosférico, radiobservatório para estudos astrofísicos, estações de recepção de dados de satélites e sistemas computacionais de tratamento de dados. São também realizadas pesquisas que utilizam medidas efetuadas a bordo de satélites estrangeiros, os quais são colocadas à disposição do País através de acordos de cooperação internacio-

nal. Uma reivindicação antiga da comunidade científica é o lançamento de satélites científicos próprios.

O INPE possui instalações para a realização destas pesquisas em São José dos Campos (SP), onde se concentra a maior parte de seus pesquisadores, em Cachoeira Paulista (SP), em Fortaleza (CE) e em Natal (RN). As experiências com foguetes de sondagem são realizadas a partir do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), em Natal (RN), e do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), no Maranhão, em colaboração com o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), do Centro Técnico Aeroespacial (CTA). As pesquisas na área têm sido estendidas ao Continente Antártico através de várias expedições à Estação Antártica Brasileira "Comandante Ferraz", como apoio ao Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR). Têm sido também realizadas medidas de ozônio atmosférico em Manaus (AM), na estação de Cuiabá (MT) e em Belém (PA). Campanhas de medidas geofísicas e/ou astrofísicas têm ainda sido realizadas em várias partes do território nacional e do exterior.

O radiobservatório de Atibaia (SP) era operado pelo INPE, em convênio com a U. Mackenzie, até maio de 1989. Atualmente ele faz parte do Centro de Radioastronomia e Aplicações Espaciais (CRAAE), criado através de convênio estabelecido entre a Universidade de São Paulo (USP), o INPE, a U. Mackenzie e a Universidade de Campinas (UNICAMP), com sede em São Paulo (SP).

A UNICAMP possui instalações em Campinas (SP), onde se concentra a quase totalidade das suas pesquisas. O seu Centro de Balões Estratosféricos dedica-se ao lançamento de balões e à construção dos equipamentos e cargas úteis correspondentes. Para lançamento de grandes balões, utiliza o campus da UNESP em Bauru (SP). Tem realizado também medidas de raios cósmicos na Antártica (PROANTAR).

## **3.2. APLICAÇÕES ESPACIAIS**

### **3.2.1. Sensoriamento Remoto**

A utilização efetiva da tecnologia de sensoriamento remoto fundamenta-se, principalmente, no desenvolvimento de pesquisas e metodologias que visam a análise e a extração de informações contidas em dados adquiridos por sistemas sensores colocados em plataformas aéreas e orbitais. Estas informações dão subsídios à solução de problemas relacionados com a caracterização de feições da superfície da Terra e mapeamentos temáticos, estudos de transformações dessa superfície, estimativa de variáveis ambientais para quantificação de recursos renováveis e não-renováveis, e estudos integrados.

As características do Brasil, entre as quais se destacam o grande território e a distribuição irregular da população, concentrada na faixa litorânea e no centro sul do País, o que deixa grandes vazios no interior, tornam o sensoriamento remoto uma ferramenta especialmente adequada à obtenção e ao monitoramento de dados sobre seus recursos naturais. As aplicações ocorrem nas mais diversas áreas, tais como: Agricultura, Geologia, Floresta, Meio Ambiente, Cartografia, Solos etc. A estas áreas soma-se a de Monitoramento do Uso da Terra, de importância estratégica para o País, principalmente se forem consideradas as mudanças que deverão ocorrer na região do Brasil Central, na década de 90.

A primeira grande aplicação do Sensoriamento Remoto no País foi o Projeto de Sensoriamento Remoto por Satélite (Projeto ERTS), realizado pelo INPE no início da década de setenta, juntamente com o Projeto RADAMBRASIL. Em vinte anos, estabeleceu-se uma comunidade multidisciplinar de usuários nos mais diversos setores do País: ministérios, autarquias, empresas, universidades, entre outros. Uma grande parte destes usuários já utiliza dados de sensoriamento remoto rotineiramente. Os programas de treinamento e educação (pós-graduação) já atingiram, nos últimos vinte anos, a casa do milhar em número de profissionais treinados. Existe hoje, portanto, uma comunidade de usuários capacitada.

O Brasil trabalha hoje com imagens recebidas de satélites internacionais (LANDSAT e NOAA dos Estados Unidos, SPOT da França) e irá dispor, a médio prazo, das imagens dos satélites de sensoriamento remoto da MECB e dos satélites do programa sino-brasileiro CBERS (vide Seção 3.3.1). Esses satélites, que produzem informações com características complementares de resolução e repetitividade, permitirão um acervo de informações bastante satisfatório para grande parte das aplicações vislumbradas no País ao longo desta década.

Há ainda grande expectativa quanto aos novos satélites com imageamento por microondas em desenvolvimento nos países avançados, não influenciados pela cobertura de nuvens, os quais devem fornecer novos tipos de informações. O primeiro destes satélites, o ERS-1 da agência européia ESA, foi lançado em julho de 1991, e o Brasil, através do INPE, prepara-se para começar a receber e processar esses novos dados. Entretanto, para que o País venha a se beneficiar plenamente desses avanços tecnológicos, deverão ser despendidos esforços de capacitação no tratamento e interpretação dessas novas informações, além de buscar maior agilização das atividades de distribuição dessas informações à comunidade usuária.

### 3.2.2. Meteorologia e Oceanografia

Os fenômenos atmosféricos e oceânicos se caracterizam pela globalidade e abrangem grandes porções do Planeta, o que torna os satélites instrumentos especialmente adequados à sua observação. Desta forma, há cerca de vinte anos observa-se crescente utilização de informações propiciadas por satélites nas áreas de Meteorologia e Oceanografia.

O modelo escolhido para o Sistema Nacional de Meteorologia baseou-se em experiências similares bem sucedidas, notadamente nos EUA e na Europa, com a característica peculiar de uma acentuada dependência do uso de satélites. Isto decorre das situações geográfica e demográfica do Brasil e da América do Sul: grandes espaços continentais com baixas taxas de ocupação, ladeados por vastidões oceânicas, que resultaram em acentuada carência de dados ambientais convencionalmente coletados. Assim, tenta-se contornar a deficiência de dados por meio de solução atualizada e intensiva em tecnologia. Incorre-se, entretanto, em marcada dependência externa, em área cada vez mais estratégica.

Os principais benefícios esperados da plena operação do Sistema estendem-se à agricultura e comercialização de produtos agrícolas; à geração de energia; aos transportes; à defesa civil; aos usos do mar; à defesa militar; aos compromissos internacionais; ao turismo e lazer. Informações meteorológicas já são fornecidas para várias dessas aplicações, mas certamente não com qualidade e precisão compatíveis com a produção e com as condições sócio-econômicas do País.

Os satélites revolucionaram as ciências ambientais e suas aplicações, gerando total dependência do seu uso, o que normalmente é facilitado através da difusão de dados por programas internacionais, regra que hoje favorece o Brasil. Contudo, após quase três décadas, parece definir-se uma tendência de comercialização dos dados, hoje supridos graciosamente, ou a sua simples indisponibilidade em situações especiais (condições atmosféricas severas para o país operador do satélite, conflitos militares etc.).

### 3.2.3. Comunicações

O Brasil ingressou nas telecomunicações espaciais em fevereiro de 1969, quando se filiou ao sistema de comunicações internacionais via satélite da INTELSAT. Em 1974, as necessidades internas de comunicações levaram ao uso de transponders de satélites INTELSAT para comunicações nacionais.

O crescimento da demanda aliado à versatilidade dos sistemas satélite para um país das dimensões do Brasil justificaram economicamente o lançamento, em 1985 e 1986, dos dois primeiros satélites domésticos: BRASILSAT I e II, adquiridos no exterior. Os satélites de nova geração, BRASILSAT III e IV, estão agora sendo adquiridos e deverão ser lançados entre 1993 e 1995. Representam um investimento de monta (pelo menos 200 MUSD (\*) a cada 10 anos), que, mediante uma política coerente de capacitação tecnológica, poderá no futuro ser substancialmente canalizado para a indústria nacional.

Com os satélites, a radiodifusão (especialmente a televisão) atingiu todo o interior do País: hoje os satélites servem a mais de 700 retransmissoras e a dezenas de milhares de receptores diretos. Os serviços públicos de telecomunicações não mais conhecem barreiras naturais. Grandes redes privadas de dados, principalmente dos bancos, para as quais estão sendo implantadas mais de duas mil estações, começam a se desenvolver. A hipótese de que um grande usuário ou grupo de usuários possam implantar seu próprio sistema de satélite para comunicações privadas, incluindo a repetição de televisão, já começa a ser discutida. Uma indústria de segmento de solo (estações terrenas) está surgindo no Brasil, e as perspectivas de evolução abrem possibilidades ainda maiores em vários outros campos, tais como no campo militar, de segurança pública, de comunicações rurais, de serviços móveis, de informações meteorológicas, da educação, da saúde, de busca e salvamento, e de auxílio em grandes catástrofes.

Em termos de desenvolvimento de tecnologia espacial, acredita-se que a melhor e mais segura maneira de realizá-lo seja através da participação privada. Ao Governo caberia basicamente estimular o desenvolvimento de competência básica e condições de mercado, inclusive no âmbito externo. Esta política maximiza os ganhos industriais, econômicos e sociais do desenvolvimento das tecnologias, além de contribuir para a soberania nacional.

Contudo, em termos práticos, embora tenham sido conseguidos resultados na transferência de tecnologias para estações terrenas, o desenvolvimento de tecnologias para satélites de comunicações pouco ou quase nada evoluiu no País. Por outro lado, por ocasião da aquisição dos satélites BRASILSAT I e II, exigiu-se que houvesse participação nacional na construção, integração e testes dos satélites. Repetida no se-

---

(\*) A notação MUSD é usada neste documento para representar "milhões de dólares americanos de 1991".

gundo contrato, esta exigência poderá agora produzir seus primeiros efeitos, ainda que a participação prevista seja pequena.

Acredita-se também que a maior liberação de serviços "não-públicos" e de equipamentos terminais seja instrumento indispensável para a evolução tecnológica de estações terrenas. A descentralização do desenvolvimento de estações terminais deverá, a médio prazo, aumentar a oferta e reduzir seu custo, levando ao aumento de demanda. Faz-se também necessário estabelecer as condições para que se desenvolvam novos serviços que gerem oferta e demanda de bens e serviços de tecnologia espacial.

#### **3.2.4. Geodésia e Navegação**

Tanto a área de Geodésia e Navegação como a de Busca e Salvamento são novas áreas de aplicação da tecnologia espacial, as quais, embora ainda não tenham atingido a consolidação das áreas anteriormente abordadas, já mereceram a atenção da comunidade brasileira e algum investimento, em anos recentes, para a implantação de facilidades e serviços.

Os sistemas de Geodésia e Navegação por satélite permitem a localização de um ponto na superfície terrestre, em três dimensões e com grande precisão, e a determinação da posição e do rumo de um veículo. Caracterizam-se, assim, por ser de grande valor potencial para um país com as dimensões territoriais e a extensão costeira do Brasil. O segmento usuário a se beneficiar dessas aplicações inclui prospecção e produção de petróleo e outros minerais, cartografia sistemática e temática, mapeamento, navegação aérea e marítima, e acompanhamento de veículos e comboios.

Atualmente o Brasil faz uso limitado dos recursos espaciais relativos a Geodésia e Navegação disponíveis internacionalmente. Pode-se citar, por exemplo, a utilização do satélite NAVSTAR, do Global Positioning System (GPS, americano), pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para definição da chamada rede geodésica fundamental, ou, ainda, para o posicionamento em levantamento de dados oceânicos. Os usuários deste sistema têm se valido de receptores individuais oferecidos comercialmente no mercado internacional, o que permite apenas a obtenção de dados com precisão de metros, insuficiente para algumas aplicações. O uso do sistema com a precisão máxima que ele pode oferecer (da ordem de centímetros) exigiria a implantação de uma rede de apoio em terra.

No caso da radionavegação, o GPS e o Global Navigation Satellite System (GLONASS, soviético) poderão ser usados futuramente. Em radiodeterminação por satélite, está sendo estudada a possibilidade do uso do sistema da Geostar Corporation (GEOSTAR, americana). Na área de Geodésia Espacial, o INPE, a USP, a U. Mackenzie e a UNICAMP vêm desenvolvendo trabalhos exploratórios.

#### **3.2.5. Busca e Salvamento**

O programa internacional de satélites para Busca e Salvamento (COSPAS-SARSAT), instituído inicialmente em caráter experimental, proporciona total cobertura mundial e permite a localização praticamente imediata de aeronaves e embarcações acidentadas e/ou perdidas. O ingresso efetivo do Brasil no programa deu-se a partir de maio de 1988, após a instalação no INPE (Cachoeira Paulista) de terminal doado pelo governo canadense. Teve início então uma fase experimental de 18 meses, que concluiu pela conveniência da participação brasileira no programa em caráter ope-

racional. Esta participação foi aprovada recentemente pelo Congresso Nacional, e o Ministério da Aeronáutica assumiu a responsabilidade pela operação do sistema no Brasil. Entretanto, para possibilitar total cobertura do território nacional e da faixa marítima, é necessário instalar mais dois terminais (norte e nordeste).

