



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2014/02.03.19.36-TDI

A POLÍTICA DE COMPRAS DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO COMO INSTRUMENTO DE CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL

Mônica Elizabeth Rocha de Oliveira

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelo Dr. Leonel Fernando Perondi, aprovada em 18 de fevereiro de 2014.

URL do documento original:

<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3FMAFFB>

INPE
São José dos Campos
2014

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):

Presidente:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Membros:

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Dr. Germano de Souza Kienbaum - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Maria Tereza Smith de Brito - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



sid.inpe.br/mtc-m19/2014/02.03.19.36-TDI

A POLÍTICA DE COMPRAS DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO COMO INSTRUMENTO DE CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL

Mônica Elizabeth Rocha de Oliveira

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Gerenciamento de Sistemas Espaciais, orientada pelo Dr. Leonel Fernando Perondi, aprovada em 18 de fevereiro de 2014.

URL do documento original:

<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3FMAFFB>

INPE
São José dos Campos
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Oliveira, Mônica Elizabeth Rocha de.
Ol4p A política de compras do Programa Espacial Brasileiro como instrumento de capacitação industrial / Mônica Elizabeth Rocha de Oliveira. – São José dos Campos : INPE, 2014.
xxxi + 316 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m19/2014/02.03.19.36-TDI)

Tese (Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Gerenciamento de Sistemas Espaciais) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2014.

Orientador : Dr. Leonel Fernando Perondi.

1. política de compras públicas. 2. compras públicas de tecnologia. 3. Programa Espacial Brasileiro. 4. programas de satélites. 5. capacitação industrial. I.Título.

CDU 629.7:658.712



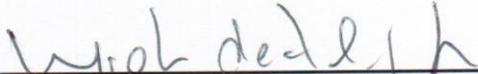
Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de **Doutor(a)** em

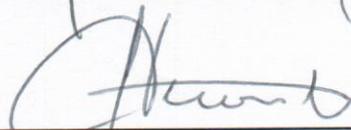
**Engenharia e Tecnologia
Espaciais/Gerenciamento de Sistemas
Espaciais**

Dr. Milton de Freitas Chagas Junior



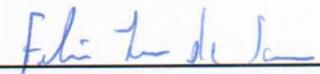
Presidente / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. Leonel Fernando Perondi



Orientador(a) / INPE / São José dos Campos - SP

Dr. Fabiano Luis de Sousa



Membro da Banca / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Arnaldo Souza Cabral



Convidado(a) / ITA / São José dos Campos - SP

Dr. André Tosi Furtado



Convidado(a) / UNICAMP / Campinas - SP

Dra. Ligia Maria Soto Urbina



Convidado(a) / ITA / São José dos Campos - SP

Este trabalho foi aprovado por:

() maioria simples

(X) unanimidade

Aluno (a): **Mônica Elizabeth Rocha de Oliveira**

São José dos Campos, 18 de Fevereiro de 2014

*Nada a temer senão o correr da luta.
Nada a fazer senão esquecer o medo.
Abrir o peito à força, numa procura.
Fugir às armadilhas da mata escura.
Longe se vai sonhando demais,
mas onde se chega assim?
Vou descobrir o que me faz sentir
eu, caçador de mim.*

Sérgio Magrão e Luis Carlos Sá, para Milton Nascimento.

*“Do Senhor é que me vem o meu socorro,
do Senhor que fez o céu e fez a terra”.*

Salmo 120 (121)

À minha família, que é a razão primeira de tudo o que eu faço: meus filhos, meu marido, meus pais, irmãos e sobrinhos. Eles são testemunhas do caminho percorrido até aqui e precisam saber que caminhar com eles é que faz tudo valer a pena.

À Engenharia e Tecnologia Espacial do INPE, onde muitas pessoas se superaram e continuam se superando dia após dia em função de um ideal. Esta tese é sobre o belíssimo trabalho destas pessoas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, de todo meu coração:

A Deus, pela vida, saúde, inteligência, coragem e determinação pra nunca deixar pela metade um trabalho que vale a pena ser feito até o fim. São dons que Ele plantou em mim gratuitamente e que eu desejo colocar inteiramente à Sua disposição para que *“se faça em mim conforme a Sua vontade”*.

Às minhas famílias: pais e irmãos; marido maravilhoso e filhos mais lindos do mundo; sogros e cunhados; tantos amigos que a vida colocou em meu caminho. A todos eles agradeço por tanto amor que recebo e por eles peço a Deus que me faça cada dia mais capaz de amar.

Ao INPE, por ser a instituição de excelência que é, e pela oportunidade de realização deste trabalho.

Aos amigos(as) da equipe do **GCO**, pela competência, dedicação, seriedade, paciência, e por “segurarem as pontas” do grupo para eu conseguir terminar esta tese.

Ao **Amauri Silva Montes**, atual coordenador da Engenharia, pelo apoio irrestrito para que eu pudesse me dedicar aos trabalhos com a tese nesta reta final.

Aos colegas da engenharia espacial do INPE consultados sobre esta pesquisa, pela extrema disponibilidade demonstrada e, sobretudo, pelo entusiasmo profissional e competência que tornam esta história tão bonita de ser contada: **Adenilson Silva; Amauri Montes; Antonio Carlos de Oliveira Pereira Jr.; Arcélio Louro; Felipe Soriano; Janio Kono; Jônatas de Oliveira; José Angelo Neri; Luciana Cardoso; Luiz Antonio dos Reis Bueno; Marcelo Lopes; Marco Antonio Chamon; Mario Baruel; Mário Marcos Quintino da Silva; Mario Saturno; Mário Selingardi; Marcos Bertolino; Marisa Perez; Paulo Marshall; Roberto Lopes; Roberto Marino e Rodolfo Araújo.**

Aos dirigentes e responsáveis pelas empresas contratadas pesquisadas, que com a longa convivência profissional acabaram se tornando colegas de trabalho também: **Francisco Dias, Jadir Gonçalves, Mario Stefani, Célio Vaz, César Celeste Ghizoni, Klaus Johansen, Jorge Ohashi, Edgar Menezes e Claudemir Silva.** Eles abriram as

portas de suas empresas e fizeram questão de explicar e apresentar tudo, em detalhes. Não tenho como agradecer pelo tempo disponibilizado a esta pesquisa.

Ao colega **Alírio Cavalcanti de Brito**, por me acolher em sua sala nesta reta final e pelas trocas de experiências e convivência harmoniosa que fizeram esta fase difícil ficar um pouco mais fácil.

À Pós-Graduação da ETE e do INPE, em especial a **Dra. Maria do Carmo Nono, Dra. Ana Maria Ambrósio, Edleusa Ferreira e Carol Andrade**, pela disponibilidade em todos os momentos em que precisei.

Aos diversos profissionais da Biblioteca do INPE, de modo especial às **Yolanda Souza e Simone Del-Ducca**, sempre eficientes e disponíveis, e à **Rosário Gifoni**, pelas dicas sobre o uso mais eficiente do “word”.

Aos membros da Banca da Defesa Preliminar, pelas importantes contribuições recebidas naquela ocasião: **Profs. Drs. Fabiano Luis de Sousa, Mauricio Gonçalves e Milton Chagas**, a quem agradeço ainda pelas muitas discussões ao longo do tempo em que este trabalho foi conduzido.

Ao **Prof. Dr. André Tosi Furtado**, da Unicamp, pela disponibilidade, receptividade e excelentes intervenções que foram determinantes para o trabalho que temos em mãos. Se o trabalho não está melhor é porque não tive oportunidade ou empenho suficiente para consultá-lo mais vezes.

Ao **Dr. Leonel Fernando Perondi**, por ter acreditado em mim e neste trabalho, pela amizade, pelo conhecimento disponibilizado, pelo exemplo de pessoa humana e, sobretudo, pela paciência em orientar um trabalho acadêmico sempre concorrendo com a urgência profissional.

RESUMO

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é o órgão do Sistema Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais (SINDAE) responsável pela execução dos projetos de satélites do Programa Espacial Brasileiro, sob coordenação da Agência Espacial Brasileira (AEB). Os primeiros projetos, iniciados nos anos 1980, serviram, sobretudo, para capacitação institucional nas tecnologias de satélites e metodologias de gerenciamento de projetos espaciais. Atendendo à diretriz de capacitação industrial definida na legislação que estabelece as atividades espaciais no país, os projetos de satélites do INPE vêm sendo desenvolvidos com participação crescente do setor industrial estabelecido em torno destes projetos e composto, em sua maioria, de empresas de pequeno e médio porte, formadas, muitas vezes, por ex-funcionários do próprio INPE qualificados em projetos anteriores. O conteúdo tecnológico, que vem sendo incrementado a cada geração de satélites, tem sido gradativamente repassado ao setor privado, até chegar ao modelo empregado nos projetos mais recentes, que se aproxima muito do modelo ideal de aquisições públicas de tecnologia citados pela literatura especializada, em que o governo especifica os requisitos funcionais de produtos com alto conteúdo de inovação tecnológica, ficando o projeto e fabricação a cargo de empresas contratadas. O objetivo dessa tese é caracterizar as compras públicas do Programa Espacial Brasileiro, subprograma de satélites, desde os primeiros projetos até os mais recentes e avaliar, através de estudo de caso realizado com os contratos firmados com a indústria nacional para desenvolvimento de subsistemas para os satélites CBERS 3&4, em que medida estas contratações promoveram a capacitação industrial e adensamento tecnológico da cadeia produtiva relacionada ao setor. Os resultados da pesquisa apontam que os projetos de satélites do INPE vêm sendo estruturados de forma a permitir o estabelecimento e a capacitação de um setor industrial especializado que utiliza recursos e competências aplicáveis a setores industriais afins (aeronáutico e defesa), gerando um grande potencial de ocorrência de benefícios industriais e econômicos diretos e indiretos, alguns deles identificados e descritos nesta pesquisa.

THE BRAZILIAN SPACE PROGRAM'S PUBLIC PROCUREMENT AS AN INSTRUMENT OF INDUSTRIAL DEVELOPMENT

ABSTRACT

The National Institute for Space Research (INPE), part of the National System of Space Activities Development (SINDAE), is responsible to develop and execute the Brazilian satellite projects, under coordination of the Brazilian Space Agency (AEB). The first projects, started in the 80's, were mainly to empower INPE in satellite technologies and methodologies of space projects management. In accordance to the guideline of industrial development defined by the legislation which determines all space activities in Brazil, INPE's satellite projects are being developed in an increase participation of the industrial segment settled due to these projects and composed basically of medium and small companies, most of them composed of former employees from INPE, qualified in previous projects. This technological content increasing every new satellite generation has been gradually transferred to industrial segment until the latest projects, whose models are quite close to the ideal model for public technology procurement mentioned in specialized literature, in which the government predefine the functional requirements for products of high level of technological innovation, but the project and realization is under the responsibility of contracted companies. The aim of this thesis is to characterize the procurement of the Brazilian Space Program, subprogram satellites, from the first to the latest satellites projects, and, through a case study conducted with the contracts signed with the domestic industry for development, manufacture and tests of subsystems for CBERS 3 and 4 satellites, evaluate to what extent these contracts promoted industrial technological capability. The survey results show that INPE satellite projects have been structured to allow the establishment and development of a specialized industry that uses resources and skills applicable to other industrial sectors related to space activities (aerospace and defense), generating a great potential for occurrence of indirect effects, as spin-offs and industrial and economic benefits, some of them identified and described in this thesis.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1.1 – Contexto de inserção da pesquisa	07
Figura 1.2 – Categorias de Impactos econômicos de Programas Espaciais....	12
Figura 2.1 – Modelo Linear de inovação	19
Figura 2.2 – Modelo Interativo de inovação	19
Figura 2.3 – PIB per capita e produtividade do trabalho – Brasil (1992-2011) .	38
Figura 2.4 – Produtos da indústria de transformação por intensidade tecnológica	39
Figura 2.5 – Participação dos diferentes grupos de produto na pauta de exportação brasileira de 2000 a 2010, segundo classificação por intensidade tecnológica.....	39
Figura 2.6 – Crescimento econômico e peso da indústria de transformação...	40
Figura 2.7 – Blocos de Sistemas Produtivos do Plano Brasil Maior	42
Figura 2.8 – Taxonomia de políticas de inovação	52
Figura 2.9 – Elementos necessários para configuração de um “ <i>spin-off</i> ”	62
Figura 2.10 – “ <i>Spin-offs</i> ” e “ <i>spin-ins</i> ”	64
Figura 3.1 – Orçamento da NASA como percentual do orçamento dos EUA de 1962 a 2017	73
Figura 3.2 – Atividades espaciais globais em 2012.....	74
Figura 3.3 – Orçamento da NASA entre 1962 a 2017.....	76
Figura 3.4 – Consolidação da indústria aeroespacial na Europa	87
Figura 3.5 – Estrutura do Departamento de Estado indiano	96
Figura 3.6 – Investimentos em Espaço como percentual do PIB da Índia	99
Figura 3.7 – Estrutura de benefícios econômicos do Programa Espacial Indiano	100
Figura 3.8 – Modelo conceitual de uso do espaço para desenvolvimento nacional.....	100
Figura 4.1 – Entrada de requisitos para um Sistema Satélite	106
Figura 4.2 – Ciclo de vida de um projeto espacial.....	109
Figura 4.3 – Gastos públicos em atividades espaciais como percentual do PIB	121
Figura 4.4 – Histórico orçamentário do Programa Espacial Brasileiro (1980- 2009)	122
Figura 4.5 – Representação do Setor Espacial sob a ótica dos “ <i>clusters</i> ”	125