### 3.3. ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAL

#### 3.3.1. Satélites e Plataformas Espaciais

A apresentação das áreas de aplicações espaciais mostra claramente que o País, por motivos diversos, anseia e, em alguns casos, necessita de satélites artificiais de vários tipos. Se o País almeja alguma independência na produção destes sistemas, ele deverá empreender esforços para o seu desenvolvimento, de forma autônoma ou em cooperação com outros países.

Vários fatores, além de maior soberania na utilização dos satélites, mostram a conveniência de se realizarem esforços para o seu desenvolvimento. Entre eles destacam-se a economia de divisas e a geração de empregos com a substituição de importações; maior independência tecnológica do País; e a obtenção de benefícios econômicos indiretos (tecnológicos, comerciais, sobre organização e métodos e sobre a mão-de-obra) pelas empresas envolvidas. Além disso, se conduzido dentro de um modelo de forte participação industrial, o desenvolvimento de satélites leva ao domínio de procedimentos de fabricação modernos e sofisticados que extravasam para diversas áreas das empresas envolvidas, as quais podem impulsionar outras linhas de produtos.

Em parte, como decorrência das considerações acima, o Brasil se engajou em dois grandes projetos de desenvolvimento de satélites para observação e monitoramento dos recursos naturais e do meio ambiente: a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) e o Programa Sino-Brasileiro para o desenvolvimento de satélites de observação da Terra (China-Brazil Earth Resources Satellite - CBERS).

#### Missão Espacial Completa Brasileira (MECB)

A MECB prevê a construção de dois satélites de Coleta de Dados (SCD) e de dois de Sensoriamento Remoto (SSR), cabendo ao INPE o seu projeto, desenvolvimento e operação em órbita. As principais características dos satélites da MECB são apresentadas no Tabela 3.1.

**Tabela 3.1**

#### Principais Características dos Satélites da MECB

Características	SCD1 e SCD2	SSR1 e SSR2
Pequeno Porte	115kg	200kg
Órbitas Baixas	750km	642km
Complexidade	pequena	média
Vida Útil	1 e 2 anos	2 anos
Previsão de Lançamento	1992 e 1993	1995 e 1996
Carga Útil	"Transponder" de Coleta de Dados	Câmara Imageadora CCD, com resolução espacial de 200m

O modelo de vôo do SCD1 está concluído, e a realização dos testes finais depende apenas da decisão de qual será o lançador. O SCD2 deverá conter tanto equipamentos que são reproduções dos contidos no SCD1, que já estão em fase de fabricação, como outros que serão nacionalizados, dos quais estão sendo confeccionados os modelos de engenharia e qualificação, que precedem os modelos de vôo.

Quanto aos satélites de sensoriamento remoto, as especificações de praticamente todos os subsistemas já estão definidas; no caso de diversos deles, já foi iniciada a confecção dos modelos de laboratório e engenharia.

### **Programa Sino-Brasileiro (CBERS)**

O Programa CBERS, resultante de um acordo assinado com a China em 1988, prevê o desenvolvimento conjunto de dois satélites de 1400kg para sensoriamento remoto de recursos terrestres. Os dois satélites terão características de desempenho semelhantes às dos atuais LANDSAT e SPOT: vida útil esperada de 2 anos; altitude de órbita de 778km; cobertura global em 26 dias; imageamento em 9 faixas espectrais, com resolução espacial máxima de 20 metros.

Pelo acordo, o Brasil é responsável por cerca de 30% do satélite. Além de participar com 30% de todas as atividades do segmento espacial, como gerenciamento, engenharia, integração e testes dos satélites completos, o INPE é responsável por vários subsistemas, como estrutura mecânica, suprimento de energia elétrica, imageador grande-angular e telecomunicações de serviço na banda S. Através de subcontratos, o INPE é ainda responsável por vários equipamentos de outros subsistemas, entre os quais os computadores de bordo.

O Programa CBERS entrou em sua Fase C (desenvolvimento e construção de modelos de engenharia e qualificação dos satélites em todos os níveis) no final de 1990.

### **Síntese dos Resultados Alcançados**

Através do desenvolvimento já realizado na MECB, o INPE capacitou-se para especificar, projetar, fabricar, integrar e testar satélites de pequeno porte estabilizados por rotação e seus subsistemas. Capacitou-se ainda para o gerenciamento técnico, administrativo e da qualidade do produto final de projetos de grande porte. Essa capacitação tecnológica tem sido repassada a outras instituições ou empresas participantes da MECB e CBERS.

O desenvolvimento e a operação de satélites necessita de uma infra-estrutura que envolva laboratórios de integração e testes, centro de controle, estações terrenas de rastreamento e controle, rede de comunicação, laboratórios de desenvolvimento. Grande parte dessa infra-estrutura já foi instalada e encontra-se em fase operacional.

O envolvimento industrial, previsto entre os objetivos da MECB, tem sido feito de maneira gradativa, limitado pelos recursos orçamentários disponíveis. No SCD1 ela foi da ordem de 10%, devendo passar a 20% no SCD2. Nos satélites de sensoriamento remoto, a participação da indústria deverá ser da ordem de 45% no SSR1, e o SSR2 poderá vir a ser integralmente contratado à indústria. Quanto ao programa CBERS, todos os subsistemas sob responsabilidade do Brasil deverão ser desenvolvidos e fabricados pela indústria, e as concorrências públicas para a efetivação das contratações já foram realizadas.

### 3.3.2. Lançadores de Satélites e Foguetes de Sondagem

Nas atividades espaciais, a colocação em órbita de satélites ou instrumentos científicos para pesquisas é feita através dos chamados veículos lançadores ou, simplesmente, lançadores. Como os lançadores são imprescindíveis para a concretização dos objetivos dos programas espaciais, somente os países que dominam tecnologias para a sua produção e operação têm soberania na escolha de suas missões e, por conseguinte, estão em condições de pleitear uma posição mais vantajosa em negociações para uso prático do espaço.

Pela sua complexidade e pelas condições extremamente rigorosas a que são submetidos, a construção e operação de lançadores envolvem materiais, componentes e equipamentos complexos, além de recursos humanos altamente qualificados. Como no caso dos satélites, o envolvimento industrial nestas atividades pode trazer benefícios significativos para o País.

O programa de lançadores nacionais começou em 1965, com o desenvolvimento das séries SONDA de foguetes de sondagem. Desde então vêm sendo desenvolvidos foguetes de complexidade e sofisticação crescente, como mostra a Tabela 3.2, as quais atualmente satisfazem as necessidades de lançamento de cargas úteis para pesquisas da atmosfera. Deve-se ressaltar que o SONDA IV já foi especificado com o objetivo de dominar as tecnologias imprescindíveis para o desenvolvimento de um lançador para satélites.

Tabela 3.2

#### Principais Características dos Foguetes de Sondagem

Características	Sonda I	Sonda II	Sonda III	Sonda IV
Número de Estágios	02	01	02	02
Diâmetro (maior) (cm)	12,7	30,0	55,7	100,8
Comprimento Total (m)	3,1	4,1	8,0	11,0
Carga Útil Típica (kg)	4,2	40,0	60,0	500,0
Apogeu Associado à Carga Útil Típica (km)	65,0	80,0	600,0	700,0
Massa na Decolagem (kg)	59,0	360,0	1580,0	7270,0
Características quanto ao Controle	Balístico	Balístico	Balístico	Pilotado
Número de Lançamentos	226	54	23	04
Estado Atual	Não-Operacional	Operacional	Operacional	Qualificação

O Veículo Lançador de Satélites (VLS) em desenvolvimento no âmbito da MECB deverá ser capaz de colocar os satélites de Coleta de Dados, com massa de 115kg, em órbitas circulares, quase equatoriais, de aproximadamente 750km; e os Satélites de Sensoriamento Remoto, de massa aproximada de 200kg, em órbitas circulares, quase polares, a cerca de 650 km de altitude. O VLS deverá utilizar 4 estágios, todos a propelente sólido e com 1.000mm de diâmetro cada um. Na decolagem, ele terá cerca de 52.000kg e 18m de comprimento. O desenvolvimento do VLS poderá estar concluído até 1995, se o aporte de recursos financeiros ocorrer nos moldes adequados.

O desenvolvimento e operação do VLS exigiram um programa adicional de capacitação que envolve tanto recursos humanos como infra-estrutura; abrange gerenciamento de grandes projetos, mecânica de vôo, propulsão de foguetes, estruturas metálicas, estruturas em materiais compostos, aerodinâmica, instrumentação e controle, química de propelentes, proteções térmicas, fabricação com alto grau de qualidade, e ensaios.

A recente tendência comercial de utilização de pequenos satélites em órbita baixa, em substituição aos grandes satélites geoestacionários, aumenta a possibilidade de emprego do VLS, o que sugere a possibilidade, até agora não cogitada, de retorno sobre os investimentos.

### **3.3.3. Infra-estrutura de Apoio Operacional**

Infra-estrutura de apoio operacional, neste documento, são as instalações de solo necessárias para que se possam executar missões de lançamento de cargas úteis ao espaço; acompanhar e controlar missões; transmitir, receber, processar e disseminar dados de missões nacionais ou estrangeiras.

#### **Campos de Lançamento**

Em 1965 foi implantado em Natal (RN) o Centro de Lançamentos da Barreira do Inferno (CLBI), dedicado principalmente ao lançamento de foguetes de sondagem. Com a decisão de realizar a MECB, constatou-se a necessidade de um outro centro de lançamento, uma vez que o CLBI não comportaria as exigências do novo programa, e sua expansão tornou-se inviável. Daí surgiu o projeto do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), ora em implantação. No CLA serão instaladas três plataformas destinadas, respectivamente, aos artefatos da classe SONDA, da classe VLS (Veículo Lançador de Satélites) e da classe Universal, de uso geral.

A localização do CLA é bastante favorável, e a economia de combustíveis proporcionada pela sua proximidade do equador leva a uma possível abertura comercial a outros países, com possibilidade de retorno sobre os investimentos. É importante ressaltar que já se constatam benefícios sociais resultantes do programa para a região de Alcântara e mesmo para São Luís.

#### **Sistema de Rastreo e Controle de Satélites**

O Sistema de Rastreo e Controle de Satélites (SRCS) é um conjunto de meios e instalações de solo que permitem o controle de satélites em órbita, bem como a recepção de dados de sua carga útil, quando necessário.

A concepção e o desenvolvimento de um SRCS no Brasil começaram juntamente com a MECB, em 1979. O sistema atual é constituído por um Centro de Controle de Satélites (CCS), pela Estação Terrena de Cuiabá e pela Estação Terrena de Alcântara, que são conectados por uma Rede de Comunicação de Dados (RECDAS), bem como por linhas telefônicas, telex e telefax. A integração de todo o sistema, incluindo o software de rastreo e controle, deverá estar concluída ainda em 1992. Com relação ao CBERS, os satélites do Programa deverão ser controlados simultaneamente pelo SRCS e pelo centro de controle chinês.

### **Sistema de Recepção, Processamento e Disseminação de Dados de Satélites**

Este sistema é composto de unidades, genericamente denominadas CENTROS, dedicadas à recepção, ao processamento e à disseminação de dados de satélites à comunidade usuária. Específicos de uma família de satélites, exigem equipamentos próprios para cada uma delas, mesmo que algumas facilidades sejam compartilhadas.

Até hoje, os Centros implantados no Brasil trabalharam apenas com satélites estrangeiros. Com a MECB, foi concebido e iniciado o desenvolvimento, utilizando apenas tecnologia nacional, do primeiro centro de processamento e disseminação de dados de plataformas remotas de coleta de dados ambientais. Este sistema, que deverá entrar em operação até o final de 1992, deverá trabalhar com o sistema francês ARGOS de coleta de dados. Atualmente capacitado a conceber, desenvolver e integrar centros desta natureza para satélites que utilizam sensores óticos, o Brasil está procurando se capacitar para a utilização de sensores ativos de microondas.

### **Centros de Lançamento de Balões Estratosféricos**

No Brasil, os Centros de Lançamento de Balões do INPE e da UNICAMP possuem estrutura e capacitação técnica para lançamento, rastreamento e resgate de experimentos científicos a bordo de balões estratosféricos. O CLB do INPE, com condições de lançar balões de até 600.000m<sup>3</sup>, transportando experimentos de até 1.000kg, já se prepara para lançar balões com experimentos de 1.500kg ainda em 1992 (existem países que lançam experimentos de até 3.000kg). O INPE também está desenvolvendo dispositivos para melhorar a segurança e a telemetria de seus vôos. A UNICAMP lança experimentos de até 700kg em balões de até 200.000m<sup>3</sup>, além de lançar semanalmente balões de pequeno volume para estudo da radiação solar.

### **Usina de Propelentes**

O desenvolvimento de propelentes sólidos no Brasil foi iniciado pelo CTA, junto com o desenvolvimento do Sonda II, quando foi construída uma Usina Piloto para desenvolvimento de propelentes. Essa usina seria posteriormente ampliada para atender o projeto do Sonda III. Para o atendimento das necessidades do Sonda IV, foi necessária a construção de uma nova unidade, a Usina Coronel Abner (UCA), que entrou em operação em 1983, com todos os equipamentos fabricados no País. Sua implantação está ocorrendo por fases, em virtude da evolução do programa de lançadores.

### **3.3.4. Infra-estrutura de Apoio a Pesquisa e Desenvolvimento**

A consecução dos objetivos de desenvolvimento e capacitação tecnológica na área espacial exige o apoio de sofisticadas infra-estruturas laboratoriais. Isto levou a que se implantassem no País, especialmente no âmbito da MECB, alguns laboratórios voltados às necessidades de pesquisa e desenvolvimento de característica espacial.

#### **Laboratório de Integração e Testes**

Inaugurado em 1986, o Laboratório de Integração e Testes (LIT) do INPE, concebido e implantado para atender a MECB, é capaz de executar e analisar testes em todos os níveis, desde os componentes até os satélites integrados. O LIT deve avaliar e garantir as especificações dos satélites e, com isto, corrigir e realimentar todo

o processo de seu desenvolvimento. Este processo interativo é um dos fatores que garante a capacitação tecnológica da indústria para participar dos Programas.

O LIT ocupa uma área construída total de 10.000m<sup>2</sup>, onde se encontram instalados equipamentos avaliados em cerca de 18 MUSD. Com 24.000m<sup>3</sup> de áreas limpas (classes 100.000 e 10.000), dispõe entre seus principais meios de teste de 4 câmaras de termovácuo; câmara de vácuo para propulsores de hidrazina; 3 câmaras climáticas; 3 sistemas de vibração; 3 câmaras blindadas, das quais uma é anecóica (EMI/EMC); conjunto de equipamentos para medidas físicas; banco de testes de satélites; campo de medidas de antenas; sistemas de comando, controle, aquisição e processamento de todos os sistemas; laboratórios de apoio.

Além de atender às necessidades do Programa Espacial Brasileiro, o LIT vem prestando serviços à comunidade industrial.

### **Centro de Tecnologias Associadas**

O INPE mantém quatro laboratórios onde se desenvolvem pesquisas aplicadas voltadas às necessidades futuras do programa espacial brasileiro e ao apoio específico a projetos espaciais em andamento. Estes laboratórios, denominados Laboratórios Associados, estão congregados no Centro de Tecnologias Associadas.

O Laboratório Associado de Sensores e Materiais (LAS) realiza pesquisas em Física dos Materiais e Dispositivos, principalmente semicondutores, e se situa entre os melhores grupos de pesquisa do País na área. Suas atividades se concentram em: detectores de radiação infravermelha e lasers; sensores ambientais e de radiação; células solares para uso espacial; física de dispositivos semicondutores; óptica aplicada; materiais orgânicos.

As atividades do Laboratório Associado de Plasma (LAP) dividem-se em três linhas de pesquisa e desenvolvimento: Física de Plasmas, Tecnologia de Plasmas e Fusão Termonuclear Controlada. Em tecnologia de Plasmas são desenvolvidos processos e instrumentos de aplicação prática, tais como propulsores eletrostáticos para controle de atitude de satélites e fontes de radiação milimétrica de alta potência (para utilização no aquecimento de plasmas termonucleares), com possíveis aplicações em sistemas avançados de radar e telecomunicações.

O Laboratório Associado de Combustão e Propulsão (LCP), instalado em Cachoeira Paulista, está engajado na execução de projetos e atividades que abrangem basicamente: pesquisa e desenvolvimento de Sistemas Propulsivos a Bipropelentes Líquidos; desenvolvimento de propelentes líquidos; desenvolvimento de catalisadores; pesquisa de combustores pulsantes; e desenvolvimento de combustores e queimadores industriais. O desenvolvimento de catalisadores e propelentes líquidos tem como motivação principal a independência tecnológica na área de sistemas propulsivos a monopropelentes. Tais sistemas, atualmente em testes, irão equipar o terceiro e quarto satélites da MECB.

O Laboratório Associado de Computação e Matemática (LAC) proporciona apoio de Informática e Modelagem Matemática aos Programas. Realiza, ainda, pesquisa básica e aplicada, atuando nas seguintes linhas de pesquisa: Inteligência Artificial e Algoritmos; Pesquisa Operacional; Engenharia de Software e Computação Gráfica; Modelagem Matemática.

### **Túneis Aerodinâmicos**

O Brasil dispõe hoje de um único Túnel Aerodinâmico capaz de realizar ensaios de desenvolvimento de projetos. Este túnel subsônico, localizado no CTA em São José dos Campos, esteve em operação em 85,3% do seu tempo no período de janeiro de 79 a junho de 89. A quase totalidade de seu uso ocorre na realização de ensaios aeronáuticos e espaciais. A necessidade de desenvolvimento de veículos aeroespaciais que alcancem velocidades transônicas (em torno de 1200km/h) ou supersônicas (entre 1200 e 4800km/h) requer a implantação de um novo conjunto de túneis de vento.

### O PLANO NACIONAL DE ATIVIDADES ESPACIAIS 1993-2005

#### 4.1. CIÊNCIAS ESPACIAIS E ATMOSFÉRICAS

As atividades em Ciências Espaciais e Atmosféricas deverão ter sua continuidade assegurada através da realização de projetos nas várias modalidades de pesquisa usualmente realizadas na área. Para que a área consiga se desenvolver e progredir de forma adequada, estes projetos devem estar em coerência com o avanço do País e com a evolução do quadro internacional. O conjunto de atividades e projetos propostos pela área para o período de 1993-2005 visam atingir os seguintes objetivos principais:

- manter pesquisas científicas na fronteira do conhecimento na área espacial e ampliar os acordos de cooperação internacional que permitam o desenvolvimento da área no País;
- contribuir efetivamente para o monitoramento da Região Amazônica e para o conhecimento dos vários processos físicos e químicos que ali ocorrem, de sua influência na atmosfera regional e global, e de suas implicações de ordem ambiental, social e econômica para o País;
- apoiar o Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR);
- aproveitar o fato de o equador magnético cruzar toda a extensão leste-oeste do Território Nacional e realizar medidas e estudos relativos ao eletrojato equatorial, aos campos elétricos ionosféricos e aos processos de dinâmica e irregularidades de plasma na ionosfera equatorial e de baixas latitudes;
- aproveitar a existência da Anomalia Geomagnética do Atlântico Sul, que cobre parte do Território Nacional, e realizar estudos sobre precipitação de partículas energéticas nesta região e seus efeitos aeronômicos.

Destacam-se também como prioridades da área, além da realização de pesquisas, o Programa Amazônia, o desenvolvimento de sensores para veículos espaciais e o desenvolvimento de satélites científicos. O desenvolvimento destes satélites é de fundamental importância para a manutenção de pesquisas de ponta em Aeronomia, Geofísica Espacial e Astrofísica. Cabe ressaltar que os grupos atuantes nestes campos de pesquisa têm experiência no desenvolvimento, construção e testes de instrumentação científica lançada a bordo de balões, foguetes e satélites de outros países, o que deverá contribuir favoravelmente para o desenvolvimento dos experimentos para os satélites científicos brasileiros.

A Tabela 4.1 resume o cronograma de recursos necessários para a realização do elenco de atividades e projetos propostos.

Tabela 4.1

**Programa de Ciências Espaciais e Atmosféricas**  
- Resumo dos Recursos Necessários (MUSD) -

<b>Subprogramas</b>	<b>1993-1995</b>	<b>1996-2005</b>	<b>Total</b>
A. Pesquisa Fundamental e Aplicada	30,2	69,5	99,7
B. Desenvolvimento, Construção, Qualificação e Lançamento de Cargas Úteis Científicas	20,0	14,0	34,0
C. Desenvolvimento de Instrumentação	12,2	36,7	48,9
D. Estabelecimento e Manutenção de Laboratórios, Observatórios etc.	4,63	36,6	82,9
E. Acordos de Cooperação Internacional	3,0	9,0	12,0
F. Formação de Recursos Humanos Qualificados	3,0	9,0	12,0
G. Desenvolvimento de Satélites Científicos (1)	-	-	-
<b>T O T A L</b>	<b>73,03</b>	<b>174,8</b>	<b>247,83</b>

(1) Os recursos necessários para a realização deste Projeto estão incluídos no Programa de Desenvolvimento de Satélites.

## 4.2. APLICAÇÕES ESPACIAIS

### 4.2.1. Sensoriamento Remoto

O Programa de sensoriamento remoto tem como principal objetivo ampliar o conhecimento sobre os recursos naturais do País, através da consolidação das técnicas utilizadas na área, e a fim de contribuir para o desenvolvimento nacional. Para tanto, deve:

- realizar pesquisas fundamentais e aplicadas, que envolvam sensores nas diversas faixas do espectro eletromagnético, inclusive microondas;
- desenvolver metodologias e sistemas adequados aos novos sistemas sensores, que irão entrar em operação na década de 90, para estudar recursos naturais;
- disseminar as técnicas e metodologias desenvolvidas na área de Sensoriamento Remoto.

Os projetos propostos dentro do Programa de Sensoriamento Remoto enquadram-se em três categorias, descritas brevemente a seguir:

#### **Projeto de Pesquisas Fundamentais e Aplicadas**

O objetivo específico é adquirir conhecimentos necessários ao desenvolvimento metodológico e à compreensão dos processos envolvidos na aquisição dos dados, para efetiva utilização das informações obtidas pelos sensores. Envolve: a) fami-

liarização com as características dos sensores; b) calibração e tratamento dos dados; c) interação alvo-energia; d) exploração de técnicas avançadas.

#### **Projeto de Desenvolvimento Metodológico**

Visa a criação, o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de metodologias, técnicas e sistemas que permitam ou favoreçam a utilização de dados de sensoriamento remoto em benefício do País. Envolve: a) levantamento e mapeamento; b) avaliação; c) monitoramento; d) estudos integrados; e) processamento de imagens.

#### **Projeto de Disseminação de Tecnologia**

Visa consolidar as técnicas de sensoriamento remoto como ferramenta de desenvolvimento para o País. A disseminação é realizada pelo INPE basicamente através da divulgação de conhecimentos na área, da transferência de tecnologia e da garantia de disponibilidade de produtos associados. Envolve: a) eventos; b) cursos; c) laboratórios regionais; d) produtos; e) transferência de tecnologia.

**Tabela 4.2**

#### **Programa de Sensoriamento Remoto - Recursos Necessários (MUSD) -**

<b>Projetos</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996- 2000</b>	<b>2001- 2005</b>	<b>Total</b>
Pesquisas Fundamentais e Aplicadas	1,5	1,5	1,5	6,0	6,0	16,5
Desenvolvimento Metodológico	2,0	2,5	1,5	8,0	10,0	24,0
Disseminação	1,5	3,0	2,0	8,0	8,0	22,5
<b>TOTAL</b>	<b>5,0</b>	<b>7,0</b>	<b>5,0</b>	<b>22,0</b>	<b>24,0</b>	<b>63,0</b>

#### **4.2.2. Meteorologia e Oceanografia**

A pesquisa e as aplicações nas áreas de Meteorologia e de Oceanografia deverão se voltar, na próxima década, para o uso intensivo da coleta de dados por satélites e sistemas automáticos, com transmissão digital de dados e processamento por meio de modelos numéricos de análise e previsão, em computadores.

Como fator de planejamento, deve-se registrar a orientação estabelecida nos foros meteorológicos internacionais de que as organizações de pesquisas espaciais dêem prioridade ao desenvolvimento de sistemas e instrumentos de observação da Terra que possam integrar o Sistema Mundial de Observação por Satélites (SMOS).

Com o objetivo de atender as crescentes exigências das áreas de Modelagem e Previsão Numérica da Atmosfera e dos Oceanos, o SMOS deverá convergir para programas que se baseiam em instrumentação avançada, como os que utilizam tecnologia de microondas e de lasers. Dentre estes programas destacam-se o Programa de Observação da Terra (EOS, americano) e o Programa Internacional da Geosfera e da Biosfera (IGBP), entre outros.

A participação brasileira nestes programas poderá proporcionar ao País condições de também usufruir da evolução tecnológica espacial e garantir o acesso aos resultados das pesquisas e aos dados ambientais, de crucial importância tanto estratégica quanto econômica.

Os projetos propostos dentro do Programa de Meteorologia e Oceanografia são:

- 1) **Previsão do Tempo e Estudos Climáticos:** produzir previsão numérica de curto e médio prazos; distribuir produtos de previsão para os serviços setoriais da Meteorologia brasileira; estudar as variações climáticas de curto prazo, tendo em vista o desenvolvimento de técnicas de previsão de longo prazo; realizar pesquisas relacionadas com essas áreas.
- 2) **Aplicações de Satélites Ambientais:** realizar estudos e pesquisas com vistas tanto em metodologias para a inferência de dados e produtos a partir de imagens digitais obtidas por satélites meteorológicos e oceanográficos, para posterior operacionalização, como em explorar as possíveis aplicações desses produtos.
- 3) **Pesquisas Oceanográficas:** realizar estudos e monitoramento dos parâmetros físicos e ambientais do oceano, de interesse para o País. Os principais parâmetros a serem coletados pelo projeto são temperatura da superfície do mar, perfis verticais de temperatura e salinidade, campos de vento e de estado do mar, estudo de ondas e seus parâmetros derivados, topografia da superfície do mar e parâmetros derivados, batimetria e dados de sedimento, e suspensão e seus parâmetros derivados.
- 4) **Pesquisas Atmosféricas:** realizar estudos micrometeorológicos, dinâmicos, climáticos, de geoquímica ambiental, assim como promover o desenvolvimento ou aperfeiçoamento de sistema de coleta de dados ambientais de interesse para a área.