Figura 5.1 – Satélite SCD-1 em teste no LIT.....	128
Figura 5.2 – Satélite SACI-2.....	132
Figura 5.3 – Subsistemas brasileiros e chineses dos CBERS 1&2.....	136
Figura 5.4 – Participação industrial nos satélites CBERS 1&2 – Estrutura e Painel Solar.....	137
Figura 5.5 – Participação Industrial nos satélites CBERS 1&2 (A).....	137
Figura 5.6 – Participação Industrial nos satélites CBERS 1&2 (B).....	138
Figura 5.7 – Vista aberta da Plataforma Multimissão (PMM).....	148
Figura 5.8 – PMM acoplada com Módulo de Carga Útil – Satélite Amazonia-1.....	149
Figura 5.9 – Diferentes Missões utilizando a PMM: GPM e Lattes.....	150
Figura 5.10 – Aumento do conteúdo tecnológico repassado ao setor privado.....	155
Figura 5.11 – Aumento da participação industrial.....	158
Figura 5.12 – Participação da indústria nacional nos projetos de satélites do INPE.....	166
Figura 6.1 – Categorias de Impactos Econômicos de Programas Espaciais.....	171
Figura 6.2 – Esquematização da pesquisa documental para elaboração dos questionários da pesquisa de campo.....	180
Figura 6.3 – Contratos e empresas pesquisados no Estudo de Caso.....	183
Figura 6.4 – Localização geográfica dos fornecedores nacionais dos CBERS 3&4.....	185
Figura 6.5 – Número de funcionários das empresas nacionais contratadas para desenvolver subsistemas ou equipamentos do CBERS 3&4.....	187
Figura 6.6 – Proporção de funcionários de engenharia e de Garantia da Qualidade e do Produto.....	187
Figura 6.7 – Origem do capital controlador das empresas fornecedoras do CBERS 3&4.....	187
Figura 6.8 – Classificação industrial setorial dos fornecedores dos CBERS 3&4 e de seus próprios fornecedores e clientes.....	194
Figura 6.9 – Perfil dos fornecedores nacionais dos CBERS 3&4 quanto à exportação.....	195
Figura 6.10 – Perfil dos fornecedores quanto aos investimentos em P&D.....	197
Figura 6.11 – Resultados da PINTEC 2005 e 2008 para gastos em atividades internas de P&D em diversos segmentos econômicos.....	197
Figura 6.12 – Quantidade de Projetos de P&D desenvolvidos pelas empresas pesquisadas com financiamento por agências de fomento.....	198

Figura 6.13 – Percepção do contratante quanto ao perfil das contratadas, em relação ao referencial satisfatório.....	207
Figura 6.14 – Percepção do contratante quanto à implementação das competências definidas como necessárias para a execução do objeto contratado.....	209
Figura 7.1 – Capacitação adquirida após assinatura dos contratos, em relação às competências listadas como necessárias para realização do objeto contratado.....	217
Figura 7.2 – Capacitação em infraestrutura em decorrência das contratações dos CBERS 3&4.....	221
Figura 7.3 – Incidência de aumento no nível de produção em decorrência da participação no Programa CBERS 3&4.....	223
Figura 7.4 – Incidência de fatores que levaram ao aumento do nível de produção nas empresas pesquisadas.....	223
Figura 7.5 – Perfil das vagas de emprego criadas em decorrência dos contratos dos CBERS 3&4.....	225
Figura 7.6 – Uso da infraestrutura decorrente do CBERS 3&4 para outras finalidades.....	231
Figura 7.7 – Capacitação industrial em Organizações e Métodos e incidência da utilização deste aprendizado além dos contratos CBERS 3&4.....	239
Figura 7.8 – Ocorrência de inovações, diversificação de produtos ou incrementos em produtos, processos e negócios.....	242
Figura 7.9 – Ilustração de fixador para uso ortopédico, produto “ <i>spin-off</i> ” do CBERS 3&4.....	245
Figura 7.10 – Ilustração de visor termal para visão noturna para uso em armas leves e míssil MSS.....	245

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 2.1 – Síntese de diferentes abordagens de transferência de tecnologias espaciais em países selecionados	66
Tabela 2.2 – Resultados de estudos de impactos econômicos relacionados a atividades utilizando a metodologia BETA	67
Tabela 5.1 – Estratégia de desenvolvimento dos Satélites SCD-1&2.....	130
Tabela 5.2 – Estratégia de desenvolvimento do Satélite SCD-2A.....	131
Tabela 5.3 – Estratégia de desenvolvimento dos Satélites SACI-1&2	133
Tabela 5.4 – Empresas subcontratadas pela FUNCATE para os CBERS 1&2	139
Tabela 5.5 – Estratégia de desenvolvimento dos Satélites CBERS 1&2	140
Tabela 5.6 – Estratégia de desenvolvimento do Satélite CBERS-2B.....	142
Tabela 5.7 – Responsabilidades Brasil e China: CBERS 1&2 e CBERS 3&4	143
Tabela 5.8 – Diferenças tecnológicas entre os CBERS 1&2 e CBERS 3&4 ..	144
Tabela 5.9 – Contratos firmados com a indústria nacional para desenvolvimento da parte brasileira dos satélites CBERS 3&4	145
Tabela 5.10 – Estratégia de desenvolvimento da PMM/ Missão Amazonia-1	152
Tabela 5.11 – Participação industrial nos projetos de satélites do INPE por subsistema (A)	153
Tabela 5.12 – Participação industrial nos projetos de satélites do INPE por subsistema (B)	156
Tabela 5.13 – Percentual de investimentos para desenvolvimento do CBERS 3&4 repassado à indústria.....	157
Tabela 5.14 – Percentual de investimentos para desenvolvimento da PMM/ Amazonia-1 repassados à indústria	157
Tabela 6.1 – Subsistemas dos Satélites CBERS 3&4 e divisão de responsabilidades Brasil-China	174
Tabela 6.2 – Contratos firmados com a indústria nacional – CBERS 3&4.....	175
Tabela 6.3 – Classificação dos contratos CBERS 3&4 por Maturidade tecnológica	176
Tabela 6.4 – Ordenação dos contratos CBERS 3&4 por TRL e escolha da amostra da pesquisa	177
Tabela 6.5 – Tempo de fundação dos fornecedores nacionais do CBERS 3&4	186

Tabela 6.6 – Classificação industrial setorial da cadeia de fornecimento do CBERS 3&4 por intensidade tecnológica	192
Tabela 6.7 – Perfil dos produtos exportados pelos fornecedores dos CBERS 3&4.....	195
Tabela 6.8 – Investimentos em P&D em relação ao faturamento	196
Tabela 6.9 – Percepção do contratante quanto a atributos desejáveis das contratadas para o desenvolvimento de subsistemas para os CBERS 3&4.....	207
Tabela 7.1 – Quantificação da competência adquirida após assinatura dos contratos, em relação ao total de competências listadas como necessárias para a execução contratual	216
Tabela 7.2 – Capacitação em infraestrutura em decorrência das contratações dos CBERS 3&4.....	220
Tabela 7.3 – Criação de vagas de emprego em decorrência dos contratos dos CBERS 3&4.....	224
Tabela 7.4 – Efeitos industriais indiretos resultantes da capacitação em infraestrutura nas 8 empresas pesquisadas.....	230
Tabela 7.5 – Capacitação tecnológica criada a partir dos CBERS 3&4 e efeitos indiretos decorrentes.....	234
Tabela 7.6 – Ocorrência de efeitos indiretos decorrentes da capacitação tecnológica gerada a partir das contratações relativas aos CBERS 3&4.....	236
Tabela 7.7 – Capacitação industrial em Organizações e Métodos e efeitos indiretos decorrentes.....	238
Tabela 7.8 – Efeitos comerciais decorrentes da participação nos CBERS 3&4	240
Tabela 7.9 – Ocorrência de efeitos indiretos por empresa pesquisada.....	242
Tabela 7.10 – Produtos novos para o mercado nacional gerados em decorrência da capacitação industrial adquirida a partir da política de compras do Programa CBERS 3&4	244
Tabela 7.11 – Produtos novos para as empresas gerados em decorrência da capacitação industrial adquirida a partir da política de compras do Programa CBERS 3&4.....	246
Tabela 7.12 – Incrementos em produtos existentes gerados em decorrência da capacitação industrial adquirida a partir da política de compras do Programa CBERS 3&4.....	247
Tabela 7.13 – Incrementos em processos gerados em decorrência da capacitação industrial adquirida a partir da política de compras do Programa CBERS 3&4.....	248

LISTA DE QUADROS

	<u>Pág.</u>
Quadro 4.1 – Modelos adotados nas estratégias de desenvolvimento de satélites	110
Quadro 6.1 – Variáveis de análise da pesquisa	173
Quadro 6.2 – Modelos de política industrial para mercados espaciais.....	200
Quadro 7.1 – Variáveis de análise da pesquisa para os efeitos industriais diretos	218
Quadro 7.2 – Variáveis de análise da pesquisa para os efeitos industriais indiretos.....	227

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
AEB – Agência Espacial Brasileira
AOCC – *Attitude and Orbit Control Computer*
AOCS – *Attitude and Orbit Control Subsystem*
AR – *Acceptance Review*
AsGa – Arseneto de Gálio
AWDT – *AWFI Data Transmitter*
AWFI – *Advanced Wide Field Imaging*
BDA – *Brazilian Decimetric Array*
BDR – *Battery Discharge Regulation*
BETA – *Bureau d’Economie Théorique et Appliquée*
BIRD – Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
C&T – Ciência e Tecnologia
C&T&I – Ciência, Tecnologia e Inovação
CAD-Re – *Cost Analysis Data Requirement*
CAST – *Chinese Academy of Space Technology*
CBERS – *China Brazil Earth Resource Satellite*
CCD – *Charge Coupled Device*
CDR – *Critical Design Review*
CLA – Centro de Lançamento de Alcântara
CNAE – Comissão Nacional de Atividades Espaciais
CNDI – Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial
COBAE – Comissão Brasileira de Atividades Espaciais
COMAER – Comando da Aeronáutica
CPU – *Central Processing Unit*
CRC – Centro de Rastreo e Controle de Satélites
CTA – Centro Tecnológico Aeroespacial
CTU – *Central Terminal Unit*
DC/DC – *Direct Current/ Direct Current*
DCS – *Data Collect System*
DCTA – Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial

DDT – Descrição Detalhada de Trabalho
ECSS – *European Cooperation for Space Standardization*
EGSE – *Electrical Ground Support Equipment*
EPSS – *Electrical Power Supply Subsystem*
ESA – *European Space Agency*
EUA – Estados Unidos da América
FAR – *Federal Acquisition Regulations*
FIFA – *Fédération Internationale de Football Association*
GAO – *Government Accountability Office*
GOCNAE – Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais
GP – Garantia do Produto
GQ – Garantia da Qualidade
HRC – *High Resolution Camera*
IAE – Instituto de Aeronáutica e Espaço
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
ICT – Instituição de Ciência e tecnologia
IGP-DI – Índice Geral de Preço – Disponibilidade Interna
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IRMSS – *Infrared Multispectral Scanner*
ISRO – *Indian Space Research Organisation*
ITAR – *International Traffic in Arms Regulations*
JAXA – *Japan Aerospace Exploration Agency*
LIT – Laboratório de Integração e Testes
LTU – *Local Terminal Unit*
MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio
MDR – *Management Design Review*
ME – Modelo de Engenharia
MECB – Missão Espacial Completa Brasileira
MQ – Modelo de Qualificação
MTCR – *Missile Technology Control Regime*
MUX - *Multispectral*
MV(s) – Modelo(s) de Voo

MWT – *MUX e WFI Transmitter*
NASA – *National Aeronautics and Space Administration*
OBDAH – *On Board Data Handling*
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
PAN – *Pancromática e multispectral*
PBM – Plano Brasil Maior
PCB – *Printed Circuit Board*
PCDs – Plataformas de Coleta de Dados
PCU – *Power Conditioning Unit*
PDP – Política de Desenvolvimento Produtivo
PDR – *Preliminary Design Review*
PDU – *Power Distribution Units*
PEB – Programa Espacial Brasileiro
PESE – Programa Estratégico de Sistemas Espaciais
PIB – Produto Interno Bruto
PINTEC – Pesquisa de Inovação Tecnológica
PITCE – Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PMM – Plataforma Multimissão
PNAE – Programa Nacional de Atividades Espaciais
PNDAE – Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais
QR – *Qualification Review*
RTU – *Remote Terminal Unit*
SABIA-Mar – Satélite Argentino-Brasileiro de Informações Ambientais
SACI – Satélite de Aplicações Científicas
SAR – Radar de Abertura Sintética
SATEC – Satélite Tecnológico
SCAs – *Sollar Cell Assembly*
SCD – Satélite de Coleta de Dados
SIA – Sistemas Inerciais para Aplicação Aeroespacial
SNI – Sistemas Nacionais de Inovação
SOW – *Statement of Work*
SSR-1&2 – Satélites de Sensoriamento Remoto 1&2
TNP – Tratado de Não-Proliferação Nuclear
TRL – *Technology Readiness Level*

TT&C – *Telemetry, Tracking and Control*
TTCS – *Telemetry, Tracking and Control Subsystem*
UHF – *Ultra-High Frequency*
UPC – *Unidade de Processamento Central*
UPD/C – *Unidade de Processamento Distribuído*
VLS – *Veículo Lançador de Satélites*
WFI – *Wide Field Imaging*

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações gerais.....	1
1.2 Objetivos	8
1.3 Aspectos metodológicos	9
1.4 Estrutura da Tese.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Desenvolvimento tecnológico e crescimento econômico	16
2.2 Políticas públicas de fomento ao desenvolvimento tecnológico	27
2.2.1 Polêmica em torno do papel do governo.....	27
2.2.2 Política Industrial no Brasil	32
2.3 Política de compras públicas de caráter inovativo.....	46
2.4 Interações entre espaço e outros setores: “spin-in” e “spin-off”	61
3. POLÍTICAS ESPACIAIS E RELACIONAMENTO DE AGÊNCIAS GOVERNAMENTAIS COM O SETOR PRIVADO EM PAÍSES SELECIONADOS	71
3.1 Experiência dos Estados Unidos da América (EUA)	71
3.2 Experiência da União Europeia.....	82
3.3 Experiência da China	90
3.4 Experiência da Índia.....	96
3.5 Conclusão do capítulo.....	103
4. O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO.....	105
4.1 O produto espacial é um produto especial	105
4.2 Aspectos históricos das atividades espaciais no Brasil.....	112