#### 4.2.3. Comunicações

O Programa de Satélites de Comunicações tem como objetivo de longo prazo consolidar uma indústria espacial brasileira capaz de assumir o fornecimento tanto de satélites de grande porte, como os do sistema BRASILSAT, como de futuros sistemas privados e militares mais complexos.

Inicialmente, o programa prevê a fabricação de um satélite de pequeno/médio porte, nas bandas C e X, que atenda, com custos adequados, as necessidades de três setores, potenciais grandes usuários: televisão, redes especializadas e redes militares. Dado que esses segmentos estarão utilizando os satélites BRASILSAT, a colocação em órbita desse novo satélite não afetaria a segurança das comunicações desses setores. Um programa desta natureza, que aproveite a experiência adquirida com a MECB, permitirá a assimilação da tecnologia pela nascente indústria aeroespacial e o ganho de confiança na capacidade do País para desenvolver e operar sistemas de comunicação. A implementação desse projeto mediante associação tecnológica permitiria queimar etapas.

Propostas de desenvolvimento de satélites pré-operacionais de comunicações estão incluídas na Seção 4.3.1, que trata de Satélites e Plataformas Espaciais.

**Tabela 4.3**

**Programa de Meteorologia e Oceanografia**  
- Recursos Necessários (MUSD) -

<b>Projetos</b>	<b>1993-1995</b>	<b>1996-2000</b>	<b>2001-2005</b>	<b>Total</b>
Previsão de Tempo e Estudos Climáticos	6,0	32,5	32,5	71,0
Aplicações de Satélites Ambientais	3,0	5,0	5,0	13,0
Pesquisas Oceanográficas	69,3	83,9	24,1	177,3
Pesquisas Atmosféricas	5,0	5,0	5,0	15,0
<b>T O T A L</b>	<b>83,3</b>	<b>126,4</b>	<b>66,6</b>	<b>276,3</b>

#### 4.2.4. Geodésia e Navegação

Visando estabelecer no País as bases para o desenvolvimento desta nova área de aplicações, propõe-se um programa constituído dos seguintes projetos:

##### **Rede de Solo para Aferição de Órbitas de Satélites**

Visa a implantação de uma rede de apoio de solo que permita determinar com precisão as órbitas dos satélites do Global Positioning System (GPS) ou de outro sistema de geolocalização por satélite que o País venha a utilizar no futuro.

##### **Suporte Geodésico de Precisão**

Objetiva estabelecer terminais geodésicos fiduciais, dotados de aparelhos que possibilitem a aplicação da técnica de Interferometria de Linha de Base Muito Longa (VLBI) para fins geodésicos e de instrumentação completa de GPS, que permitam a disseminação e o monitoramento de marcas geodésicas de precisão para várias aplicações fixas ou móveis (navegação), as quais cobrem quase todo o território nacional.

##### **Radiobservatórios Espaciais**

Objetiva implantar e operar dois radiobservatórios espaciais no País: um no Nordeste, outro no Estado de São Paulo. Estes radiobservatórios, dedicados à Geodésia, serão dotados de instalações permanentes de VLBI geodésico e GPS completas, integrados a diversos programas internacionais.

Tabela 4.4

**Programa de Geodésia e Navegação**  
- Cronograma de Aplicação de Recursos (MUSD) -

Projeto	1993	1994	1995	1996-2005	Total
Rede de Solo	0,25	0,05	0,05	0,50	0,85
Suporte Geodésico	0,25	0,25	0,25	2,00	2,75
Radiobservatórios	1,70	2,00	1,20	2,00	6,90
<b>T O T A L</b>	<b>2,20</b>	<b>2,30</b>	<b>1,50</b>	<b>4,50</b>	<b>10,50</b>

#### 4.2.5. Busca e Salvamento

Propõe-se para o período de 1993 a 2005 a participação efetiva do Brasil no programa internacional de Busca e Salvamento COSPAS-SARSAT, para o que deverão ser tomadas as seguintes iniciativas:

- 1- adesão ao programa COSPAS-SARSAT em caráter operacional: US\$10 mil/ano;
- 2- operação em regime de 24 horas diárias (H-24) da estação (LUT) de Cachoeira Paulista ou futuro local de traslado: US\$250 mil/ano (dispêndio em cruzeiros);
- 3- aquisição e instalação, em 1993, de um Centro de Controle de Missão (MCC): US\$500 mil;
- 4- aquisição, a partir de 1993, de mais uma estação (LUT), possivelmente para o saliente nordestino, a fim de atender as necessidades da Marinha: US\$2 milhões;
- 5- instalação da nova estação (LUT), conforme item 4: US\$200 mil (dispêndio em cruzeiros);
- 6- manutenção e suprimento contínuo do sistema (US\$200 mil/ano) e reposição dos equipamentos no início da próxima década (US\$2,4 milhões); e
- 7- desenvolvimento e fabricação de cargas úteis de Busca e Salvamento a serem colocadas em futuros satélites nacionais.

O cronograma de aplicação dos recursos financeiros especificados acima é apresentado na Tabela 4.5.

Tabela 4.5

**Programa de Busca e Salvamento**  
- Cronograma de Aplicação dos Recursos (MUSD) -

Atividades	1993	1994	1995	1996-2005	Total
1. Adesão COSPAS-SARSAT	0,01	0,01	0,01	0,10	0,13
2. Operação em H-24	0,25	0,25	0,25	2,50	3,25
3. Aquisição/Instalação MCC	0,50				0,50
4. Aquisição LUT	2,00				2,00
5. Instalação LUT	0,20				0,20
6. Manutenção/Suprimento do Sistema	0,20	0,20	0,20	4,40	5,00
7. Desenvolvimento de Cargas Úteis				2,60	2,60
<b>TOTAL</b>	<b>3,16</b>	<b>0,46</b>	<b>0,46</b>	<b>9,60</b>	<b>13,68</b>

### 4.3. ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAL

#### 4.3.1. Satélites e Plataformas Espaciais

Os projetos de satélites podem ser subdivididos entre os que já estão em andamento, MECB e CBERS, já caracterizados anteriormente, e as novas propostas que buscam dar seqüência às iniciativas em curso, as quais, uma vez aprovadas em conceito, deverão ser objeto de estudos mais detalhados.

Os projetos propostos têm o objetivo de estabelecer as condições necessárias para o envolvimento nacional no desenvolvimento de sistemas espaciais operacionais, através tanto do desenvolvimento de sistemas espaciais experimentais e científicos, como do aprimoramento da capacitação tecnológica do Brasil na área. Procura-se manter como base, sempre que possível, satélites e equipamentos desenvolvidos para a MECB, o que concorre para a redução dos custos e para o alcance de resultados de maior impacto e complexidade.

#### Desenvolvimentos em Telecomunicações por Satélites

São propostos dois projetos de desenvolvimento de satélites de pequeno porte (200kg), baseados na plataforma do satélite de sensoriamento remoto (SSR) da MECB. O primeiro, que teria como carga útil experimental um **transponder** para telecomunicações em banda C ou X, seria posicionado em órbita geoestacionária. O segundo teria uma carga útil para comunicações em UHF e operaria em órbita baixa. Além dos impactos diretos na área de Telecomunicações, esses projetos propiciariam o domínio de uma série de tecnologias de fronteira.

#### Satélites Tecnológicos e Científicos

Tomando como base a tecnologia já desenvolvida com a MECB, propõe-se o desenvolvimento de séries de satélites tecnológicos e científicos com o objetivo de atingir melhorias tecnológicas, atender a demanda por experimentos científicos e gerar

capacitação para projetos em ambiente de microgravidade. São apresentadas propostas específicas para: Satélites Científicos de Baixo Custo, Plataforma Estabilizada para Foguetes de Sondagem e Balões, Plataforma Orbital Reentrável.

### **Operacionalização de Sistemas Espaciais**

Propõe-se a realização de estudos exploratórios, de viabilidade técnica e econômica, sobre uma série de sistemas que seriam propostos à sociedade em caráter operacional. Entende-se que, caracterizado o interesse de uma comunidade usuária (entidades privadas ou governamentais) por um dado sistema operacional, caberia a esta comunidade prover recursos para o efetivo desenvolvimento e implantação do sistema.

Os sistemas sugeridos preliminarmente para este programa são justificados pelo seu interesse econômico, traduzido por um valor monetário que representaria a demanda potencial do mercado para o tipo de satélite em questão, ou estratégico. Propostas específicas incluem: Satélite de Recursos Naturais, Satélites de Meteorologia e Oceanografia, Satélite Geoestacionário de Telecomunicações, Sistema de Comunicações em Órbitas Baixas.

Uma estimativa preliminar conservadora aponta uma **demanda** pelos sistemas operacionais propostos da ordem de 115MUSD por ano, em média, até o ano 2005. Este valor deve ser contrastado com o dos investimentos necessários para o conjunto de projetos experimentais propostos anteriormente, que garantiriam a capacitação necessária aos satélites operacionais: em média, 30 MUSD por ano.

O Tabela 4.6, apresentada a seguir, corresponde ao cronograma de lançamento sugerido para os diversos satélites brasileiros constantes deste programa.

A Tabela 4.7 apresenta uma visão consolidada dos recursos estimados para a conclusão dos projetos em andamento (MECB e CBERS) e para os projetos propostos no período de 1993 a 2005.

**Tabela 4.6**

**Resumo de Satélites Previstos e Propostos**  
**- Datas Propostas para Lançamentos -**

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Satélites em Desenvolvimento	SCD-1	SCD-2		SSR-1 CBERS-1	SSR-2 CBERS-2									
Satélites Propostos				PSO-1 PTC	COB-1 PTC	CGEO-1 PSO-2	COB-2 POR-1	CGEO-2 PTC	POR-2	PTC		PTC		PTC

**LEGENDAS:** SCD- Satélite de Coleta de Dados (MECB); SSR - Satélite de Sensoriamento Remoto (MECB); CBERS - Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres; COB - Satélite de Comunicações em Órbita Baixa; CGEO - Satélite de Comunicações em Órbita de Transferência; PSO - Plataforma Suborbital; POR - Plataforma Orbital Reentrável; PTC - Satélite Científico.

**Tabela 4.7**  
**Orçamento para Satélites Previstos e Propostos**  
**(MUSD)**

Missões	1993	1994	1995	1996 a 2000	2001 a 2005	Total
<b>Previstas (1)</b>	<b>42,2</b>	<b>37,0</b>	<b>24,5</b>	<b>11,6</b>	<b>-</b>	<b>115,3</b>
MECB	35,7	35,5	23,5	11,6	-	106,3
CBERS (2)	6,5	1,5	1,0	-	-	9,0
<b>Propostas</b>	<b>10,3</b>	<b>27,3</b>	<b>26,3</b>	<b>145,8</b>	<b>12,0</b>	<b>421,7</b>
COB	4,0	8,0	3,0	30,0	-	45,0
CGEO	-	4,0	5,0	32,0	-	41,0
PSO	2,0	3,0	2,0	3,0	-	10,0
POR	-	-	4,0	36,0	-	40,0
PTC	4,0	12,0	12,0	43,0	10,0	81,0
POSE	0,3	0,3	0,3	1,8	2,0	4,7
<b>Novas Tecnologias</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>200,0</b>	<b>200,0</b>
<b>Total</b>	<b>52,5</b>	<b>64,3</b>	<b>50,8</b>	<b>157,4</b>	<b>212,0</b>	<b>537,0</b>

- (1) O orçamento para as missões previstas (MECB e CBERS) foi calculado supondo que estes programas receberiam, no biênio 1991-92, recursos da ordem de 66 MUSD. Caso isto não se verifique, a diferença entre o orçado e o realizado no biênio 1991-92 deverá ser incorporado ao orçamento do período de 1993 a 2005.
- (2) Não inclui o valor de 15 MUSD para o pagamento dos lançamentos.

#### 4.3.2. Lançadores de Satélites e Foguetes de Sondagem

Os veículos que compõem este programa deverão atender primariamente a colocação em órbita dos satélites nacionais. A gama de foguetes de sondagem existente satisfaz as necessidades de lançamento de cargas úteis científicas para pesquisas da atmosfera e, eventualmente, poderão até mesmo atender solicitações comerciais para lançamento de experimentos estrangeiros. Foguetes desenvolvidos para a qualificação de materiais específicos do VLS poderão, futuramente, ser utilizados como foguetes de sondagem para cargas úteis pesadas e de grandes volumes.

##### Projetos Propostos

O Programa de Lançadores tem como objetivo de longo prazo a colocação de satélites de até 2000kg em órbita geoestacionária a partir do ano 2008. O sistema propulsivo principal de lançadores para este tipo de órbita deve empregar motores a propelente líquido, que, além de mais energéticos, possibilitam melhor controle do veículo. Como etapas intermediárias para o desenvolvimento destes lançadores, propõe-se o desenvolvimento, a partir do VLS, de lançadores com um ou mais estágios a propelente líquido estocável. Em fases futuras do Programa, seriam utilizados motores a propelentes líquidos criogênicos, que apresentam melhor desempenho.

A Tabela 4.8 mostra a evolução proposta para o programa de lançadores a partir da MECB. Esta proposta prevê a realização de lançamentos operacionais a partir de 1995.

Algumas tecnologias e áreas de capacitação são imprescindíveis para a realização de um programa tal como o proposto na Tabela 4.8. Entre elas, destacam-se: isolamento térmico, turbo-bombas, aços e ligas especiais, plasmas metálicos, tratamentos de superfícies, compostos carbono/carbono, sensores, usinagens e soldagens a laser, propelentes líquidos estocáveis, criogenia, geradores de energia (baterias especiais), e usinagens e materiais especiais. Para a obtenção destas tecnologias, pretende-se enfatizar a busca de parceiros no Brasil ou no exterior capazes de desenvolvê-las em parceria ou fornecê-las, conforme o caso, para que se reduzam ao máximo custos e atrasos com novos desenvolvimentos. A aquisição de tecnologias externas será certamente necessária.

A exemplo do que ocorre nos países desenvolvidos que praticam uma economia de mercado, a participação da indústria nacional no programa de desenvolvimento de lançadores deve ser intensificada como forma de evitar a sua verticalização e permitir que a sociedade usufrua dos benefícios indiretos historicamente relacionados aos programas espaciais. Todavia, para que isso aconteça, é necessário que se realizem investimentos governamentais que permitam às empresas adquirir um patamar tecnológico que as torne competitivas.

Atualmente, 130 empresas participam do Programa, mas de forma ainda não suficientemente intensa. Via de regra elas se envolvem basicamente no fornecimento de serviços e matérias-primas. Para maior horizontalização do Programa, será necessário um engajamento mais profundo da indústria, incluindo o desenvolvimento e fabricação de equipamentos e subsistemas completos. Dessa forma, as principais tarefas sob a responsabilidade do CTA/IAE seriam gerenciamento, estudos preliminares e de viabilidade técnica, especificações, ensaios, desenvolvimentos especiais e operações de lançamento.

Para que seja possível o cumprimento do programa proposto, serão necessários os recursos humanos e financeiros especificados na Tabela 4.9.

### **4.3.3. Infra-estrutura de Apoio Operacional**

#### **Campos de Lançamento**

As principais metas a serem atingidas no que diz respeito aos campos de lançamento são:

- a) concluir a qualificação do Campo para lançamentos de veículos lançadores para órbitas baixas a propelente sólido (1a. fase);
- b) implementar e qualificar o Campo para lançamentos de veículos para órbitas médias e altas a propelentes líquidos estocáveis e criogênicos;
- c) criar condições para atender campanhas de lançamento de países estrangeiros interessados na utilização do Campo de Lançamento de Alcântara, o que deverá gerar divisas e possibilitar a transferência de tecnologia para o País.

**Tabela 4.8****Proposta de Evolução do Programa de Lançadores**

<b>FASE</b>	<b>VEÍCULO</b>	<b>PERÍODO DE DESENVOLVIMENTO</b>	<b>LANÇAMENTOS QUALIFICAÇÃO</b>	<b>CARGA ÚTIL (KG)</b>	<b>ÓRBITA</b>
Inicial	VLS-1	1980/1995	4	115 -200	Baixa
Intermediária	VLS-2	1993/2001	3 a 5	300 -800	Baixa de Alta Precisão
	VLS-3	2003/2005	3 a 5	500 - 1200	Elíptica com Grande Excentricidade
Final	VLS-4	----/----	3 a 5	2000	Geoestacionária

(\*) Os anos finais, correspondentes aos períodos de desenvolvimento, referem-se aos primeiros lançamentos da série de qualificação.

VLS 1 - Todos os propulsores com diâmetro de 1000mm a propelente sólido.

VLS 2 - Utilização do 2º estágio a propelente líquido estocável. Manutenção de propulsores sólidos com diâmetro de 1000mm.

VLS 3 - Utilização de propulsores sólidos com diâmetro de até 1500mm. Manutenção de um ou mais estágios a propelente líquido estocável.

VLS 4 - Lançador geoestacionário, a ser definido somente a partir dos resultados obtidos durante a fase intermediária, com a utilização de propulsores líquidos. Possível utilização de propulsores líquidos criogênicos e/ou propulsores sólidos em um ou mais estágios.

Tabela 4.9

**Proposta de Recursos Financeiros e Humanos a Serem  
Aplicados no Programa de Lançadores e Foguetes de Sondagem**

<b>Período</b>	<b>Recursos Financeiros (MUSD) (1)</b>	<b>Pessoal do IAE (2) (1991 = 766)</b>
<b>1993</b>	77,5	1.245
<b>1994</b>	78,3	1.460
<b>1995</b>	80,7	1.720
<b>1996-2000</b>	471,4	2.200
<b>2001-2005</b>	1.012,0	2.300
<b>Total</b>	<b>1.719,9</b>	<b>2.300</b>

(1) Inclui MECB.

(2) Quantidade prevista para o final de cada período.

### Sistema de Rastreamento e Controle de Satélites

Para adequar-se às necessidades futuras, o SRCS deverá ter suas instalações atualizadas para o controle simultâneo de satélites de diferentes missões. O seu crescimento, a sua evolução e as adaptações necessárias deverão ser planejados e executados de acordo com as características do "conjunto" de satélites que ele vier a controlar. A operação e a manutenção do SRCS são atividades que devem ser executadas 24 horas por dia, durante todas as missões.

### Sistema de Recepção, Processamento e Disseminação de Dados de Satélites

O Programa para o Sistema de Recepção, Processamento e Disseminação de Dados de Satélites envolve tanto projetos em andamento como projetos novos. São os seguintes os projetos em andamento:

- a) adequação, modernização e manutenção das facilidades existentes para recepção e processamento dos dados dos programas de satélites estrangeiros atualmente utilizados pelo Brasil, tanto de Sensoriamento Remoto (LANDSAT e SPOT) quanto de Meteorologia (GOES, TIROS e METEOSAT);
- b) concepção, desenvolvimento e manutenção dos centros de missão, recepção e processamento para os satélites das linhas CBERS e MECB/SSR.

São os seguintes os projetos novos propostos:

- a) estabelecimento e manutenção de estações receptoras e de processamento para missões internacionais que operam em microondas, já previstas para a década (ERS, JERS, RADARSAT e outros);
- b) concepção e desenvolvimento de centros de missão e de recepção para missões nacionais futuras de Meteorologia, Oceanografia e Sensoriamento Remoto;
- c) integração das facilidades de processamento de dados oriundos de diversos satélites e sensores em Centros Integrados de Produção tanto para Sensoriamento Remoto, como para Meteorologia.

### **Centro Integrado de Dados de Satélites**

Pretende-se implantar um Centro Integrado de Dados com o objetivo de reunir em um mesmo acervo dados provenientes dos vários satélites de sensoriamento remoto e meteorologia, que vêm transmitindo informações ao Brasil desde o final da década de 60. Além de permitir a consulta integrada a tais dados, este centro integrado também será o *gateway* para os acervos de outros países, estendendo as possibilidades de consulta ao mundo todo através das redes internacionais de comunicação de dados.

Além das consultas, o Centro poderá canalizar a colocação e o acompanhamento de pedidos de usuários para os respectivos Centros de Produção, dinamizando e possibilitando a expansão da estrutura de Centros de Atendimento hoje existentes, que sofrem pela falta de uma comunicação eficiente com os sistemas de produção.

### **Centros de Lançamento de Balões Estratosféricos**

Os três objetivos principais do CLB do INPE para esta década consistem em aumentar o peso embarcado, o tempo e a segurança de voo. Até o final da década de 90, pretende-se fornecer aos usuários do CLB do INPE trajetografia com precisão de 500 metros e taxas de transmissão de dados de 50 kbits/s. Balões de até 1.000.000m<sup>3</sup>, que transportam experimentos de até 3.000kg, serão provavelmente lançados até o final de 2005. A UNICAMP pretende modernizar e ampliar as instalações e técnicas do seu Centro de Balões; está também envolvida em um projeto de desenvolvimento e construção de balões estratosféricos no País.

### **Usina de Propelentes**

A Usina Coronel Abner (UCA) deverá ser completada em todas as suas fases. A fase atualmente em conclusão atenderá aos VLS-1 em seu ritmo atual de fabricação. A próxima fase promoverá adaptações necessárias para atender o carregamento de propulsores de maior porte.

### **Recursos Necessários**

A Tabela 4.10 consolida o montante necessário para a manutenção e desenvolvimento da infra-estrutura de apoio operacional.

Tabela 4.10

## Orçamento Estimado para a Infra-estrutura de Apoio Operacional (MUSD)

Unidades	1993	1994	1995	1996-2000	2001-2005	Total
1. Campos de Lançamento	11,7	11,7	11,7	175,0	200,0	410,1
2. Sistema de Rastreo e Controle de Satélites (1)	1,9	2,2	4,9	41,0	21,8	71,8
3. Sistema de Recepção, Processamento e Disseminação de Dados de Satélites						
3.1. Projetos em Andamento	11,2	8,4	7,6	20,5	15,0	62,7
3.2. Projetos Propostos	3,3	2,3	2,3	18,5	14,0	40,4
4. Centro Integrado de Dados de Satélites	1,2	1,6	1,6	5,4	3,0	12,8
5. Centro de Lançamento de Balões Estratosféricos	0,7	0,7	0,7	2,0	2,0	6,1
6. Usina de Propelentes	4,0	5,0	6,0	10,0	10,0	35,0
<b>T O T A L</b>	<b>34,0</b>	<b>31,9</b>	<b>34,8</b>	<b>272,4</b>	<b>265,8</b>	<b>638,9</b>

(1) Não inclui segmento de solo para MECB e CBERS, orçado juntamente com aqueles projetos.

#### 4.3.4. Infra-estrutura de Apoio a Pesquisa e Desenvolvimento

##### Laboratório de Integração e Testes

Os projetos de satélites propostos, em função de suas características, das de seus lançadores, das missões e das tecnologias que serão empregadas, trazem uma série de novas necessidades que deverão ser atendidas pelo LIT. Além disso, está prevista para o início da segunda metade desta década uma importante participação do LIT na integração dos satélites de comunicações da segunda geração BRASILSAT, o que exigirá novos investimentos.

##### Centro de Tecnologias Associadas

Em termos de atividades futuras, a evolução tecnológica em informática e telecomunicações em países desenvolvidos indica a necessidade de investir em uma nova área científica, que trata dos chamados "Sistemas Mesoscópicos" ou "Dispositivos Nanométricos", em geral obtidos através de "Nanolitografia por Feixe Eletrônico". Este é o futuro da Microeletrônica (Nanoeletrônica). O Laboratório Associado de Sensores e Materiais (LAS) do INPE, que é hoje no Brasil o grupo mais qualificado para investir nessa nova área, tem um projeto para fazê-lo.

O Laboratório Associado de Plasma (LAP) deverá ser transferido, dentro dos próximos dois anos, para novas instalações a serem implantadas no campus do INPE em Cachoeira Paulista. Este passo será acompanhado pela consolidação das linhas de ação do LAP tanto na área de Ciências e Tecnologias Espaciais como na de Energia, consolidação esta que será realizada com a participação da indústria nacional e de grupos universitários.

O programa do Laboratório Associado de Combustão e Propulsão (LCP), que deverá assegurar sua posição como órgão de excelência no País em questões de processos de combustão, inclui entre seus objetivos principais: consolidar esforços de pesquisa e desenvolvimento na área de sistemas propulsivos a bipropelentes líquidos (essencial para satélites de maior porte), para o que deverá firmar acordos de cooperação internacional; concluir as atividades relacionadas com monopropelentes e catalisadores; impulsionar as pesquisas em combustão pulsante; e trabalhar em projetos de propulsão mais modernos, como **ramjets** e **scramjets**.

O Laboratório Associado de Matemática Aplicada (LAC) deverá prover um apoio mais efetivo às atividades espaciais. Para tanto, ele necessitará de computadores científicos velozes e de grande capacidade de processamento, além de estações de trabalho e dos **softwares** associados. O quadro de pessoal deverá ser paulatinamente ampliado, pretendendo-se a contratação de pessoal com alta qualificação (doutores), a uma taxa de 2 por ano até 1999.

### **Túneis Aerodinâmicos**

A programação atual do Projeto de túneis aerodinâmicos prevê a implantação e operação de um complexo de novos túneis até 2007, segundo quatro fases distintas:

- FASE I - Projeto detalhado do túnel transônico (1993-1995).
- FASE II - Projeto detalhado do túnel supersônico (1993-1995).
- FASE III - Construção do complexo de túneis (1994-2001).
- FASE IV - Implantação de novos túneis ao complexo (2000-2007).

### **Laboratório de Propulsão**

O Laboratório de Propulsão do CTA/IAE deverá atender à necessidade de integração e testes de sistemas de controle dos propulsores do VLS. Além do atendimento ao programa VLS, permitirá pesquisas na área de sistemas propulsivos a propelentes líquidos, que deverão ser utilizados tanto nos futuros veículos lançadores, como nos sistemas de controle dos satélites brasileiros. Será constituído de 5 módulos especializados e outras facilidades que, somados, formarão um complexo seguro de pesquisa e desenvolvimento de sistemas propulsivos.

Os prováveis usuários deste complexo laboratorial serão as indústrias e entidades onde o requisito de confiabilidade do produto seja rigoroso. Incluem-se nesse rol a indústria aeronáutica, fabricantes de satélites (parte hidropneumática) e uma grande variedade de indústrias que necessitam de ensaios especializados de seus componentes.