4.3	Por que o Brasil possui um Programa Espacial?	116
4.4	Considerações sobre o setor industrial espacial brasileiro.....	123
5.	POLÍTICA DE CONTRATAÇÕES DOS PROGRAMAS DE SATÉLITES DO INPE	127
5.1	Estratégias de desenvolvimento dos satélites do INPE	128
5.2	Resumo da participação industrial nos projetos de satélites do INPE.....	153
5.3	Considerações legais relacionadas às contratações para projetos de satélites	157
5.4	Conclusão do capítulo.....	165
6.	ESTUDO DE CASO: CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS E CARACTERIZAÇÃO DOS FORNECEDORES DO CBERS 3&4	169
6.1	Considerações metodológicas da pesquisa	169
6.1.1	Variáveis da pesquisa	172
6.1.2	Escolha da amostra do Estudo de Caso	173
6.1.3	Instrumentos de pesquisa	179
6.1.4	Diretrizes e contornos metodológicos	181
6.2	Caracterização dos fornecedores nacionais de Subistemas e Equipamentos para os satélites CBERS 3&4.....	183
6.3	Estrutura da cadeia de fornecedores nacionais dos programas de satélites: aspectos mercadológicos e nível de capacitação	199
6.3.1	Aspectos mercadológicos	199
6.3.2	Nível de capacitação	203
6.4	Percepção do contratante quanto ao perfil da contratada e grau de implementação das competências necessárias para execução do contrato	205

6.5	Conclusão do capítulo.....	210
7.	CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL GERADA EM DECORRÊNCIA DA POLÍTICA DE CONTRATAÇÕES DOS SATÉLITES CBERS 3&4	213
7.1	Efeitos Industriais Diretos.....	218
7.2	Efeitos Industriais Indiretos	226
7.3	Inovações ou incrementos decorrentes da capacitação industrial gerada a partir da Política de Compras dos Satélites CBERS 3&4	241
8.	CONCLUSÕES	251
9.	SUGESTÕES E PROPOSTAS	259
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	263
	ANEXO A – EXEMPLO DE INSTRUMENTO DE PESQUISA APLICADO NO CONTRATANTE	279
	ANEXO B – EXEMPLO DE INSTRUMENTO DE PESQUISA APLICADO NAS EMPRESAS CONTRATADAS.....	287
	ANEXO C – COMPETÊNCIAS DEFINIDAS NA MDR COMO NECESSÁRIAS PARA EXECUÇÃO DOS SUBSISTEMAS PESQUISADOS	301

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações gerais

A inovação é reconhecida, modernamente, como uma das principais forças impulsionadoras do desenvolvimento econômico em um país, razão pela qual políticas governamentais de fomento à inovação são mandatórias nas economias contemporâneas.

O desenvolvimento econômico, segundo Cano (2012), é o resultado de um processo de crescimento econômico acompanhado de aumento da produtividade média, sem o que a economia não gera excedente suficiente para acelerar a taxa de investimento e diversificar a estrutura da produção e do emprego. Esse processo, segundo ele, tem o poder de, progressivamente, transformar as estruturas sociais e políticas, alterando hábitos e costumes da sociedade. A produtividade média de uma economia, por sua vez, apresenta estreita relação com a inovação, a qual é caracterizada, principalmente, por uma força de trabalho bem preparada e investimentos substanciais em pesquisa e desenvolvimento.

Existem diversos mecanismos governamentais de estímulo e fomento à inovação, dentre os quais: regulações, subsídios públicos para atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), infraestrutura científica e tecnológica e as compras públicas.

Compras públicas, segundo Miranda (2008), são aquisições de bens e serviços que a administração pública realiza para seu consumo próprio. Existem diversos objetivos indiretos que podem ser alcançados a partir do exercício do poder público de compras, além dos objetivos específicos relacionados aos bens ou serviços pretendidos, dentre os quais podem ser citados: compatibilidade e adequação ao uso, qualidade, integridade, durabilidade, manutenibilidade, custos, prazo de entrega.

Edquist, Hommen e Tsipouri (2000) distinguiram pelo menos cinco usos instrumentais das compras públicas como ferramenta política: (i) impulsionar a demanda geral e estímulo da atividade econômica, com consequente geração de emprego; (ii) proteção da indústria nacional contra competição estrangeira; (iii) incremento da competitividade de certos setores industriais estratégicos; (iv) redução de diferenças regionais; (v) criação de empregos em setores marginais da força de trabalho. Além destes, pode-se acrescentar o uso das compras públicas como instrumento de estímulo e fomento à inovação, instrumento do lado da demanda cuja importância vem sendo crescentemente reconhecida nos últimos anos.

O volume de recursos financeiros dispendido em compras do setor público é considerável, tanto no Brasil quanto em outros países. Dados relativos ao período compreendido entre 2002 e 2006 indicam que as compras governamentais nas três esferas do poder público brasileiro representaram em média 7,1% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, sem levar em consideração as aquisições das sociedades de economia mista, mas somente a Administração direta: União, estados e municípios (SILVA, 2009, pp. 23). Neste período, as esferas municipal e estadual foram responsáveis por 80%, em média, do volume total de contratações.

Os números verificados em outros países mais desenvolvidos indicam que as compras públicas de bens e serviços, nestes países, representam entre 10 e 16% dos respectivos PIBs (SILVA, 2009; ASCHHOFF e SOFKA, 2009; ROLFSTAM, 2009).

O governo brasileiro, atento ao potencial de seu papel como comprador, tem instituído mecanismos para obtenção dos benefícios indiretos mencionados anteriormente, através de legislação específica como: a Lei Complementar nº 123/2006, que estabelece tratamento diferenciado e favorecido às Micro e Pequenas Empresas nas compras governamentais em todas as esferas de poder no país; a Lei nº 12.349/2010, que alterou a redação do caput do art. 3º

da Lei. 8.666/93, para incluir como finalidade das licitações públicas o desenvolvimento nacional sustentável, e, ainda, incluiu a possibilidade de contratar os casos previstos no art. 20 da Lei de Inovação; o Decreto nº 7.546/2011, que regulamenta a aplicação de margens preferenciais nas compras governamentais para produtos manufaturados e serviços nacionais.

O Plano Brasil Maior, política de desenvolvimento industrial e tecnológico do governo Dilma Rousseff, lançado em agosto de 2011, também destaca a importância do uso do poder de compras do estado brasileiro para estímulo da produção e inovação no país, bem como para defesa da indústria nacional e do mercado interno.

Há, no entanto, ainda, muito a ser explorado no país em termos da utilização do poder de compra governamental, a fim de tornar mais eficaz a aplicação dos recursos públicos com vistas aos benefícios indiretos que podem alcançar.

A oportunidade de capacitação relacionada às compras governamentais pode e deve envolver competências básicas e sob domínio na economia, mas diversos estudos relacionados ao tema são focados nas encomendas de Estado que impõem desafios tecnológicos para setores industriais considerados de ponta.

Estudos conduzidos nos anos 70 e 80 (MOWERY e ROSENBERG, 1979; ROTHWELL e ZEGVELD, 1981; ROTHWELL, 1984; GEROSKI, 1990; todos citados por EDLER e GEORGHIOU, 2007) analisaram as compras governamentais como ferramenta de fomento à inovação e concluíram que estas são instrumentos mais eficientes para impulsionar a inovação do que a maioria dos subsídios públicos para P&D. O tema ficou negligenciado durante algum tempo até que voltou a ser foco de novos estudos nos anos 2000, sobretudo na Europa (EDQUIST et. al., 2000; EUROPEAN EXPERT GROUP, 2005; FRAUNHOFER, 2005; AHO REPORT, 2006; ASCHHOFF e SOFKA, 2008 e 2009; IRELAND PROCUREMENT INNOVATION GROUP, 2009; ELIASSON, 2010).

Também no Brasil, diversos estudos recentes contribuíram para aprimorar a compreensão do uso do poder de compras governamental, como por exemplo: Marques (2005), que analisou as compras públicas no Brasil e Estados Unidos, como foco no estudo da concorrência segundo o paradigma Estrutura-Condução-Desempenho; Silva (2005), que avaliou a política de compras de entidades públicas como instrumento de capacitação tecnológica, estudando o caso da Petrobrás; Miranda (2008), avaliando o efeito da Política de Compras do Comando da Aeronáutica (COMAER) para o aprendizado tecnológico de fornecedores e Silva (2009), voltando novamente à Petrobrás, porém visando analisar a aprendizagem tecnológica resultante de compras governamentais; Moreira e Vargas (2009), buscando entender como as compras governamentais induzem o desenvolvimento de inovações, tendo como ponto de partida o “*Chain-Linked Model*”; e Moreira e Vargas (2012), que estudaram o processo de indução de inovações decorrentes de compras governamentais em empresas prestadoras de serviços de *software*.

O Programa Espacial Brasileiro possui uma forte componente de capacitação industrial, conforme definido pela Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), instituída através do Decreto nº 1.332, de 8 de dezembro de 1994, que estabelece os objetivos centrais para a realização de atividades espaciais no país, dentre eles a participação industrial e capacitação nacional em tecnologias estratégicas.

Para cumprimento dos objetivos e diretrizes relacionados à capacitação tecnológica, a encomenda pública de produtos e serviços de alto conteúdo tecnológico consiste em um dos principais instrumentos, senão o principal, ao alcance dos órgãos responsáveis pela execução do programa espacial.

Políticas de incentivo à indústria relacionada ao Setor Espacial podem afetar de maneira positiva outros setores estratégicos para o país e economicamente importantes para a economia nacional, como o Aeronáutico e o de Defesa. A relação existente entre estes setores, no país, se deve tanto à proximidade

geográfica, já que seus atores principais estão majoritariamente instalados na cidade de São José dos Campos, região Leste do Estado de São Paulo, quanto em razão de fatores de produção e de mercado que compartilham entre si, como tecnologias, fornecedores, recursos humanos especializados, instituições de apoio (universidades, organismos de fomento, laboratórios), entre outros.

Até agora, pouco se conhece a respeito das políticas de compras do setor espacial no Brasil, lacuna que esta pesquisa busca preencher. Nela, o Setor Espacial Brasileiro é representado pelo subprograma de Satélites, sob responsabilidade do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em razão de particularidades que diferenciam os segmentos de satélites e de veículos lançadores.

O INPE vem atendendo às diretrizes de capacitação tecnológica constantes da PNDAE através da contratação de empresas nacionais para desenvolvimento e fornecimento de subsistemas e equipamentos para plataformas orbitais. Os primeiros projetos, conduzidos a partir dos anos 80, serviram, sobretudo, para capacitar o próprio Instituto nas tecnologias de satélites. Nos projetos seguintes, o conteúdo tecnológico apreendido foi gradativamente repassado à indústria nacional, ao mesmo tempo em que novos desafios tecnológicos foram sendo incorporados, levando os processos de contratação mais recentes a se aproximarem muito das *“aquisições públicas de tecnologia”*, conforme conceito proposto por Edquist, Hommen e Tsipouri (2000): compra de um produto ou sistema ainda não existente, cujo projeto e produção requerem muito, ou completo, trabalho de desenvolvimento tecnológico.

Os modelos mais recentes de contratações praticados pelo INPE, para seus projetos de satélites, possuem ainda outra característica importante: os requisitos funcionais do produto demandado são predefinidos pelo governo, ficando a solução técnica e fabricação a cargo das empresas selecionadas através de processo competitivo. Modelos com esta característica são

apontados pela literatura especializada no tema (EDQUIST et al, 2000) como o modelo ideal de aquisições públicas de fomento à inovação.

O desafio colocado por estes projetos de satélites à indústria nacional, no entanto, não está restrito apenas ao atendimento dos requisitos funcionais do objeto a ser desenvolvido, mas também aos elevados requisitos de qualidade e confiabilidade característicos dos produtos espaciais, que exigem das empresas envolvidas qualificações específicas e melhorias em seus processos, habilitando-as a lidar com produtos complexos e de alto valor agregado.

Por ocasião do Planejamento Estratégico do INPE realizado em 2006 e finalizado em 2007, o Grupo Temático nº 04 (GT04/INPE, 2007) se dedicou a diagnosticar a organização e densidade produtiva e tecnológica do setor industrial relacionado às atividades espaciais e a identificar caminhos e ações necessários para o aumento da densidade das diversas cadeias produtivas associadas ao setor. Na ocasião, os especialistas do INPE que compunham o citado Grupo Temático concluíram que o processo de solidificação e adensamento da cadeia produtiva do setor espacial está estritamente relacionado com a consolidação das capacitações e tecnologias desenvolvidas no INPE ao longo de sua história.

Assim sendo, a presente pesquisa pretende aprofundar o entendimento sobre o tema, através da descrição e caracterização das compras públicas dos projetos de satélites do Programa Espacial Brasileiro e identificação da capacitação industrial gerada ao longo destes projetos, buscando responder aos seguintes questionamentos:

- (i) Quais foram as estratégias de contratação adotadas nos diferentes projetos de satélites do Programa Espacial Brasileiro (PEB)?
- (ii) As compras públicas relacionadas aos projetos de satélites conduzidos pelo INPE contribuíram ou contribuem para a

capacitação tecnológica e organizacional de seus fornecedores?
 Como esta capacitação tem ocorrido?

- (iii) As encomendas públicas dos projetos de satélites do PEB têm contribuído para a transferência de tecnologias e competências do setor espacial para outros setores?

A Figura 1.1, a seguir, representa, de forma esquematizada, o contexto em que a presente pesquisa está inserida, bem como sua contribuição para aprofundar o entendimento a respeito das práticas e potencialidades das compras governamentais relacionadas aos projetos de satélites brasileiros.