### **Recursos Necessários**

A Tabela 4.11 resume o montante de recursos financeiros que se prevêem necessários, no âmbito deste Plano, para a manutenção e adequação da Infra-Estrutura de Apoio a Pesquisa e Desenvolvimento.

#### 4.4. ORÇAMENTO CONSOLIDADO

Os programas propostos nesta seção apresentaram estimativas dos recursos financeiros necessários em cada caso. A Tabela 4.12 reproduz e agrega essas estimativas.

**Tabela 4.11**

#### Orçamento Estimado para Infra-estrutura de Apoio a P&D (MUSD)

Unidade	1993	1994	1995	1996-2000	2001-2005	Total
<b>LIT</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>8,0</b>	<b>15,0</b>	<b>15,0</b>	<b>45,0</b>
<b>Centro de Tecnologias Associadas (CTE)</b>	<b>15,8</b>	<b>13,6</b>	<b>9,6</b>	<b>44,0</b>	<b>44,0</b>	<b>127,0</b>
Sensores e Materiais	1,7	1,7	1,6	3,0	3,0	11,0
Plasma	4,6	5,4	2,5	6,5	6,5	25,5
Combustão e Propulsão	4,0	4,0	3,0	21,0	21,0	53,0
Computação e Matemática Aplicada	5,5	2,5	2,5	13,5	13,5	37,5
<b>Túneis Aerodinâmicos</b>	<b>5,8</b>	<b>7,0</b>	<b>8,6</b>	<b>78,6</b>	<b>52,0</b>	<b>152,0</b>
<b>Laboratório de Propulsão</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>20,0</b>	<b>20,0</b>	<b>43,0</b>
<b>T O T A L</b>	<b>25,6</b>	<b>25,6</b>	<b>27,2</b>	<b>157,6</b>	<b>131,0</b>	<b>367,0</b>

**Tabela 4.12**

#### Recursos Necessários para o PNAE no Período de 1993 a 2005 (MUSD)

Programas	1993-1995	1996-2000	2001-2005	Total
Ciências Espaciais e Atmosféricas	73,0	80,0	94,8	247,8
Sensoriamento Remoto	17,0	22,0	24,0	63,0
Meteorologia/Oceanografia	83,3	126,4	66,6	276,3
Geodésia e Navegação	6,0	2,0	2,5	10,5
Busca e Salvamento	4,0	4,0	5,1	13,1
<b>SUBTOTAL (CIÊNCIAS E APLICAÇÕES ESPACIAIS)</b>	<b>183,3</b>	<b>234,4</b>	<b>193,0</b>	<b>610,7</b>
Desenvolvimento de Satélites	167,6	157,4	212,0	537,0
Lançadores de Satélites e Foguetes de Sondagem	236,5	471,4	1012,0	1719,9
Infra-estrutura de Apoio Operacional	100,7	272,4	265,8	638,9
Infra-estrutura Apoio a P&D	78,4	157,6	131,0	367,0
<b>SUBTOTAL (ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAL)</b>	<b>583,2</b>	<b>1058,8</b>	<b>1620,8</b>	<b>3262,8</b>
<b>T O T A L</b>	<b>766,5</b>	<b>1293,2</b>	<b>1813,8</b>	<b>3873,5</b>



### VIABILIDADE ECONÔMICA DO PNAE NO HORIZONTE 2010

A elaboração do Plano Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) para o período de 1993 a 2005 teve início no final de 1989, quando se projetava um cenário de crescimento econômico para o País excessivamente otimista em face das circunstâncias que se impuseram desde então. Embora tenha sofrido uma profunda revisão ao longo do segundo semestre de 1991, permanece a impressão inicial de que o referido plano ainda estaria muito ambicioso, considerando a difícil realidade orçamentária do setor público brasileiro, reflexo, sem dúvida, do grave quadro econômico que vive o País.

Em face dessas considerações, coloca-se naturalmente a seguinte questão: diante de um cenário realista de crescimento da economia e de recomposição do apoio governamental ao setor de Ciência e Tecnologia (e, conseqüentemente, às Atividades Espaciais), poderiam as metas visualizadas pela comunidade científica e tecnológica nacional para o PNAE tornar-se viáveis? Esta é a questão central a que se procura responder no presente capítulo.

#### 5.1. CENÁRIO DE EVOLUÇÃO ORÇAMENTÁRIA

Para a análise da consistência orçamentária global dos programas contidos no PNAE, realizou-se um exercício de projeção baseado nas seguintes premissas:

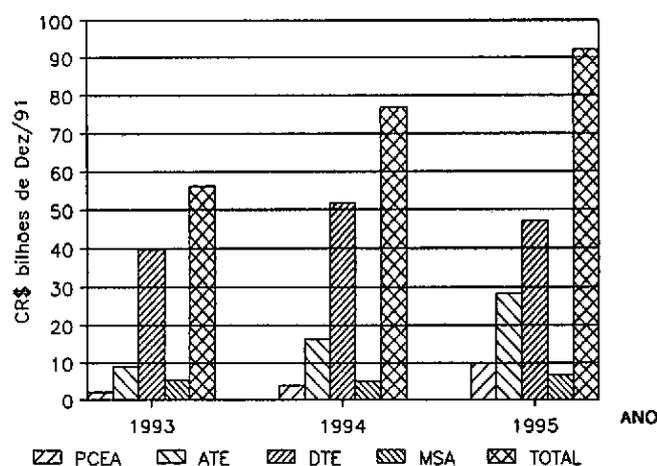
- a) Tomaram-se como base de orçamento para as Atividades Espaciais, os valores em cruzeiros de dezembro de 1991, constantes da versão revisada dos Planos Plurianuais da SCT e da COBAE, em análise no Congresso Nacional. É importante ressaltar que, ao contrário dos números apresentados no Capítulo 1, os orçamentos tratados neste capítulo não incluem gastos com pessoal (salários e encargos) das instituições governamentais responsáveis pela realização das Atividades Espaciais Brasileiras.
- b) Projetou-se um crescimento do PIB brasileiro a partir do valor de 350 bilhões de dólares em 1993, taxas de crescimento zero em 93 e 94, 1% em 95, 2% em 96 e 3% de 97 em diante.
- c) Espera-se que o orçamento para Ciência e Tecnologia parta de um patamar de 0,7% do PIB em 1993 e cresça a taxas reais de 15% ao ano, até atingir um percentual idealizado de 2% do PIB.
- d) Espera-se que, a partir de 1996, o orçamento para as Atividades Espaciais se atrele ao orçamento global de C&T, do qual passará a representar um percentual fixo, determinado pelos valores atualmente definidos para 1995.
- e) A redistribuição do orçamento total para Atividades Espaciais entre as principais categorias dessas atividades (definidas neste trabalho como Pesquisas em Ciências Espaciais e Atmosféricas, Aplicações da Tecnologia Espacial, Desenvolvimento de Tecnologia Espacial e Manutenção/Serviços Administrativos) foi projetada a partir de 1996, com base na composição relativa dos orçamentos para essas categorias, de acordo com a média dos anos de 93 a 95 prevista no Plurianual.

Os resultados desse exercício estão apresentados em tabelas e gráficos sobre os quais se discorre a seguir.

A Tabela 5.1 apresenta os dados plurianuais relativos às Atividades Espaciais para o período de 1993 a 1995 (extraídos dos plurianuais revisados da SCT e do EMFA/COBAE), reorganizados segundo as categorias definidas no item e. Estas informações estão sintetizadas em forma pictórica na Figura 5.1.

**Tabela 5.1**  
**Plurianual 1993-1995**

SETOR	Orçamentos (CR\$ milhões de dez/91)		
	Ano		
	1993	1994	1995
<b>1. Pesquisa em Ciências Espaciais e Atmosféricas</b>	<b>1.980</b>	<b>3.855</b>	<b>9.920</b>
<b>2. Aplicações da Tecnologia Espacial</b>	<b>9.135</b>	<b>16.267</b>	<b>28.310</b>
2.1. Spot	574	574	1.880
2.2. CPTEC	6.175	9.990	12.570
2.3. CASA	1.030	1.031	2.600
2.4. Amazônia	1.250	3.572	7.340
2.5. SIGTEC	106	1.100	3.920
<b>3. Desenvolvimento de Tecnologia Espacial</b>	<b>39.694</b>	<b>51.612</b>	<b>47.125</b>
3.1. Projetos Diversos	6.333	8.744	14.123
3.2. CBERS	8.762	17.187	6.510
3.3. MECB/INPE	1.928	2.004	2.074
3.4. MECB/IAE	8.722	9.009	9.374
3.5. MECB/GICLA	13.949	14.668	15.043
<b>4. Manutenção de Serviços Administrativos</b>	<b>5.311</b>	<b>5.065</b>	<b>6.742</b>
4.1. INPE	5.290	5.044	6.720
4.2. COBAE	21	21	22
<b>Total para Atividades Espaciais</b>	<b>56.119</b>	<b>76.799</b>	<b>92.098</b>



**Fig. 5.1 - Orçamentos Plurianuais 1993-1995.**

A Tabela 5.2 apresenta as projeções realizadas com base nas hipóteses acima explicitadas. Parte dessa informação é reapresentada graficamente nas Figuras 5.2 e 5.3. Na Tabela 5.3 estas projeções são agregadas em períodos plurianuais, a fim de facilitar comparações com os valores previstos no PNAE.

Alguns esclarecimentos adicionais devem ser feitos em relação a essas projeções:

- f) O item despesas de manutenção e serviços administrativos (MSA) contém os dados disponíveis para o INPE e para a COBAE. Despesas de mesma natureza feitas pelo Ministério da Aeronáutica em função dos projetos executados por órgãos sob sua subordinação (CTA/IAE e GICLA) não estavam disponíveis; portanto, não foram consideradas.
- g) A sigla SCT é utilizada no longo prazo num sentido lato, considerando que os executores governamentais civis continuarão no longo prazo subordinados a esta Secretaria. Além disso, é provável que algumas das propostas incorporadas nos planos de longo prazo venham a ter como executores principais órgãos ou agentes não subordinados hoje a esta Secretaria.
- h) As atividades de Aplicações da Tecnologia Espacial estavam, por ocasião da elaboração dos Plurianuais 93-95, restritas à SCT/INPE. Algumas delas, contudo, como a operação das estações receptoras integradas ao sistema SARSAT (serviço de busca e salvamento), já foram ou deverão ser assumidas pelo Ministério da Aeronáutica. Para compensar estas alterações, de pequena monta em termos orçamentários, utilizou-se a aproximação de atribuir ao MAer 5% do montante dos recursos projetados, no longo prazo, para esta categoria de atividades.

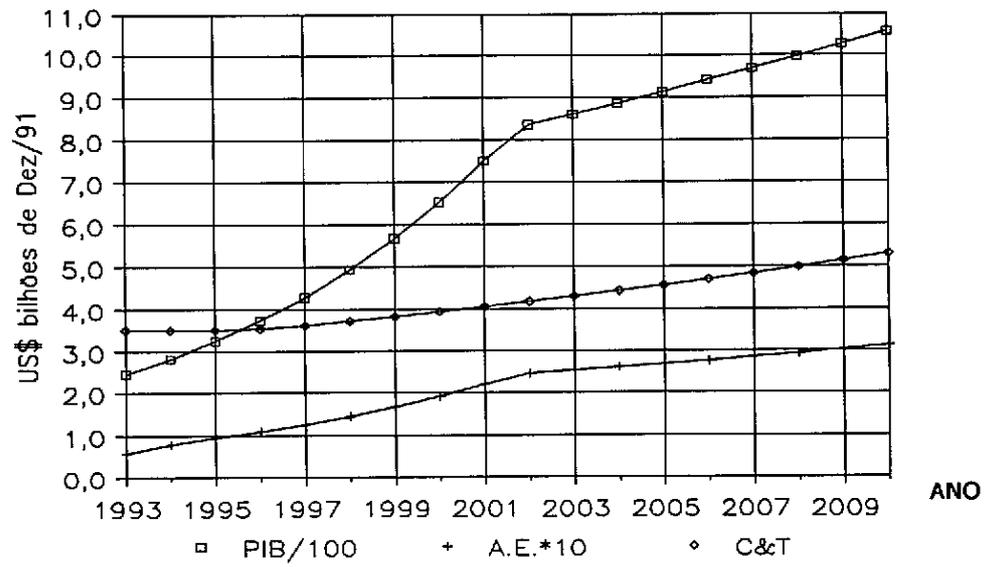
**Tabela 5.2**

**Projeção do Orçamento para Atividades Espaciais**

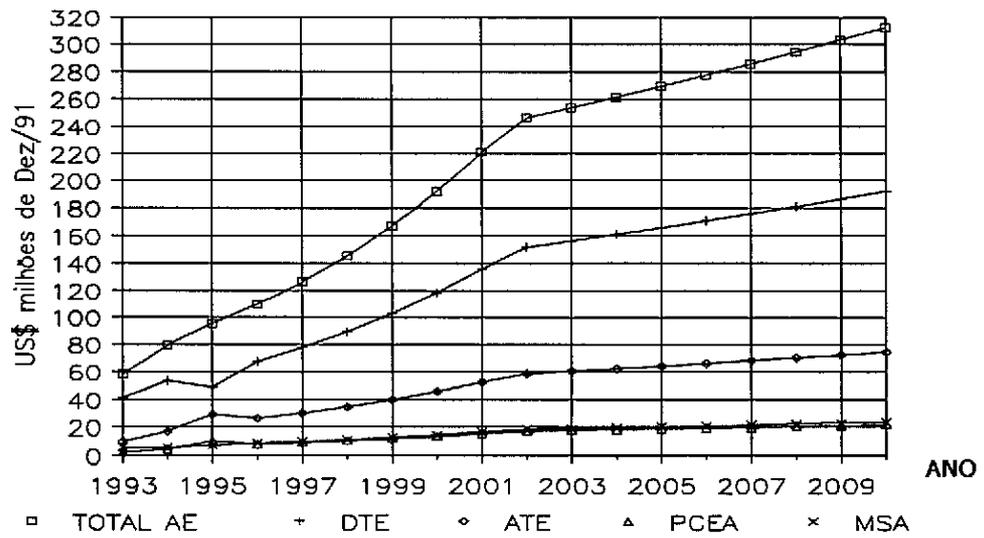
PLURIANUAL 93-95 (milhões de US\$ de dez/91)											PROJEÇÕES (milhões de US\$ de dez/91)														
AREA	ANO	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOT	SCT	MAer	PER		
Pes. C.E.A.		2	4	10	8	9	10	12	13	15	17	18	18	19	19	20	21	21	22	259	259		7,0		
Aplic. Tecn. Esp.		9	17	29	26	30	35	40	46	53	59	61	62	64	66	68	70	72	75	883	839	44	23,9		
Desen. Tecn. Esp.		41	54	49	68	78	89	103	118	136	152	156	161	166	171	176	181	187	192	2276			61,5		
SCT		18	29	24	33	38	44	50	58	66	74	76	79	81	83	86	89	91	94	1113	1113		30,1		
MAer		24	25	25	35	40	46	53	60	70	78	80	82	85	87	90	93	95	98	1164		1164	31,4		
Man. Serv. Adm.		6	5	7	8	10	11	13	15	17	19	19	20	20	21	22	22	23	24	281			7,6		
SCT		5	5	7	8	10	11	13	15	17	19	19	20	20	21	22	22	23	24	280	280		7,6		
COBAE		0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	1,05		1,05	0,03		
<b>TOTAL ATIV. ESPAC.</b>		<b>58</b>	<b>80</b>	<b>96</b>	<b>110</b>	<b>126</b>	<b>145</b>	<b>167</b>	<b>192</b>	<b>221</b>	<b>247</b>	<b>254</b>	<b>262</b>	<b>269</b>	<b>277</b>	<b>286</b>	<b>294</b>	<b>303</b>	<b>312</b>	<b>3700</b>	<b>2491</b>	<b>1209</b>	<b>100</b>		
																				<b>PER</b>	<b>67,3</b>	<b>32,7</b>	<b>100</b>		

**CENARIO**

PIB BRASIL (US\$ BI)	350	350	350	354	361	371	383	394	406	418	431	443	457	470	485	499	514	530
TAXA CRESC. DO PI	0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
INVEST. C&T (US\$ BI)	2,5	2,8	3,2	3,7	4,3	4,9	5,7	6,5	7,5	8,4	8,6	8,9	9,1	9,4	9,7	10,0	10,3	10,6
C&T / PIB (%)	0,70	0,81	0,93	1,05	1,19	1,33	1,48	1,65	1,85	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
INV. A.E./ PIB (%)	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Cresc. Anual C&T (até 2% do PIB)	15%																	



**Fig. 5.2 - Projeções do PIB, investimentos em C&T e atividades espaciais.**



**Fig. 5.3 - Projeção de orçamento para as principais áreas de atividades espaciais.**

**Tabela 5.3**

**Quadro Resumo das Projeções Orçamentárias para as Atividades Espaciais**

Áreas	1993	1994	1995	1993-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	Total	Total SCT	Total MAer	Percentual
1. Pesquisa em Ciências Espaciais e Atmosféricas	2,05	4,00	10,29	16,35	51,88	87,70	103,15	259,07	259,07		7,00%
2. Aplicações da Tecnologia Espacial	9,48	16,88	29,37	55,73	176,86	298,98	351,67	883,23	839,07	44,16	23,87%
3. Desenvolvimento de Tecnologia Espacial	41,18	53,55	48,90	143,63	455,82	770,55	906,36	2.276,35	2.276,35		61,52%
3.1. Secretaria da Ciência e Tecnologia	17,66	28,98	23,56	70,21	222,80	376,64	443,03	1.112,68	1.112,68		30,07%
3.2. Ministério da Aeronáutica	23,52	24,57	25,34	73,42	233,01	393,90	463,33	1.163,67		1.163,67	31,45%
4. Manutenção de Serviços Administrativos	5,51	5,26	7,00	17,76	56,36	95,28	112,08	281,49			7,61%
4.1. Secretaria da Ciência e Tecnologia	5,49	5,23	6,97	17,69	56,15	94,93	111,66	280,43	280,43		7,58%
4.2. COBAE - Comissão Brasileira de Atividades Espaciais	0,02	0,02	0,02	0,07	0,21	0,36	0,42	1,05		1,05	0,03%
<b>Total Atividades Espaciais</b>	<b>58,23</b>	<b>79,68</b>	<b>95,56</b>	<b>233,47</b>	<b>740,92</b>	<b>1.252,50</b>	<b>1.473,25</b>	<b>3.700,15</b>	<b>2.491,26</b>	<b>1.208,88</b>	<b>100,00%</b>
<b>Percentual</b>									<b>67,33%</b>	<b>32,67%</b>	<b>100,00%</b>

## 5.2. COMPARAÇÃO COM O PNAE

Para permitir uma comparação correta entre os valores previstos no PNAE 93-2005 e os dados projetados segundo a metodologia descrita na seção anterior, alguns ajustes e rearranjos de valores que se mostraram necessários são brevemente comentados a seguir.

### **Redistribuição das Despesas de Manutenção e Serviços Administrativos**

As previsões orçamentárias contidas no PNAE não discriminam gastos com Manutenção e Serviços Administrativos (MSA), como é feito nos Plurianuais. Na realidade, o PNAE incorpora estes gastos nos valores orçados para os programas e projetos. Em decorrência disto, optou-se por redistribuir estas despesas, nas projeções, entre as demais categorias de atividades. Para tanto, procedeu-se a uma redistribuição proporcional, ano a ano, em que os valores previstos para as demais categorias foram acrescidos de uma fração do MSA correspondente ao peso relativo daquela categoria de atividades no orçamento total.

A Tabela 5.4 apresenta as projeções "compensadas", segundo o procedimento descrito no parágrafo anterior. A exemplo da Tabela 5.3, os dados estão agrupados em períodos plurianuais. Apresentam-se ainda subtotais para o período de 93-2005 (denotados por prefixos ou sufixos SUB nos títulos das colunas).

### **Reorganização dos Orçamentos do PNAE**

O PNAE 93-2005, conforme descrito no capítulo anterior, classifica alguns laboratórios, facilidades e infra-estruturas (denominadas "apoio operacional" e "apoio a P&D") como "Engenharia e Tecnologia Espacial". Muitas das atividades de pesquisa e desenvolvimento realizadas e propostas nestes laboratórios, bem como o fim a que se destinam alguns dos projetos de implantação e melhoria de facilidades previstos no PNAE, voltam-se, de fato, às Aplicações da Tecnologia Espacial (ATE) e às Pesquisas em Ciências Espaciais e Atmosféricas (PCEA). A consistência com a forma de organização dos Plurianuais, conforme disposto na Tabela 5.1, exige conseqüentemente que se rearranjem parcialmente esses orçamentos. Para atingir os propósitos do presente estudo, tomaram-se as seguintes providências:

- o orçamento previsto para o Centro de Lançamento de Balões Estratosféricos foi agregado à categoria PCEA;
- os orçamentos previstos tanto para o Sistema de Recepção, Processamento e Disseminação de Dados de Satélites como para o Centro Integrado de Dados de Satélites foram agregados à ATE;
- o orçamento previsto no PNAE para o Centro de Tecnologias Associadas (CTE/INPE) foi redistribuído entre as categorias PCEA, ATE e DTE (Desenvolvimento de Tecnologia Espacial), segundo uma primeira aproximação, nas proporções de 25%, 25% e 50%, respectivamente.

**Tabela 5.4**

**Projeções 93-2005 e 93-2010 Compensadas pela Redistribuição Proporcional  
das Despesas com Manutenção e Serviços Administrativos (MSDA)  
(milhões de US\$ de dez/91)**

Área	93-95	96-2000	2001-2005	Subtotal	2006-2010	Total	SCT	MAer	SCT Subtotal	MAer Subtotal
1. Pesquisa em Ciências Espaciais e Atmosféricas	18,38	58,33	98,60	175,31	115,98	291,29	291,29		175,31	
2. Aplicações da Tecnologia Espacial	62,66	198,85	336,16	597,67	395,40	993,08	943,42	49,65	567,79	29,88
3. Desenvolvimento de Tecnologia Espacial	152,43	483,74	817,74	1.453,91	961,87	2.415,78				
3.1. Secretaria da Ciência e Tecnologia (SCT)	78,94	250,51	423,48	752,94	498,12	1.251,06	1.251,06		752,94	
3.2. Ministério da Aeronáutica (MAer)	73,49	233,22	394,26	700,97	463,75	1.164,72		1.164,72		700,97
<b>Total Atividades Espaciais</b>	<b>233,47</b>	<b>740,92</b>	<b>1.252,50</b>	<b>2.226,89</b>	<b>1.473,25</b>	<b>3.700,15</b>	<b>2.485,77</b>	<b>1.214,37</b>	<b>1.496,03</b>	<b>730,86</b>

**Obs.:** Para efeito deste estudo, não se considera a proposta da Marinha Brasileira em ATE.

**Tabela 5.5**

**PNAE 1993-2005**  
(milhões de US\$ de dez/91)

<b>Área</b>	<b>93-95</b>	<b>96-2000</b>	<b>2001-2005</b>	<b>Total</b>	<b>SCT</b>	<b>MAer</b>
1. Pesquisas em Ciências Espaciais e Atmosféricas	84,85	93,00	107,80	<b>285,65</b>	285,65	
2. Aplicações da Tecnologia Espacial	90,25	125,40	117,60	<b>333,25</b>	316,59	16,66
3. Desenvolvimento de Tecnologia Espacial	522,10	990,40	1.564,80	<b>3.077,30</b>		
3.1. Secretaria da Ciência e Tecnologia (SCT)	211,10	235,40	270,80	<b>717,30</b>	717,30	
3.2. Ministério da Aeronáutica (MAer)	311,00	755,00	1.294,00	<b>2.360,00</b>		2.360,00
<b>Total Atividades Espaciais</b>	<b>697,20</b>	<b>1.208,80</b>	<b>1.790,20</b>	<b>3.696,20</b>	<b>1.319,54</b>	<b>2.376,66</b>

**Obs.:** Para efeito deste estudo, não se considera a proposta da Marinha Brasileira em ATE.

## Quadros Comparativos

Incorporando as retificações descritas na seção anterior, obtiveram-se os valores constantes das Tabelas 5.4 e 5.5(\*). Para melhor comparação desses resultados, devem-se observar as Figuras 5.4 e 5.5 (\*\*).

A Figura 5.4 compara os valores estimados no PNAE 93-2005 com os resultantes da projeção até 2005. No primeiro gráfico, a comparação é feita para o conjunto das atividades espaciais; no segundo, para os projetos hoje propostos no âmbito da SCT; no terceiro, para as propostas encabeçadas por órgãos do Ministério da Aeronáutica.

A Figura 5.5 reproduz as comparações anteriores; porém, ampliam o horizonte de projeção para o ano 2010, enquanto se mantêm inalterados os valores do PNAE.

Nas seções seguintes destacam-se e comentam-se algumas constatações evidenciadas por estes gráficos.