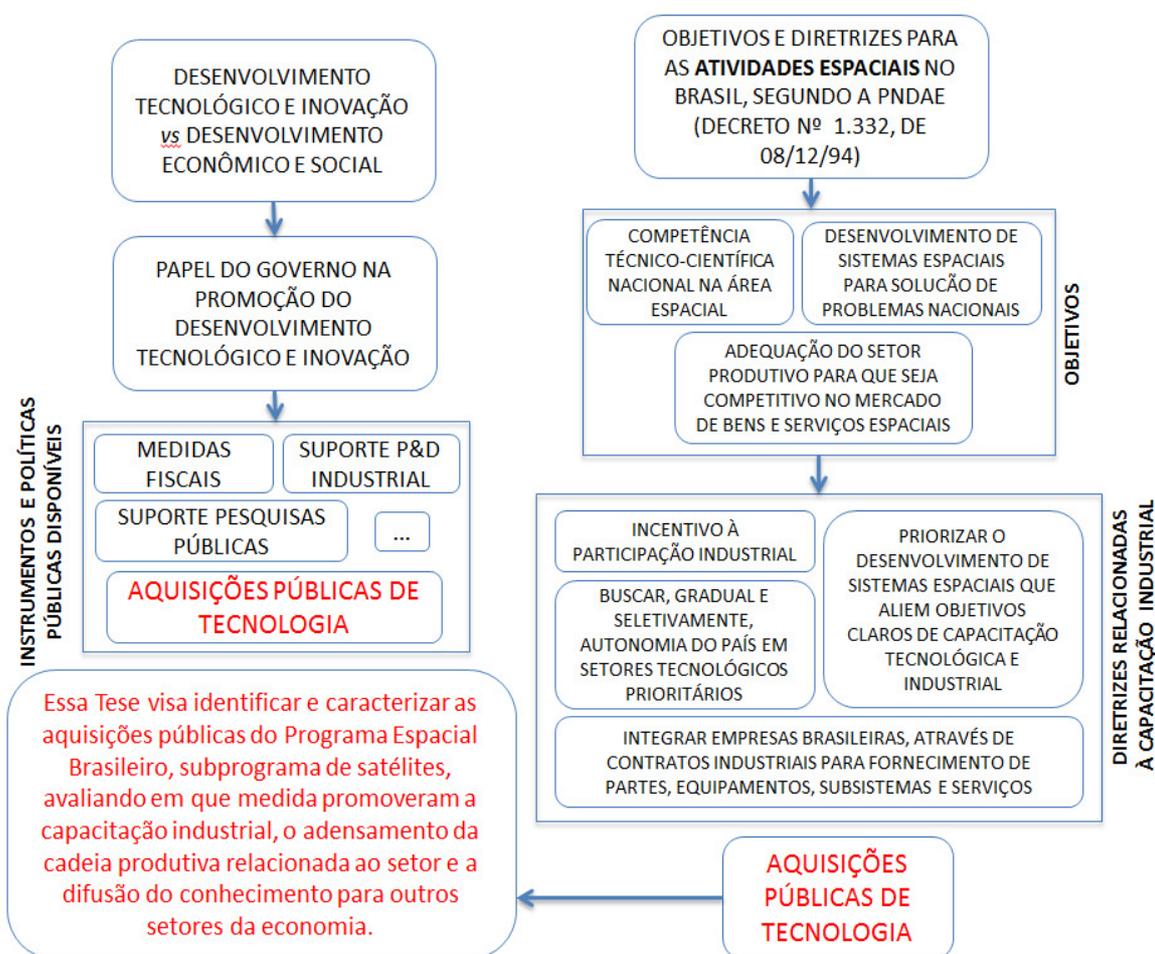


Figura 1.1 – Contexto de inserção da pesquisa

1.2 Objetivos

Os objetivos gerais da presente Tese são: 1) analisar a estratégia de desenvolvimento e contratações dos projetos de satélites do Programa Espacial Brasileiro; 2) avaliar a contribuição da política de compras dos programas de satélites do Brasil para a capacitação da cadeia industrial envolvida com as atividades espaciais no Brasil; e 3) identificar a transferência de tecnologias e competências do setor espacial para outros setores.

Para cumprimento dos objetivos gerais, os objetivos específicos são os seguintes:

- I. Realizar uma revisão teórica a respeito dos seguintes temas: desenvolvimento tecnológico e crescimento econômico, política industrial, política industrial no Brasil, política de compras públicas, compras públicas como instrumento de apoio à capacitação industrial e efeitos indiretos (*“spin-offs”*);
- II. Descrever as estratégias de desenvolvimento e contratação adotadas pelo INPE, em cada programa de satélites;
- III. Levantamento da experiência de outros países no uso da Política de Compras Públicas na área espacial;
- IV. Caracterizar o universo de empresas fornecedoras do programa de Satélites brasileiros, no caso específico, do programa de satélites CBERS 3&4, objeto do Estudo de Caso desta tese;
- V. Quantificar os efeitos de aprendizado para um universo selecionado de firmas contratadas;
- VI. Identificar a transferência de tecnologia e de competências do setor espacial para outros setores;
- VII. Identificar e classificar impactos indiretos derivados do processo de conhecimento decorrentes destas contratações. Estes impactos indiretos serão classificados em termos de: a) novos mercados,

produtos, tecnologias, processos, patentes, publicações, entre outros; b) introdução de novos métodos de gerenciamento; c) mudanças induzidas na estrutura organizacional; d) uso da participação em projetos espaciais como uma referência de marketing; e) incremento da capacitação técnica dos funcionários; e f) aprimoramento da infraestrutura;

VIII. Identificar elementos que permitam aprimorar a eficácia do uso de Política de Compras Públicas como ferramenta de capacitação industrial, no âmbito do Programa Espacial Brasileiro.

1.3 Aspectos metodológicos

A presente pesquisa pode ser classificada como exploratório-descritiva, uma vez que visa “*descrever as características de um fenômeno observado, a fim de aumentar a familiaridade com este e torná-lo mais explícito*” (Gil, 2006, pp. 41). Segundo o autor, o estudo exploratório se faz, geralmente, através de pesquisa bibliográfica, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o fenômeno investigado e análise de exemplos que estimulem a compreensão.

A primeira fase desta pesquisa consistiu em uma revisão bibliográfica aprofundada para construção de um referencial teórico consistente, buscando reflexões e conceitos a respeito do vínculo entre desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento econômico, políticas públicas de fomento à capacitação tecnológica, compras públicas de caráter inovativo e interações entre espaço e outros setores, bem como a experiência de países selecionados no relacionamento de suas agências espaciais com o setor industrial privado por meio de compras públicas.

Na segunda fase da pesquisa, buscou-se caracterizar as estratégias de contratação adotadas em cada projeto de satélite desenvolvido pelo INPE, desde os iniciados a partir dos anos 1980 até os mais recentes, procurando

destacar a participação industrial e a capacitação resultantes destes projetos. Os resultados desta etapa são construídos a partir tanto de consultas documentais e revisão bibliográfica relativas ao histórico dos projetos, quanto de entrevistas com funcionários do INPE que atuaram diretamente nestes projetos, gerenciando-os ou acompanhando-os tecnicamente.

A terceira fase da pesquisa consiste em Estudo de Caso conduzido em amostra selecionada do universo de contratos industriais nacionais firmados para fornecimento de subsistemas e equipamentos dos satélites CBERS 3&4. A escolha do método de Estudo de Caso fundamenta-se pela intenção desta pesquisa de investigar um fenômeno contemporâneo em profundidade, levando em consideração seu contexto (Yin, 2010, pp. 39).

A pesquisa de campo foi efetuada através de entrevistas estruturadas semiabertas, aplicadas tanto do lado do contratante/INPE, representado pelos fiscais designados para acompanhamento técnico dos contratos, quanto do lado das empresas contratadas, representadas pelos seus dirigentes que também atuaram como responsáveis técnicos pela condução das atividades. As entrevistas foram conduzidas com os seguintes objetivos:

- Avaliar a percepção do lado do contratante quanto a certos atributos propostos pela pesquisa para os fornecedores do Programa e quanto ao grau de implementação, ao longo da execução contratual, das competências definidas no início da contratação como necessárias para que as empresas conseguissem realizar o objeto do contrato;
- Avaliar a contribuição da política de compras do programa de Satélites CBERS 3&4 para a capacitação da cadeia de fornecedores nacionais, sendo esta capacitação medida a partir das competências identificadas na fase contratual denominada pelo INPE como “*Management Design Review*” (MDR). Estas competências foram agrupadas em função das variáveis de análise escolhidas para a pesquisa e extraídas a partir de metodologia proposta pelo “*Bureau d’Economie Théorique et Appliquée*”

(BETA), da Universidade de Strasbourg, na França (COHENDET, 1997);

- Identificar a transferência do conhecimento adquirido no âmbito do Programa CBERS 3&4 para outros setores nos quais as empresas atuem.

A identificação das competências avaliadas como necessárias, pela contratada e pelo contratante, para a consecução do objeto contratado, para cada um dos subsistemas selecionados para o estudo de caso, foi feita através de exaustiva consulta documental a relatórios elaborados como escopo da etapa contratual denominada MDR, uma das primeiras a serem cumpridas logo após a assinatura dos contratos. Estes relatórios, de modo geral, foram estruturados em função de quatro aspectos: recursos humanos, infraestrutura, exequibilidade tecnológica e métodos e processos, confluindo com a forma de estruturação das categorias de análise de efeitos industriais proposta pela Metodologia do BETA, o que facilitou muito a condução da pesquisa.

Esta metodologia, criada para avaliação de grandes programas tecnológicos e de inovação, propõe que os impactos que resultam de programas tecnológicos de larga escala, como os Programas Espaciais, sejam classificados em Impactos Sociais e Impactos Industriais, cada um deles tendo seus efeitos diretos e indiretos, conforme ilustrado na Figura 1.2, na página seguinte. Segundo ele, impactos sociais referem-se ao uso final do produto advindo do programa, como por exemplo, os serviços derivados de satélites meteorológicos e de telecomunicações, enquanto que os impactos industriais relacionam-se ao uso do conhecimento tecnológico derivado de um programa e sua difusão através da economia.

Para os objetivos deste trabalho, foram considerados apenas os efeitos industriais, diretos e indiretos. Os efeitos diretos são aqueles que fluem das relações contratuais entre as agências espaciais e as firmas contratadas encarregadas do projeto, enquanto os efeitos indiretos estão relacionados às

externalidades que ocorrem fora do escopo destas relações contratuais e que se difundem pela economia como um todo (COHENDET, 1997).

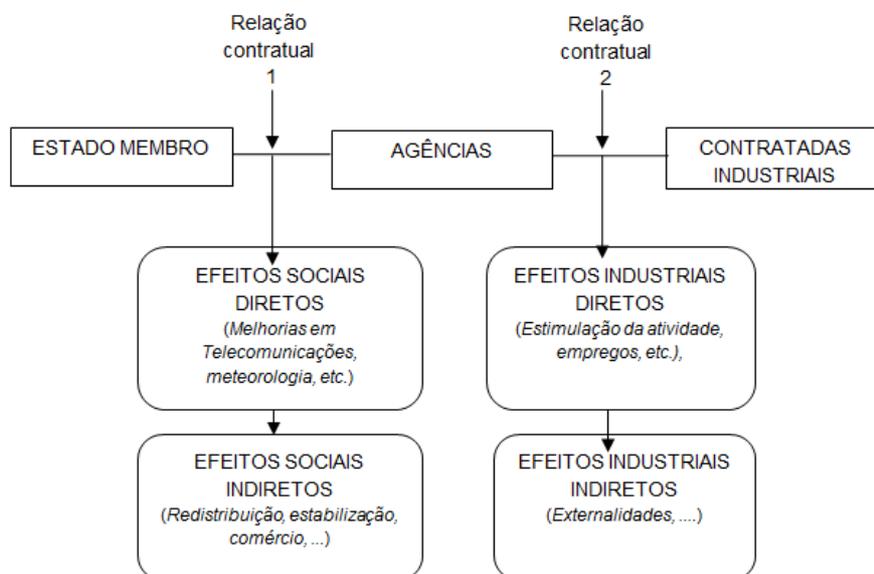


Figura 1.2 – Categorias de Impactos Econômicos de Programas Espaciais

Fonte: Cohendet (1997)

É importante mencionar que, embora a tese descreva as diferentes estratégias de contratação adotadas para cada programa de satélites conduzido pelo INPE, não foi objetivo desta pesquisa fazer cruzamento dos resultados para comparação entre estas estratégias.

Finalmente, foram estimados somente os fenômenos de criação de competência que surgem inicialmente nas organizações contratadas como resultado da política de compras do CBERS 3&4 e não os efeitos gerados na economia como um todo.

1.4 Estrutura da Tese

Esta tese é estruturada em oito capítulos, sendo esta introdução, o primeiro deles. O segundo capítulo apresenta revisão bibliográfica sobre o vínculo entre desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento econômico e considerações sobre o papel do governo na promoção do desenvolvimento tecnológico e econômico, além de discutir conceitos relevantes para este trabalho, como os

de política industrial, política de compras públicas de caráter inovativo, e interações entre o setor espacial e outros setores.

No terceiro capítulo, são relatadas as experiências de países selecionados (EUA, União Europeia, China e Índia) no relacionamento de suas agências espaciais com o setor industrial privado por meio do exercício de compras governamentais, enquanto o quarto capítulo apresenta o Programa Espacial Brasileiro, relatando brevemente alguns aspectos históricos, discutindo as motivações e objetivos para que o país possua um Programa Espacial e apresentando as especificidades dos produtos espaciais que os tornam “produtos especiais”. Ainda no quarto capítulo, são desenvolvidas considerações sobre o setor industrial espacial brasileiro.

O quinto capítulo descreve as estratégias de desenvolvimento e a política de contratação dos programas de satélites SCD-1&2, SCD-2A, SACI-1&2, CBERS 1&2, CBERS-2B, CBERS 3&4 e PMM/ Missão Amazonia-1, todos conduzidos pelo INPE, além de trazer considerações legais relacionadas às contratações para projetos de satélites no Brasil.

O sexto capítulo inicia a apresentação dos resultados do Estudo de Caso conduzido em uma amostra selecionada do universo de contratos firmados com empresas nacionais para desenvolvimento, fabricação e testes de subsistemas e equipamentos dos satélites CBERS 3&4. O capítulo inicia-se apresentando os contornos metodológicos da pesquisa realizada e os critérios de seleção da amostra escolhida, caracteriza o universo de fornecedores pesquisados e apresenta os resultados da investigação feita junto ao contratante para apurar sua percepção quanto a alguns atributos propostos pela pesquisa para os fornecedores do Programa CBERS, bem como quanto ao grau de implementação, ao longo da execução do contrato, das competências identificadas à época da assinatura do contrato como necessárias para cumprimento do objeto contratado.

O sétimo capítulo apresenta e classifica os efeitos industriais diretos e indiretos derivados das contratações firmadas com a indústria nacional para desenvolvimento de subsistemas para os satélites CBERS 3&4, em termos de: novos mercados, produtos, tecnologias, processos, patentes, publicações; introdução de novos métodos de gerenciamento; mudanças na estrutura organizacional; uso da participação em projetos espaciais como referência de marketing; incremento da capacitação em recursos humanos; e aprimoramento da infraestrutura.

Finalmente, são apresentadas as conclusões do trabalho, procurando identificar elementos que permitam aprimorar a eficácia do uso do poder de compras governamentais como ferramenta de capacitação tecnológica no âmbito do Programa Espacial Brasileiro, bem como sugestões e propostas para estudos futuros relacionados ao assunto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Diversos estudos conduzidos nos últimos decênios reconhecem a forte vinculação existente entre progresso técnico e desenvolvimento econômico. Ainda que existam algumas divergências sobre o “*como*”, há grande consenso sobre a importância do papel desempenhado pelos governos para a promoção e estímulo do avanço tecnológico das nações.

Dentre as diversas formas de políticas e mecanismos disponíveis para que governos atuem na promoção da inovação tecnológica em seus países, cresce a percepção da importância do papel do próprio governo como demandante de novas tecnologias, através de processos de aquisição pública. Este mecanismo, que se encontra no cerne da presente pesquisa, constitui o principal objeto de discussão desse capítulo, que se encontra estruturado em quatro partes.

A primeira parte apresenta uma revisão da literatura acerca da relação entre desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento econômico em um país, enquanto a segunda parte trata do papel do governo neste processo, introduz conceitos de política industrial e sumariza os principais instrumentos de que se utiliza para promovê-la, finalizando com uma breve descrição das políticas industriais praticadas no Brasil, nas últimas décadas.

Na continuação, são aprofundados os conceitos de compras públicas, destacando um tipo específico de encomenda pública denominada na literatura especializada como “aquisições públicas de tecnologia”.

Finalmente, a última seção do capítulo aborda as externalidades positivas derivadas das interações existentes entre as atividades do setor espacial com outros setores produtivos, comumente denominadas pelos termos “*spin-ins*” e “*spin-offs*” ou “efeitos indiretos”. A seção busca, ainda, apresentar uma breve revisão da literatura sobre como estas externalidades positivas ocorrem e de que maneira podem ser potencializadas.

2.1 Desenvolvimento tecnológico e crescimento econômico

O entendimento da dinâmica do desenvolvimento econômico e a origem da riqueza vêm sendo objeto de estudo de muitos filósofos e estudiosos, por muitos séculos. Entre o século XVI e final do século XVIII, prevaleceu o pensamento mercantilista, que defendia a implementação de políticas que gerassem o acúmulo de metais preciosos, muitas vezes obtidos por meio de comércio exterior e expansão marítima (vivia-se a época das grandes navegações lideradas por Portugal e Espanha, seguidos por França e Inglaterra).

Esta abordagem foi combatida pelo pensamento fisiocrata, surgido na França do século XVIII, país essencialmente agrícola, e liderado por François Quesnay. Para os fisiocratas, que defendiam que as atividades humanas deveriam ser conduzidas em harmonia com as leis naturais, o cultivo da terra seria a fonte de toda riqueza. Segundo eles, quanto maior o nível de atividade agrícola, maior o nível de produto total, pois a produção industrial seria ampliada com o excedente gerado do trabalho da terra (GREMAUD et al., 2003).

Quase no mesmo período do pensamento fisiocrata, surge a escola clássica econômica, cujo principal representante foi Adam Smith, colocando o trabalho humano como fonte de riqueza e não como um elemento intermediário entre a riqueza e sua fonte (a natureza). Smith defendia a divisão do trabalho e a especialidade como condição para aumento da produtividade e que o valor do trabalho seria função de seu valor moral, esforço e dificuldade. A acumulação de capital, para Adam Smith, seria a segunda causa da riqueza de uma nação. Ao procurar direcionar o seu capital para as atividades em que se agrega mais valor, os indivíduos acabariam por aumentar o valor total da produção da sociedade, ou seja, da riqueza da nação. (SMITH, 2007; GREMAUD et al., 2003, pp. 73).

David Ricardo, considerado sucessor de Adam Smith, considerava que *“possuindo utilidade, o valor de troca das mercadorias derivariam de duas fontes básicas: de sua escassez e da quantidade de trabalho necessária para obtê-la”*. (RICARDO, 1996, citado por SILVA, 2003). Assim, a acumulação de capital precisaria da produtividade do trabalho.

Karl Marx, representante da escola alemã de filosofia do século XIX, também vinculava a acumulação de capital à produtividade social do trabalho e afirmava que o incremento na produtividade seria dependente de alterações na composição técnica do trabalho. Ele considerava que uma economia moderna só teria uma forma de expandir-se: através da incessante transformação da sua estrutura produtiva para elevar a produtividade do trabalho humano, ou seja, a tecnologia como indutor da produtividade e a produtividade como fonte de riqueza.

A relação entre tecnologia e desenvolvimento econômico foi consideravelmente subvalorizada durante o período da escola neoclássica, quando o principal foco econômico passou à formulação de modelos econômicos, formação de preços, distribuição de renda, sendo a tecnologia considerada como um dos fatores de produção. Somente com Joseph Schumpeter, no início do século XX, a questão tecnológica volta ao centro da discussão sobre o desenvolvimento econômico, sendo ele considerado o precursor do estudo da inovação. Para ele, a inovação modifica a própria forma da função de produção, mais do que provoca variação da função de produção pela variação na quantidade de fatores (SHERWOOD, 1992; TORRES, 2012).

Para Schumpeter, segundo Moricochi e Gonçalves (1994), a produção seria função dos meios de produção, dos recursos naturais disponíveis e da força de trabalho, mas também da disponibilidade de conhecimento aplicado da sociedade e do ambiente sociocultural em que opera a economia. Os três primeiros fatores, segundo ele, seriam os "componentes de crescimento" enquanto os dois últimos fatores, que considera os mais importantes, seriam os

"componentes de desenvolvimento", responsáveis pelos "saltos" que se verificam no sistema econômico. O ciclo constante de inovações determinaria o que Schumpeter chamou de "destruição criadora", quando empresas veem seus mercados serem alterados ou destruídos pelo surgimento de produtos substitutos ou mais competitivos, num processo evolucionário.

As ideias de Schumpeter foram amplamente difundidas e inspiradoras para diversos estudiosos que passariam a ser chamados de evolucionistas ou neoschumpeterianos. Esta corrente de pensamento considera, numa analogia com as teorias evolucionárias biológicas, os seguintes elementos presentes na economia: (i) unidades fundamentais de seleção – tecnologias, políticas, aspectos culturais, que são modificadas e aprimoradas de geração a geração; (ii) mecanismos e critérios de seleção multidimensionais afetando as condições de sobrevivência; (iii) adaptações e variações – processo através do qual agentes adaptam, aprendem e inovam, introduzindo novidades comportamentais no sistema (DOSI e NELSON, 1994).

Com a inovação no centro do desenvolvimento econômico, estudos importantes foram conduzidos no intuito de compreender as relações entre ciência, tecnologia e inovação e o processo através do qual a inovação tecnológica é gerada. O entendimento a esse respeito, inicialmente uma "caixa preta", contendo componentes e processos totalmente desconhecidos, evoluiu para a formulação de modelos bem comportados e simples, que foram complementados, em seguida, com novos fluxos e elementos.

Um dos primeiros modelos desenvolvidos para o entendimento das relações entre ciência e tecnologia foi o Modelo Linear de Inovação¹, Figura 2.1 a seguir.

¹ Benoît Godin (2006) cita que a autoria do Modelo Linear é desconhecida e frequentemente associada ao Relatório *Science: the Endless Frontier*, de Vannevar Bush, 1945. No entanto, defende que a abordagem utilizada por Bush era uma versão ainda incipiente do modelo, associando a pesquisa básica à aplicada. Segundo ele, o desenvolvimento como decorrência da pesquisa aplicada foi adicionado num segundo estágio, que posteriormente foi complementado por economistas, que adicionaram as atividades externas ao processo de P&D: produção e difusão.

Este modelo considera a inovação como decorrência natural das atividades de pesquisa (inicialmente básica, mas que alavancaria a pesquisa aplicada), desenvolvimento, produção e mercado, com estes eventos ocorrendo em sequência, numa via de mão única.

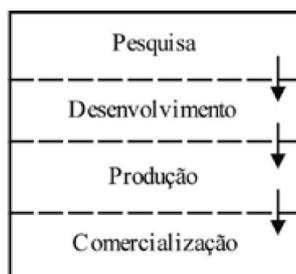


Figura 2.1 – Modelo Linear de inovação

Fonte: Kline e Rosenberg (1986)

Kline e Rosenberg (1986), sob a constatação das limitações do Modelo Linear em representar os fluxos de informações e “*feedbacks*” vindos do processo de desenvolvimento, das vendas e dos usuários finais, propuseram o “Modelo Interativo” ou “*Chain-Linked Model*”, representado na Figura 2.2 abaixo.

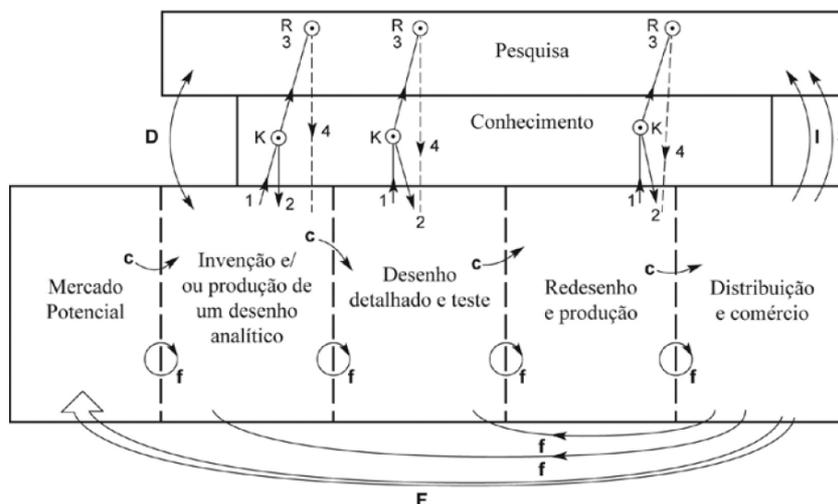


Figura 2.2 – Modelo Interativo de inovação

Fonte: Kline e Rosenberg (1986)

Segundo este modelo, existe não apenas um, mas cinco caminhos que descrevem como o processo de geração da inovação ocorre: o caminho central, representado pelas setas “C”, que descreve uma trajetória que parte da constatação da existência de um mercado potencial para a inovação; a segunda trajetória, marcada pelas conexões e *feedbacks* que ocorrem ao longo deste caminho central, representado pelas setas “f” e “F” (em que “F” representa os *feedbacks* particularmente importantes); a terceira trajetória, indicada pela seta em duplo sentido “D” e conexões “K” e “R”, ocorrendo em diversas etapas da trajetória do processo de inovação, associando o conhecimento e a pesquisa às atividades inovativas, já que o processo de geração da inovação precisa ser suportado pela existência de um estoque de conhecimento e a soluções científicas e tecnológicas disponíveis; a quarta trajetória, indicada novamente pela seta “D”, representa as inovações radicais geradas pelo avanço científico e tecnológico, enquanto a quinta e última trajetória, indicada pelas setas “I” e “S”, representa o impacto do avanço tecnológico – novos instrumentos, máquinas, ferramentas e procedimentos – sobre a própria pesquisa científica.

Assim, o modelo descreve bem os *feedbacks* existentes entre as diversas etapas do processo (percepções do mercado, oportunidades identificadas durante o processo de desenvolvimento e produção), bem como observou que a interação entre ciência e inovação é uma via dupla: o avanço da própria ciência frequentemente depende de avanços tecnológicos, assim como as demandas da inovação com muita frequência forçam a criação da ciência. Além disso, a inovação muitas vezes não se origina a partir de pesquisas, mas de pessoas trabalhando em organizações, utilizando-se de conhecimentos amplamente acessíveis, ou por observação ou *feedbacks* do próprio mercado.

Existem outras abordagens não lineares propostas para modelagem do processo de produção do conhecimento, como, por exemplo, Jensen et al. (2007), que analisaram duas formas de conhecimento e modos de inovação que consideraram ideais: o modelo baseado na produção e uso de

conhecimento científico e tecnológico codificado (*Science, Technology and Innovation – STI Mode*) e o modo de aprendizado baseado na experiência de Fazer, Usar e Interagir (*Doing, Using and Interacting – DUI Mode*). A respeito da diferença entre estes modelos, os autores consideram que os mesmos são aplicáveis a diferentes contextos e estratégias e que o elemento central comum entre eles é a ênfase na inovação como um processo interativo no qual firmas interagem com clientes e fornecedores e com instituições que geram conhecimento. De fato, Kline e Rosenberg (1986) já enfatizavam que o processo de inovação envolve um sistema completo, que inclui além da própria organização inovadora, seu contexto social, o ambiente de mercado e instituições de produção de conhecimento.