### 5.3. PRINCIPAIS CONSTATAÇÕES

Os resultados sintetizados a seguir, a partir da observação tanto das Tabelas 5.4 e 5.5 como das Figuras 5.4 e 5.5, são naturalmente dependentes de que venha a prevalecer o Cenário Orçamentário considerado na Seção 5.1:

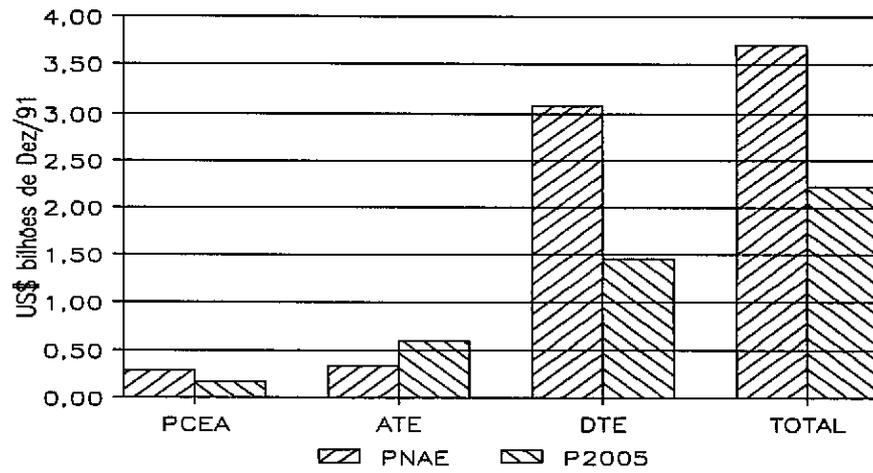
1. No conjunto, as propostas contidas no PNAE só se viabilizariam no horizonte 2010, o que significa que a tendência inercial a partir dos valores para o período de 1993 a 1995 levaria a um atraso de no mínimo 5 anos das pretensões do PNAE, visto como um todo. Observa-se, entretanto, uma nítida dicotomia em relação à situação dos projetos da SCT e do MAer, detalhada a seguir.
2. Considerando apenas os projetos no âmbito da SCT, o PNAE seria viabilizado dentro do período inicialmente previsto (entre 1993 a 2005). Naturalmente isto iria requerer algum remanejamento orçamentário entre as subáreas de atividades: as projeções indicam que, enquanto o Desenvolvimento de Tecnologia Espacial praticamente se viabilizaria na íntegra, haveria um excedente no caso de Aplicações da Tecnologia Espacial e um déficit no caso de Ciências Espaciais e Atmosféricas. Independentemente de realocações orçamentárias, todas as propostas da SCT se viabilizariam integralmente no horizonte de 2010.
3. Considerando as propostas apenas no âmbito do MAer (desenvolvimento de veículos lançadores de satélites, bases de lançamento e infra-estruturas complementares), as pretensões do PNAE mostram-se totalmente incompatíveis com as perspectivas projetadas a partir do plurianual 93-95, mesmo quando se admite um atraso de 5 anos na conclusão dos projetos (o que, deve-se lembrar, compromete muito a significância e impacto dos resultados pretendidos quando se trata de tecnologia de ponta).

---

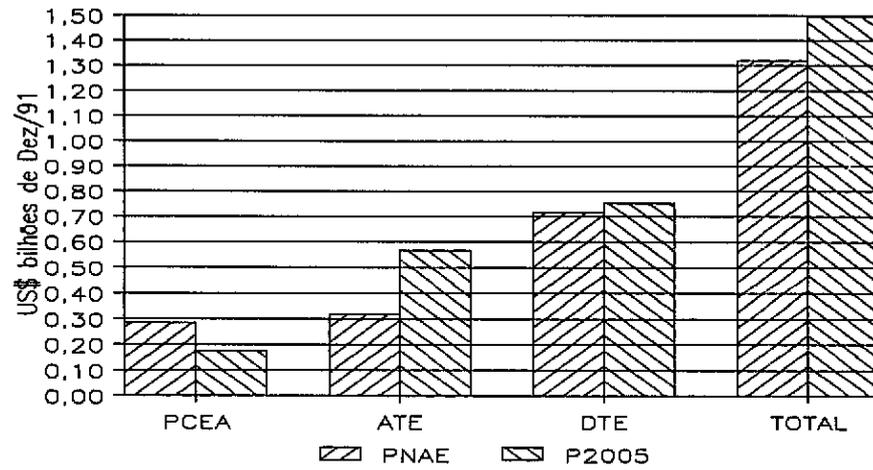
(\*) Deve-se observar que, para esta reapresentação dos orçamentos do PNAE, adotou-se a mesma aproximação descrita no item (h) da Seção 5.1, referente à transferência para o MAer de algumas atividades de ATE.

(\*\*) Reitere-se a ressalva de que SCT e MAer são siglas utilizadas nestes quadros num sentido abrangente que se referencia à situação atual.

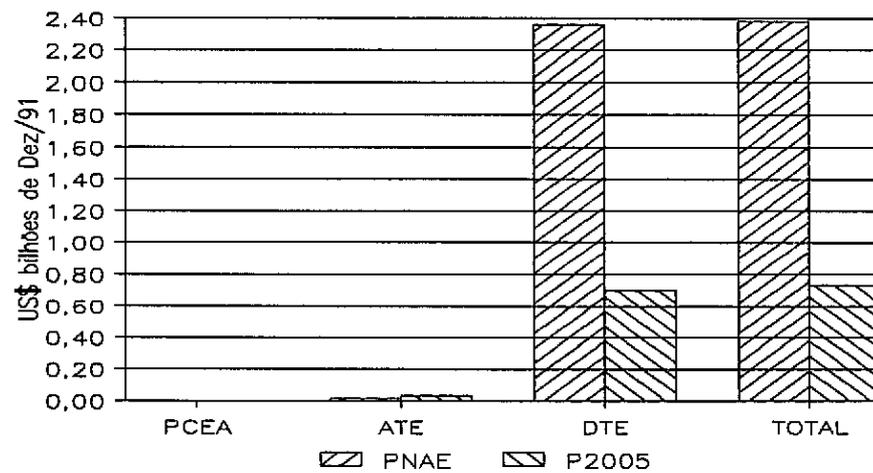
## TOTAL SCT E MAER



## SCT

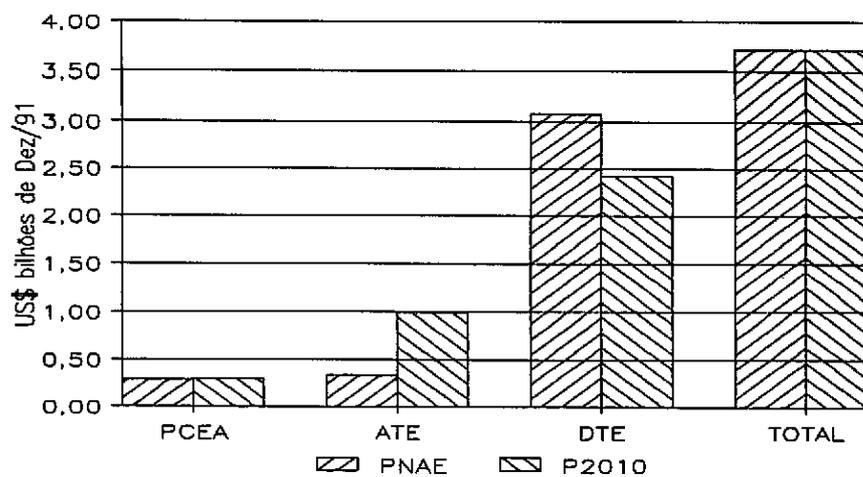


## MAER

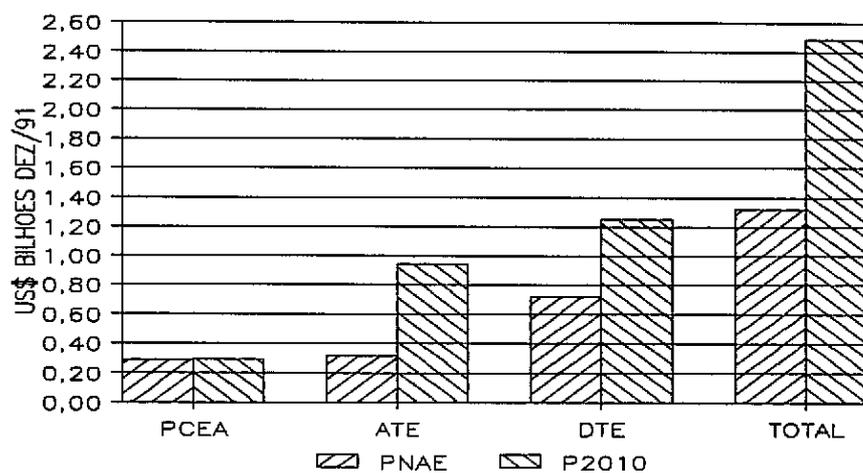


**Fig. 5.4 - Comparação entre os valores totais do PNAE 93-2005 e os da projeção de orçamentos até 2005.**

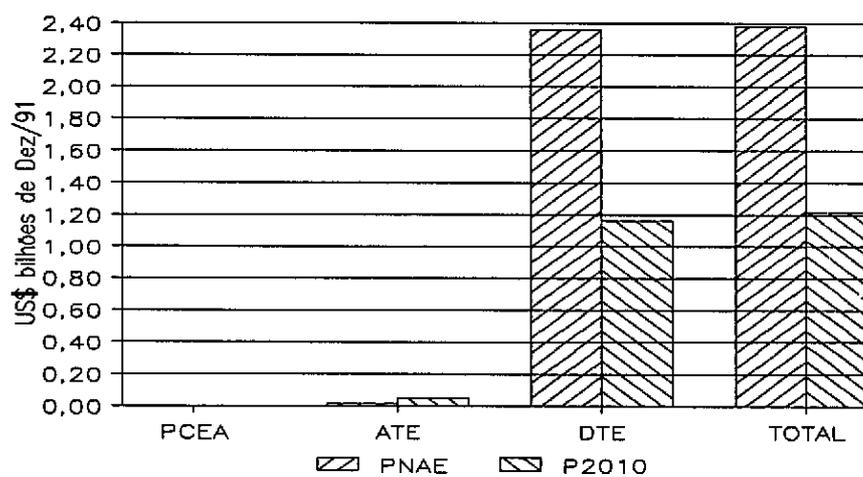
## TOTAL SCT E MAER



## SCT



## MAER



**Fig. 5.5 - Comparação entre os valores totais do PNAE 93-2005 e os da projeção de orçamento até 2010.**

#### 5.4. COMENTÁRIOS ADICIONAIS

Os resultados obtidos no exercício de projeção apresentado neste capítulo assentam-se fortemente não apenas nas hipóteses sobre o comportamento do PIB e do Orçamento para Ciência e Tecnologia, mas também, e talvez principalmente, nas realidade orçamentária programada para o curto/médio prazo (Plurianual de 1993 a 1995, Tabela 5.1).

A leitura cuidadosa do plurianual revela, por exemplo, uma forte reversão de prioridades, talvez justificada no curto-prazo, mas que não seria razoável projetar, às mesmas taxas, num horizonte de planejamento dilatado. Assim, por exemplo, no âmbito da SCT, os valores do Plurianual traduzem uma estagnação orçamentária dos projetos na área de DTE, em níveis sensivelmente inferiores ao histórico de anos recentes, contrastando-se com um crescimento muito acelerado dos orçamentos previstos para PCEA e ATE. Mesmo admitindo que estas áreas carecem de recuperação em face da pouca atenção que receberam nos últimos anos, a projeção das acelerações relativas implícitas no período de 1993 a 1995 resultaria em um quadro em que as distorções, agora com sentido oposto, seriam ainda mais acentuadas. Esta constatação levou a que, neste estudo, as projeções fossem feitas com base na **média** dos valores definidos para o período de 1993 a 1995 (conforme item e da Seção 5.1).

Considerando que o Plurianual é, inegavelmente, uma ferramenta de planejamento ainda em fase precoce de implantação na estrutura administrativa do Governo, cabe a questão: representará uma tradução correta da vontade política vigente, ou decorrerá de vieses e desacertos de um processo de planejamento e negociações orçamentárias ainda mal estabelecido? Em face das profundas implicações de longo prazo que podem decorrer de decisões baseadas em uma análise como a aqui ilustrada, é imprescindível responder precisamente a esta questão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brasil. Comissão Brasileira de Atividades Espaciais. **Plano Nacional de Atividades Espaciais 1993-2005**: versão preliminar. SPL/INPE/COBAE, São José dos Campos, Jun. 1992. 204 p.
- Brasil. Comissão Brasileira de Atividades Espaciais. **Plano Plurianual 91-95**: revisado para o período 93-95. COBAE, Brasília, 1992.
- Brasil. Secretaria da Ciência e Tecnologia. **Relatório Estatístico 1980 a 1990**. Brasília, Março, 1991. 144 p.
- Brasil. Secretaria da Ciência e Tecnologia. **Plano Plurianual 91-95**: revisado para o período 1993-1995. Brasília, 1992.
- Banzato, M.A. **Considerações sobre os efeitos econômicos indiretos dos programas espaciais**. (Dissertação de Mestrado em Análise de Sistemas e Aplicações) - Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1985. (INPE-3594-TDL/196).
- Dawson, K.P. Small budget gain will slow Japanese space progress. **Space News**, 3(01):7, Jan. 1992.
- Fortes, L.T.G. **Estimativa dos recursos financeiros aplicados nas atividades espaciais brasileiras de 1975 a 1991**. São José dos Campos, SPL/INPE, 1992. No prelo.
- Kagoshima Prefectural Government. New Technology and Information Resources Division. **A new century of space**. Kagoshima, Japan, 1992.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Relatório de Atividades: 1988-1989**. São José dos Campos, (s.d.). 50 p.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Serviço de Planejamento Estratégico. **Análise comentada do desempenho do INPE**: relatório preparado por solicitação da SCT. São José dos Campos, SPL/INPE, Jun. 1992. 91 p.
- NASA. Goddard Space Flight Center. **Earth Observing System: reference handbook 1990**. Washington, DC, 1990. 153 p.
- Selding, P.B. France maintains lead in European space industry. **Space News**, 2(19):6, May 1991a.
- \_\_\_\_\_. Indian space budget to grow by 30 percent. **Space News**, 2(30):12, Sep. 1991b.
- Sherman, J.W.III. **The near-term suite of satellite sensors to support developing countries' climate and global change programs**. NOAA, NESDIS. Presented at the 24th ERIM Symposium, Rio de Janeiro, May 27-31, 1991.
- Toussaint, M. European space programmes and budgets. In: **European Space Directory**. 5.ed., Paris, Sevig Press, 1990, p.26-81.