Esta constatação da interatividade entre instituições e contexto criando condições para a geração da inovação consiste também na base para uma série de estudos desenvolvidos a partir do final da década de 1980, relacionados a “Sistemas Nacionais de Inovação (SNI)”. O desenvolvimento da abordagem de SNI, fortemente baseado em observações de fenômenos econômicos ocorridos em diversas partes do mundo, está fundamentado, segundo Edquist e Hommen (1999), em teorias de aprendizagem interativa e teorias evolucionárias, considerando certas perspectivas institucionalistas negligenciadas nas teorias econômicas neoclássicas.

Edquist e Hommen (1999) identificaram nove características de uma abordagem de Sistema de Inovação:

1. Inovação e processos de aprendizagem como foco central;
2. Adoção de uma perspectiva interdisciplinar (não apenas fatores econômicos, mas também organizacionais, sociais e políticos) e holística;
3. Levam em consideração uma perspectiva histórica;
4. Buscam entender as diferenças entre sistemas existentes e não entre sistemas reais e sistemas idealizados;
5. Enfatizam a interdependência e não linearidade;
6. Incluem inovações tanto tecnológicas quanto organizacionais;
7. Enfatizam o papel central das instituições;
- 8.

Consideram a perspectiva evolucionária, na qual haveria um processo de seleção gradual que reduziria pluralismos e ambiguidades; 9. Utilizam quadros conceituais mais que teorias formais. (EDQUIST e HOMMEN, 1999).

Sob este enfoque, diversos estudos foram realizados tanto em países industrializados quanto em países de industrialização recente (SOLOW, 1957; DENISON, 1962; PACK e WESTPHAL, 1986; KIM, 1997; citados por KIM e NELSON, 2005; NELSON, 1993; LALL, 2005), concluindo que o avanço tecnológico foi o maior responsável pelo aumento da produtividade do trabalho e desenvolvimento destas economias e que por trás do progresso destas nações existia uma rede de instituições orientadas para a inovação.

Nelson, em 1993, conduziu um estudo comparativo em 15 países com o objetivo de compreender a estrutura de SNI em cada um deles e identificar similaridades e diferenças que permitissem uma análise mais aprofundada do assunto em relação ao que havia sido feito até então. O estudo identificou que as estruturas de SNI diferiam significativamente de um para outro país, em razão, por exemplo, da estrutura econômica e política dos países, sistema educacional, tamanho do mercado interno, recursos naturais disponíveis, problemas de segurança nacional, dentre outros fatores.

A busca do entendimento das particularidades envolvendo o papel das instituições nos SNI levou toda uma geração de estudiosos, segundo Nelson (2007), a focar nas “*instituições certas*”, o que teria limitado o escopo de análise destes estudos. Se o avanço tecnológico é a força motriz por trás do progresso econômico, ele afirma que o entendimento do papel das instituições e mudanças institucionais no crescimento econômico deve ser função do quanto estas variáveis estão conectadas com a mudança tecnológica.

Neste sentido, Nelson e Sampat (2001, citados por NELSON, 2007) propuseram o conceito de tecnologia social, onde, numa analogia a uma receita de bolo, o termo “tecnologia” indicaria os procedimentos necessários

para se atingir um determinado resultado desejado, e o termo “social”, os múltiplos atores envolvidos e os mecanismos de coordenação para assegurar que os vários aspectos da receita serão seguidos para fazer com que funcione.

Suzigan e Furtado (2010) citam que Nelson (2006) destacou o caráter evolucionário das tecnologias sociais, quando velhas formas de fazer as coisas são substituídas por formas novas, induzidas, muitas vezes, por novas instituições, num processo de “*destruição criadora*” semelhante ao que Schumpeter descreveu para as firmas.

Para ilustrar como esse processo ocorre, cabe citar Castells (1999), que ao buscar compreender as razões que levam ao desenvolvimento tecnológico de países, fez-se o seguinte questionamento: quais os fatores que levaram revoluções industriais a ocorrer em certos países? Ele observou que, quando a primeira revolução industrial aconteceu, centrada principalmente na Europa Ocidental e Inglaterra, países como China, Ásia, Rússia e Europa Oriental demonstravam, sob diversos aspectos, superioridade cultural, comercial e econômica. Este mesmo fenômeno, observou ele, voltou a acontecer na segunda revolução, quando o foco mudou para os EUA e Alemanha.

A respeito do aparente “paradoxo”, concluiu que:

A inovação tecnológica não é uma ocorrência isolada e reflete um determinado estágio de conhecimento; um ambiente institucional e industrial específico; uma certa disponibilidade de talentos para definir um problema técnico e resolvê-lo; uma mentalidade econômica para dar a essa aplicação uma boa relação custo/benefício; e uma rede de fabricantes e usuários capazes de comunicar suas experiências de modo cumulativo e aprender “usando” e “fazendo”. (CASTELLS, 1999).

Outro aspecto importante relacionado ao caráter evolucionário implícito na abordagem de Sistemas Nacionais de Inovação diz respeito aos processos de aprendizagem tecnológica. A definição de aprendizagem tecnológica pode ser considerada, conforme Figueiredo (2004), sob duas perspectivas: a primeira,

referindo-se à trajetória de acumulação de capacidade tecnológica e a segunda, aos *processos* pelos quais a capacidade tecnológica é construída. Cassiolato (2004, citado por SILVA, 2009) define a aprendizagem tecnológica como um *“processo cumulativo por meio do qual as firmas ampliam seus estoques de conhecimento, aperfeiçoam seus procedimentos de busca e refinam suas habilidades em desenvolver e fabricar produtos”*.

Conforme visto anteriormente nesta seção, quando foram abordados os modelos de inovação não lineares, interativos, os usuários desempenham um papel importante no processo de geração de inovação, através de seus *feedbacks*. Os usuários são, portanto, agentes fundamentais do processo de aprendizagem de um Sistema de Inovação².

Estudos realizados em países de industrialização recente acerca dos processos de aprendizagem tecnológica, destacam ainda outro aspecto interessante: a oportunidade de apropriação de soluções desenvolvidas em economias mais avançadas, num fenômeno que Gerschenkron (1966, citado por CASTRO, 2002) classificou como *“vantagem do atraso”* (LEE, 2005; LALL, 2005, KATZ, 2005). Este processo de apropriação, no entanto, afirma Lall (2005) não é trivial e envolve capacitação para seleção de soluções apropriadas e esforços em todos os níveis da empresa (chão da fábrica, processos, engenharia do produto, qualidade, manutenção, etc.) para domínio e adaptação da solução. Além disso, destaca, o próprio processo de aprendizado é algo que precisa ser aprendido.

Esses fenômenos de adaptação tecnológica, embora não consistam em avanços na fronteira da tecnologia em nível mundial, exigem um esforço significativo e levam a substanciais avanços tecnológicos locais por parte de quem os empreende. Katz (2005), tendo estudado a dinâmica do aprendizado

² A importância dos usuários também é elemento de destaque por Porter (1999), que defende que a demanda sofisticada é um dos determinantes da vantagem competitiva tanto aplicada a firmas quanto a nações.

tecnológico no período de substituição de importações na Argentina, Brasil e México, afirmou que o período resultou em expansão industrial e um vasto conjunto de habilidades tecnológicas, hábitos de trabalho e normas de comportamento nestes países. Muitas empresas conseguiram, segundo ele, acumular um estoque próprio de habilidades tecnológicas que lhe permitiram aumentar significativamente sua produtividade e competitividade, reduzindo seus desníveis em relação à fronteira tecnológica mundial. Esse processo foi interrompido durante a década de 1980, sobretudo, ele atribui, a problemas macroeconômicos enfrentados pelos três países observados.

Citando estudos que ele próprio elaborou em anos anteriores (1976, 1986 e 1987), Katz (2005) diz ter identificado que até dois terços dos índices observados de aumento de produtividade em empresas latino-americanas nos anos de substituição de importações são atribuídos a esforços internos de geração de conhecimento incremental feitos rotineiramente no chão de fábrica para otimizar o desempenho em termos de custos unitários, tempos de manutenção, qualidade do produto e prazos de produção.

Um processo de aprendizado tecnológico ocorre em diversos graus de profundidade, numa escala evolutiva, embora não necessariamente sequencial. Os mecanismos de aprendizagem tecnológica mais citados na literatura especializada sobre o tema, segundo Silva (2009), são: “*learning by doing*” (aprender ao fazer, relacionado às experiências e habilidades desenvolvidas na constante repetição das atividades produtivas), “*learning by using*” (aprender ao usar, decorrentes do uso do produto por seu usuário final), “*learning by adapting*” (aprender ao adaptar, que requer empenho para aumento do domínio sobre os processos tecnológicos); “*learning by design*” (aprender ao projetar, que requer o entendimento de sua concepção básica); “*learning by setting up complete production system*” (aprender ao montar sistema de produção completo), “*learning by improved design*” (aprender pelo aperfeiçoamento do projeto, relacionada a introdução de modificações e melhorias, requerendo

atividades de P&D), “*learning by design new process*” (aprender ao desenhar novos processos, que exige atividades de P&D em áreas fundamentais).

Com relação ao caráter evolutivo das formas de aprendizagem, Silva (2009) identifica as seguintes gradações: nível básico (“*learning by doing*” e “*learning by using*”), intermediário (“*learning by adapting*”, “*learning by design*” e “*learning by setting up complete production system*”) e avançado (“*learning by improved design*” e “*learning by designing new process*”). Esta gradação decorre da identificação do aprendizado com atividades de rotina (nível básico), requisitos de domínio (intermediário) e atividades de P&D (nível avançado).

Edquist e Hommen (1999) propõem a classificação do aprendizado como um elemento do processo de seleção considerado nas teorias evolucionárias, no sentido de que aprender é um mecanismo através do qual a diversidade é criada. Considerando o aprendizado nestes termos, percebe-se o quanto iniciativas que levem ao aprendizado, ainda que incrementais, são importantes para o crescimento econômico.

O INPE, atuando como demandante de tecnologia em seus programas de satélite, tem a oportunidade de atuar de diferentes maneiras neste processo: i) propondo desafios tecnológicos de nível intermediário (“*learning by design*”) a avançado (“*learning by improved design*”); ii) desempenhando o papel do cliente exigente, capaz de retroalimentar o sistema de aprendizado com os “*feedbacks*” de usuário final³; iii) como instituto de pesquisa, elemento importante do Sistema Nacional de Inovação, compartilhando sua experiência e conhecimentos com o setor produtivo.

³ Usuário final aqui considerado tanto sob a perspectiva da engenharia espacial, focada diretamente no desenvolvimento do sistema/produto espacial, quanto do segmento aplicações, já que o INPE conduz diversos programas de monitoramento ambiental utilizando imagens dos seus satélites e depende da qualidade destes produtos para entregar produtos melhores para o próprio governo, através dos indicadores que produz, e sociedade em geral.

2.2 Políticas públicas de fomento ao desenvolvimento tecnológico

2.2.1 Polêmica em torno do papel do governo

A discussão em torno do papel do governo no processo de desenvolvimento industrial, tecnológico e econômico de uma nação é cercada de contrapontos. Embora algumas formas de atuação sejam amplamente aceitas, como o Estado “provedor” de ciência fundamental e tecnologias genéricas, que servem como base para a inovação tecnológica pelo setor privado, há muitos pontos de vistas diferentes sobre “se” ou “como” o governo deve atuar mais diretamente.

Muitos autores, fundamentando-se nos argumentos da teoria neoclássica liberal, defendem a atuação da “mão invisível” do mercado como melhor elemento para orientar o desenvolvimento econômico, argumentando que a intervenção e proteção governamentais geralmente levam a ineficiência na alocação de recursos. Outros, porém, baseando-se numa perspectiva mais contemporânea, reconhecem a ocorrência das chamadas “falhas de mercado” (relacionadas, por exemplo, à informação imperfeita, externalidades positivas e negativas, bens públicos e monopólio natural) e a necessidade de intervenções governamentais para compensá-las.

Os argumentos contrários à atuação do governo no mercado comumente citam as dificuldades técnicas em avaliar os desvios e identificar as ações necessárias à sua compensação, além de pressões políticas e institucionais, que levam às chamadas “falhas de governo”, que podem chegar a ser maiores que as “falhas de mercado” a serem enfrentadas (GADELHA, 2001; CASTRO, 2002; SILVA, 2005 e 2009; IEDI, 2011; CORONEL et al., 2012). Esta abordagem política reativa e restrita, focada apenas em corrigir as “imperfeições de mercado”, agindo sobre as condições gerais do ambiente econômico sem ser seletiva em termos de atores e setores, geralmente é chamada de “horizontal ou sistêmica”.

Para os defensores desse enfoque, a atuação do governo deveria consistir em prover infraestrutura física, educacional e instituições de pesquisa; atuar no controle de monopólios e cartéis; política fiscal austera; incentivo à poupança; estabilidade econômica e institucional; simplicidade no sistema tributário; regulação das concessões de serviços públicos; dentre outras ações macroeconômicas ou sistêmicas que impactam positivamente, porém indistintamente, sobre o setor privado.

Essa abordagem encontra resistência, sobretudo, entre os autores dedicados à questão do desenvolvimento, que argumentam que, em países com problemas estruturais profundamente entranhados, a mera atuação em correção de imperfeições de mercado não é suficiente para levar à alocação ótima de recursos e equilíbrio do sistema econômico idealizados pela abordagem neoclássica (DOSI, 1988; LALL, 2005). Alguns autores (ERBER e CASSIOLATO, 1997, POSSAS, 1999, e STRACHMANN, 2006, citados por SILVA, 2009; DOSI, 1988) chegam a argumentar que as imperfeições de mercado na verdade constituem “características de mercado” e Dosi (1988) defende que limitar o escopo de atuação institucional a categorias de características “sub-ótimas” do mundo empírico, em comparação com o modelo teórico, é, na verdade, uma tentativa de “*tornar o mundo mais parecido com a teoria*”.

Os defensores das políticas industriais denominadas “verticais ou seletivas” consideram importante a ação seletiva do Estado sobre atores, setores e atividades que devem ter sua participação aumentada na estrutura econômica. Os autores neoschumpeterianos ou evolucionistas, em geral, defendem esta abordagem, baseados no reconhecimento da inovação como elemento estratégico para o desenvolvimento econômico, o que imprime dinamismo e assimetrias na economia, e na constatação do comportamento pouco racional e conhecimento limitado dos agentes do mercado (SUZIGAN e FURTADO, 2006; SILVA, 2005).

Diversos autores consideram inadequada tanto a existência da própria dicotomia quanto a opção por um de seus polos, já que o desenvolvimento econômico é um processo complexo que, para ser alcançado, depende de uma ação política ativa e abrangente, direcionada a setores ou atividades industriais indutoras de mudança tecnológica e também ao ambiente econômico e institucional como um todo (GADELHA, 2001; KUPFER, 2003; SUZIGAN e FURTADO, 2006; SILVA, 2009).

Neste ponto, vale ressaltar que desenvolvimento econômico, no contexto que está sendo considerado, é mais que crescimento do nível do produto. Adotando a definição proposta por Kupfer (2003), desenvolvimento econômico significa crescer com mudança estrutural, e não “*fazer mais do mesmo*”, o que, à luz das teorias vistas na seção anterior, envolve progresso tecnológico.

De fato, estudos conduzidos em países desenvolvidos ou que avançaram rapidamente de um estágio de atraso para uma condição de competitividade em relação a outros países mais desenvolvidos (BROOKS, 1986; AMSDEN, 1989 e 2001, citada por ALMEIDA, 2009; NELSON, 1993; CASTRO, 2002; MOWERY e ROSENBERG, 2005; LALL, 2005; KIM e NELSON, 2005; PORTER, 1989) identificaram, dentre vários elementos convergentes e divergentes, ter havido uma forte ênfase no progresso tecnológico, impulsionado por uma atuação governamental deliberada e consciente. Esta foi a conclusão a que chegou também o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD) em seu relatório “*The East Asian Miracle: Economic Growth and Public Policy*”, de 1993 (citado por SILVA, 2005), que analisando o milagre econômico ocorrido nos países do Leste Asiático, identificou diversas intervenções governamentais sistêmicas visando ao desenvolvimento socioeconômico da região e desenvolvimento de indústrias específicas, dentre as quais destacamos políticas de substituição de importações e de estímulo à exportação.

Baseado em estudo realizado em 15 países que na ocasião representavam cerca da metade de todo o comércio exterior do mundo, Porter (1989) pontuou sua observação de que a prosperidade nacional é criada e não herdada e definiu os determinantes da vantagem competitiva nacional (o “*diamante*” da vantagem nacional). Neste estudo, destacou a importância central da atuação governamental para a “*criação de fatores*”, ressaltando, porém que fatores como educação e infraestrutura básica certamente são condições fundamentais, mas que dificilmente desencadeiam vantagem competitiva. Segundo ele, os fatores que se convertem em competitividade são aqueles avançados, especializados e vinculados a setores ou grupo de setores específicos, como centros especializados de pesquisa, e a indução da conexão entre estes e os setores privados. Outro papel importante para o governo, segundo ele, é o estímulo à sofisticação da demanda interna através, por exemplo, de regulamentações capazes de melhorar a performance de produtos através de requisitos rigorosos de segurança, ambientais e tecnológicos.

Suzigan e Furtado (2006) também defendem uma atuação governamental ativa na indução do desenvolvimento tecnológico, iniciando desde a *decisão* de colocar em primeiro plano as transformações tecnológicas e mudanças estruturais necessárias para o desenvolvimento econômico de longo prazo, passando pela *liderança e coordenação ex ante*⁴, buscando a colaboração estratégica com empresas e entidades do setor privado, moldando as regras de comportamento, processos de aprendizado, padrões de seleção e condições contextuais.

Analisando casos de “*catch up*” pós-guerra (Alemanha e Japão) e, mais recentemente, Coréia do Sul, Cingapura e China, Castro (2002) apontou a coordenação antecipada *extra mercado* e *extra firma* como um dos elementos decisivos, ao lado da decisão tomada por grandes e poderosos atores e o

⁴ A coordenação *ex ante* é um contraponto ao modelo reativo de intervenção focada na correção de imperfeições de mercado, que corresponderia a uma coordenação *ex post*.

compartilhamento de conhecimentos criados com o avanço de novas soluções, apontando para o papel governamental neste processo de coordenação.

Este papel de coordenação atribuído aos governos é extremamente complexo, sobretudo nas economias onde problemas profundamente arraigados precisam ainda ser resolvidos, envolvendo mudanças em instituições, mercados e culturais. Nelson (2006, citado por SUZIGAN e FURTADO, 2010) considera que este processo de mudança institucional é um desafio muito mais difícil de ser enfrentado do que o “*catching up*” em tecnologias físicas. O desafio, portanto, que é colocado para países nesta situação, é duplicado: assimilar tecnologias físicas durante um processo de transformação institucional, para facilitar a produção, aplicação e exploração do conhecimento na economia.

Na função de coordenação atribuída ao governo, emerge outra questão relevante para essa pesquisa, ainda que controverso: a coordenação de esforços de P&D a fim de minimizar os efeitos gerados pela redundância nos esforços inventivos relacionados à P&D industrial. Nelson (2006) abordou o assunto, considerando que, se por um lado a redundância é uma característica importante de um processo evolucionário, já que a disponibilidade de diferentes opções permite ao mercado selecionar as melhores alternativas, numa avaliação impossível de se fazer antecipadamente, por outro gera desperdícios que poderiam ser evitados por meio de algum tipo de coordenação.

Esta preocupação com os custos crescentes associados ao desenvolvimento de novos produtos, especialmente aqueles localizados na fronteira tecnológica, e os consequentes riscos financeiros associados às inovações, já estava presente em Kline e Rosenberg (1986), que indicaram a necessidade de repensar a forma de gerenciar e financiar a atividade inovativa.

Neste sentido, Nelson (2006) sugere o compartilhamento de conhecimento e a cooperação entre firmas (tanto na cadeia empresas-fornecedores-clientes quanto entre empresas rivais); entre firmas e universidades; entre firmas e institutos de pesquisa. Analisando naquele contexto a tendência de

crescimento da cooperação e levando em consideração a hipótese formulada por Schumpeter de que o capitalismo em determinado momento tenderia ao socialismo, Nelson questionou se estaria ocorrendo uma possível “*socialização da P&D*”, embora tenha concluído que não, em razão dos problemas de apropriabilidade.

A percepção de que a pesquisa independente por parte de rivais consiste em desperdício, duplicação de esforços e tendência de subinvestimento em P&D, tem motivado muitos governos a adotar posturas de incentivo a formas diretas de cooperação, como, por exemplo, nos EUA, em que leis de defesa da concorrência foram ajustas para permitir maior cooperação em P&D, e Europa, em que megaprojetos são conduzidos com esforços conjuntos de empresas de vários países. Em outros países, no entanto, como o Japão, os esforços governamentais de estímulo à cooperação são apontados principalmente como meio de estímulo à pesquisa por parte das empresas (PORTER, 1999). Uma tendência observada atualmente no campo da C&T e P&D é das chamadas “formas abertas” (“*open science*” e “*open innovation*”), cuja principal característica é a participação e colaboração em massa entre organizações e indivíduos, aplicando a lógica da economia de escopo e de escala associada à produção de conhecimento e tecnologia (SALLES et al., 2008).

Esta pesquisa não pretende discorrer sobre o assunto em profundidade, mas tão somente abordar a questão da economicidade relacionada aos projetos cooperativos. Este fundamento é relevante na análise de setores intensivos em aprendizagem tecnológica e sofrendo a escassez de recursos, como é o caso do Programa Espacial Brasileiro, que será caracterizado mais detalhadamente nos capítulos posteriores desta Tese.

2.2.2 Política Industrial no Brasil

O termo política industrial pode ser entendido de forma mais abrangente, se referindo a um conjunto de medidas e programas que direta ou indiretamente

afetam a atividade industrial em um país, ou de modo mais restrito, partindo da escolha de setores ou tecnologias que se pretende fomentar.

Em decorrência dos conceitos apresentados em seções anteriores, esta tese defende que é papel do governo intervir não apenas de forma reativa, mas utilizar-se de políticas do tipo “seletivas”, atuando não apenas na manutenção de condições macroeconômicas favoráveis, mas favorecendo o desenvolvimento de setores e atividades de base tecnológica e capacidade inovativa, capazes de gerar efeitos positivos na produtividade e competitividade da economia como um todo.

Esta atuação governamental ativa e abrangente, baseada no enfoque de autores neoschumpeterianos e evolucionistas, visando criar condições favoráveis ao desenvolvimento econômico liderado pela indústria e impulsionado pela inovação, é no que consiste uma política industrial (SUZIGAN e FURTADO, 2006 e 2010).

A Política Industrial brasileira vive atualmente o que Almeida (2009, pp. 12) chama de “*renascimento*”, após um período (anos 1980 e 1990) em que o governo teria se retirado da promoção de setores econômicos, tanto pela escassez de recursos fiscais quanto pela adoção de teorias econômicas liberais.

Suzigan (1996) descreve a experiência histórica da Política Industrial no Brasil, citando que, antes da década de 1930, não havia uma política econômica voltada à promoção do desenvolvimento industrial. Segundo o autor, as primeiras tentativas de planejamento do desenvolvimento industrial no âmbito de planos econômicos nacionais ocorreram nos anos 30 e 40, porém com características de fóruns de debates, mais que de planejamento.

Esta situação, continua, começaria a ser modificada no segundo governo Vargas, anos 50, com a formação de uma base institucional de planejamento que serviria posteriormente de apoio para o Plano de Metas do governo

Kubitschek, que coordenava um programa de investimentos públicos e privados (nacionais e estrangeiros) organizados em torno de um conjunto de metas específicas, com resultados, porém, pouco expressivos.

Em razão da crise econômica e política dos anos 60 (regime militar), segundo Suzigan (1996) o plano de desenvolvimento industrial teria perdido espaço para os planos de estabilização econômica, até o “milagre econômico” dos anos 70, período marcado pelo crescimento industrial motivado por uma política de desenvolvimento nacionalista focada na substituição de importações e expansão de exportações de manufaturados.

Após este período, a década de 1980 foi um período de estagnação econômica, inflação elevada e involução tecnológica, industrial e institucional. (KUPFER, 2003; SUZIGAN e FURTADO, 2006 e 2010). Neste período, havia uma forte presença do governo no mercado via empresas estatais em setores como telecomunicações, energia e siderurgia. As técnicas gerenciais ultrapassadas, o frequente uso político da estrutura pública e a dificuldade do estado em realizar os investimentos necessários para modernização dessa pesada “máquina estatal” associaram uma imagem negativa de burocracia, improdutividade e ineficiência dos órgãos públicos até que, nos primeiros anos da década de 1990, foi iniciado um processo de privatização fortemente apoiado pela atuação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). A década de 1990 também foi marcada pela adesão do Brasil a ideias neoliberais formuladas no Consenso de Washington⁵ e por um processo de exposição industrial à competição por produtos importados, em

⁵ Conjunto de princípios econômicos formulados em reunião ocorrida em novembro de 1989 na capital dos EUA, com participação de funcionários do governo norte-americano, FMI, Banco Mundial e BID, com a finalidade de avaliar as reformas econômicas empreendidas nos países latino-americanos, segundo Paulo Nogueira Batista, em artigo intitulado “O Consenso de Washington: a visão neoliberal dos problemas latinos americanos”, de 1994, disponível em http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arg_urbanismo/disciplinas/aup0270/4dossie/nogueira94/nog94-cons-washn.pdf, acesso em 26/11/2013, às 20h.

função de dois motivos: a abertura comercial promovida pelo governo Collor e a equiparação da moeda nacional ao dólar, com a edição do Plano Real.

Em meio a sérias crises setoriais decorrentes desta concorrência internacional verificou-se um forte movimento de reestruturação nas empresas brasileiras, levando, segundo Castro (2002), a resultados expressivos em termos de diversificação (replicação nacional de produtos importados) e incremento da qualidade e da produtividade. Este esforço, no entanto, segundo ele, não foi suficiente para que as companhias nacionais penetrassem nos mercados externos, mas para que estivessem melhor preparadas para atender ao mercado doméstico, não muito exigente em termos de qualidade.

Da segunda metade da década de 1990 até início dos anos 2000, o foco político esteve na estabilização econômica, até que em 2004, no primeiro governo Lula, foi formulada a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), com três eixos de atuação⁶: linhas de ação horizontais (inovação e desenvolvimento tecnológico, isenção externa/exportações, modernização industrial, ambiente institucional), setores estratégicos (software, semicondutores, bens de capital, fármacos e medicamentos) e em atividades portadoras de futuro (biotecnologia, nanotecnologia e energias renováveis)

Avaliando a PITCE como Política de Desenvolvimento, Suzigan e Furtado (2006) destacam como pontos fortes o estabelecimento de metas, o foco na inovação e a constatação da necessidade de uma organização institucional para coordenar a execução da política (o que resultou na criação da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI). Dentre os pontos fracos, apontam a incompatibilidade com a política macroeconômica, desarticulação entre seus instrumentos e destes com as demandas das empresas, carência de infraestrutura física e de C,T&I e problemas de comando e coordenação na execução da política. Durante a vigência da PITCE, ainda, importantes marcos

⁶ Segundo informações extraídas do site da ABDI, disponível em http://www.abdi.com.br/Paginas/politica_industrial.aspx, acesso em 19/11/2013, às 16h50.

legais foram criados, como a Lei do Bem (Lei 11.196/2005), Lei da Inovação (Lei 10.973/2004) e Lei da Biossegurança (Lei 11.105/2005).

No segundo governo Lula, em 2008, foi formulada a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) com quatro macrometas⁷: acelerar o investimento fixo, estimular a inovação, ampliar a inserção internacional do Brasil e aumentar o número de micro e pequenas empresas exportadoras.

O problema de governança identificado na PITCE foi resolvido na PDP, segundo IEDI (2011), ficando a coordenação política a cargo do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), apoiado pela ABDI, BNDES, Ministério da Fazenda, Conselho Gestor e comitês-executivos, Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI) e Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia. Almeida (2009, pp. 18) avalia que a PDP possuía uma ampla estratégia de política, focada em vários setores industriais, desde a promoção de “*empresas maquiadoras*”⁸ até a criação de setores intensivos em tecnologia. Observa, porém, que a política era muito focada em resultados de curto prazo, considerando positivo, por exemplo, o crescimento da participação nas exportações de produtos nos quais o Brasil já tinha vantagens comparativas, ao invés de focar na mudança na composição da pauta de exportações.

Esta característica diversificada e abrangente das políticas industriais no Brasil, segundo Almeida (2009) é decorrência dos contrastes de que é feito o cenário econômico no país: economia forte, com significativo mercado interno, agropecuária competitiva e riquezas naturais, porém com baixo desempenho industrial, em termos de crescimento, de conteúdo tecnológico e de

⁷ Segundo informações extraídas do site da ABDI, disponível em http://www.abdi.com.br/Paginas/politica_industrial.aspx, acesso em 19/11/2013, às 16h50.

⁸ O termo “*empresas maquiadoras*” refere-se a empresas que importam peças e componentes de suas matrizes estrangeiras para manufatura de produtos, por trabalhadores com salários inferiores que no país de origem, que serão depois exportados para o país de origem ou para onde o produto seja competitivo (segundo revista Com Ciência, disponível em <http://www.comciencia.br/200405/reportagens/06.shtml>, acesso em 14/04/2014).

participação nas exportações. Estes contrastes, avalia, muitas vezes dificultam a formulação de políticas industriais para o país, que precisam ser diversificadas o suficiente para lidar tanto com “*o que se quer ser*” quanto com “*o que já se é*”, o que as tornaria, segundo ele, mais propensas a fortalecer a atual estrutura produtiva do que a modificá-la em direção a setores mais intensivos em tecnologia.

Mas, afinal, poder-se-ia perguntar, qual seria o problema do Brasil seguir em frente com sua estrutura produtiva atual, fortemente baseada em *commodities* e produtos de baixo conteúdo tecnológico? O problema está em prosseguir com um sistema produtivo de baixa produtividade e uma pauta de produção de menor valor agregado, com remuneração mais baixa por unidade de trabalho que uma pauta de produtos de elevado conteúdo tecnológico.

Squeff e De Negri (2013) afirmam que o baixo crescimento da produtividade, que é refletida pela capacidade da nação de empregar seu trabalho e capital da forma mais eficiente possível, é um dos fatores que explicam o fraco desempenho econômico brasileiro.

Embora o país venha há algum tempo figurando entre as seis ou sete maiores economias do mundo, sua produtividade do trabalho é três vezes menor que a da Coreia do Sul, quatro vezes menor que a da Alemanha e cinco vezes menor que a dos Estados Unidos (MACEDO, 2012). Esta baixa produtividade tem sido compensada, segundo relatório IPEA (2013), pelo aumento da taxa de ocupação, mas num determinado momento, em função dos limites de expansão da população, passaria a afetar os índices de crescimento econômico. A Figura 2.3, a seguir, ilustra o descolamento entre o PIB *per capita* brasileiro e a produtividade do trabalho no período de 1992-2011.

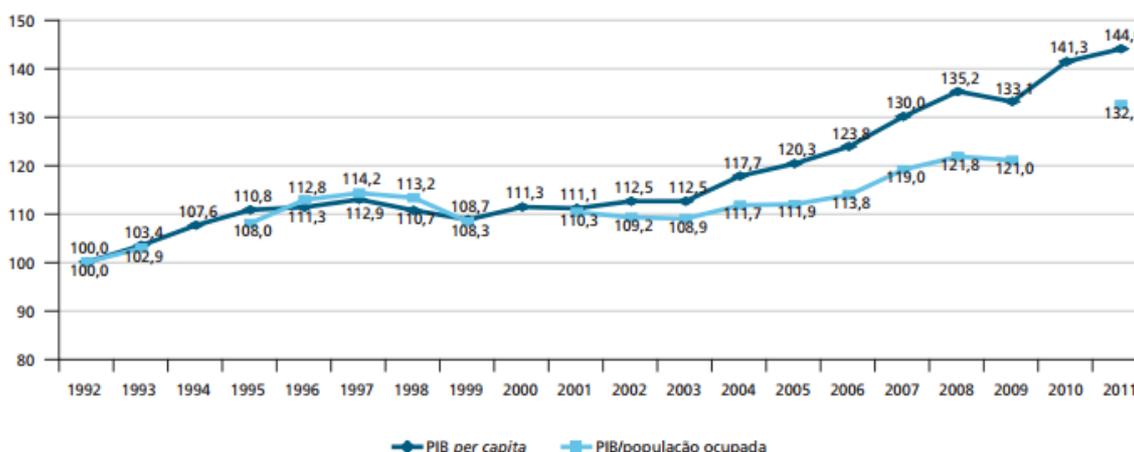


Figura 2.3 – PIB per capita e produtividade do trabalho – Brasil (1992-2011)

Fonte: De Negri e Cavalcante (2013)

Porter (1989) considera a produtividade como o conceito mais significativo de competitividade em nível nacional e propõe que a meta central da política de governo deveria ser incentivar o constante aprimoramento tecnológico, levando ao aumento da produtividade.

Diversos autores associam os indicadores de produtividade à estrutura produtiva e defendem que seu desempenho será tanto melhor quanto mais ocorrer a migração da força de trabalho de setores menos intensivos em tecnologia para setores de maior intensidade tecnológica (KUPFER, 2003; SQUEFF e DE NEGRI, 2013) ou quanto mais parecida for a cesta de exportação do país em relação à cesta dos países desenvolvidos (HAUSMANN et al., 2006, citado por ALMEIDA, 2009).

Ocorre, porém que os indicadores econômicos recentes não apontam para uma maior participação de setores de maior intensidade tecnológica na pauta de exportação brasileira, mas o contrário, conforme Figuras 2.4 e 2.5, a seguir. A Figura 2.4 apresenta os resultados da balança comercial de bens da indústria de transformação por intensidade tecnológica, apontando um baixo desempenho competitivo, sobretudo em produtos de alta e média-alta intensidades tecnológicas. A Figura 2.5, por sua vez, indica um aumento da

participação de *commodities* primárias e redução da participação de produtos de média e alta intensidade tecnológica na pauta de exportações brasileiras.

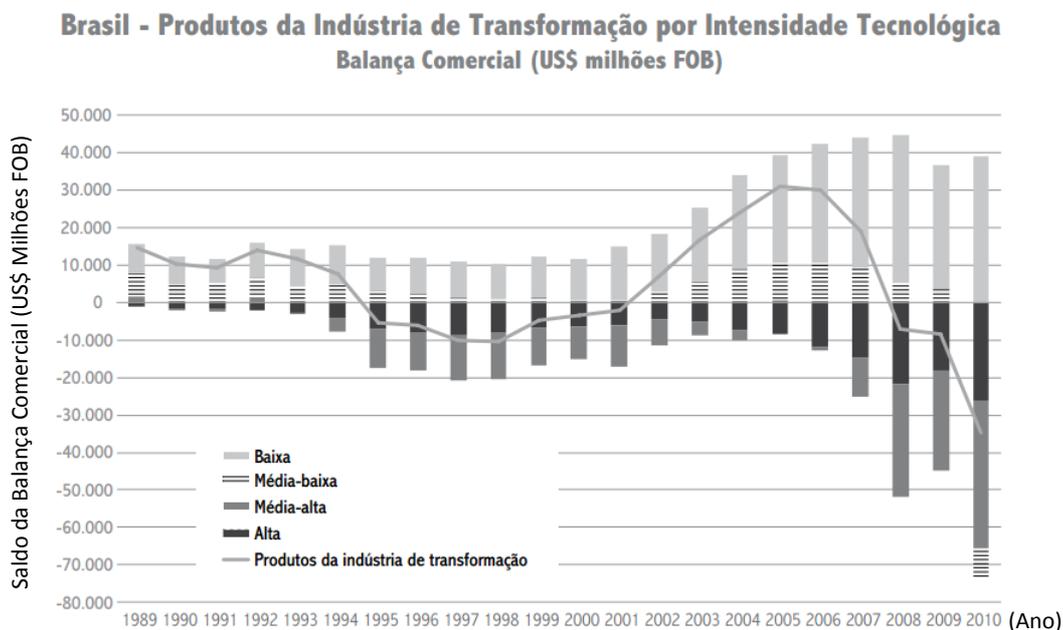


Figura 2.4 – Produtos da indústria de transformação por intensidade tecnológica
Fonte: IEDI (2011)

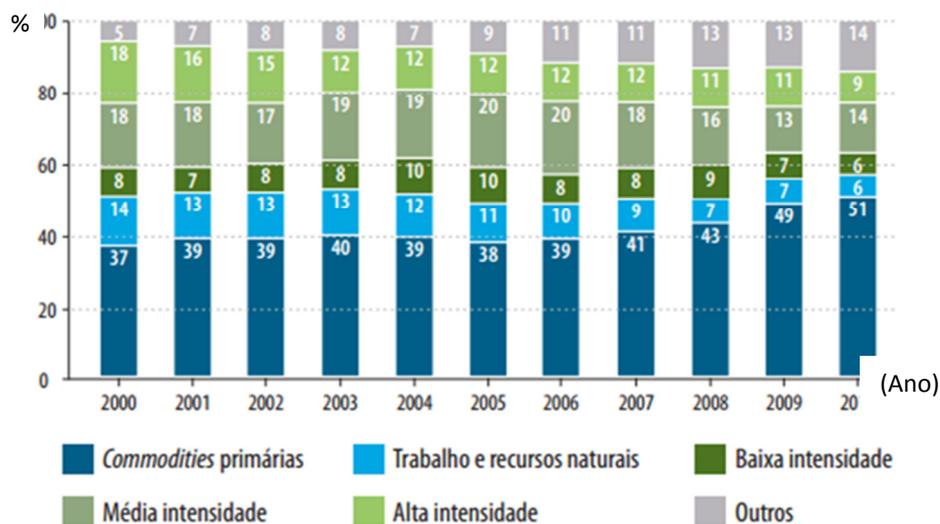


Figura 2.5 – Participação dos diferentes grupos de produtos na pauta de exportação brasileira de 2000 a 2010, segundo classificação por intensidade tecnológica.

Fonte: De Negri e Alvarenga, IPEA, 2010, *in* Senado Federal (2012)

Estudo do IEDI (2011) apontou que o aumento da participação de setores industriais nas respectivas economias foi o principal apoio para as altas taxas de crescimento de países como China, Coréia do Sul, Indonésia, Índia, Malásia, Tailândia e Irlanda no período de 1970-2007, conforme Figura 2.6 a seguir.

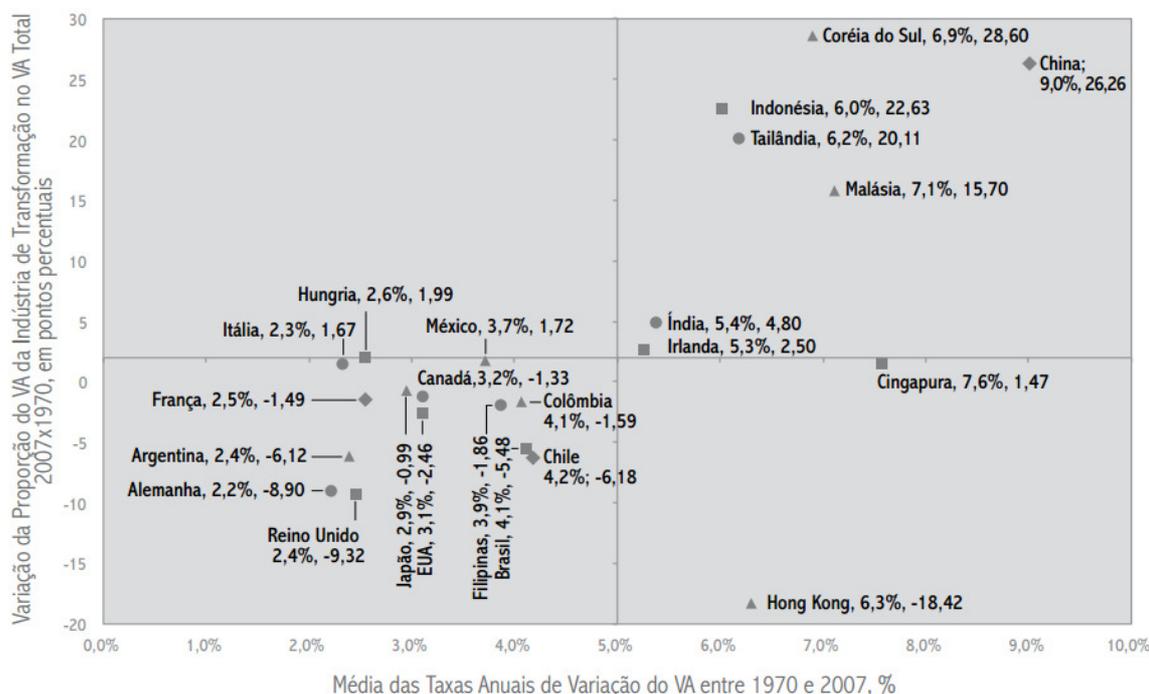


Figura 2.6 – Crescimento econômico e peso da indústria de transformação

Fonte: IEDI (2011)

Com relação à presença, na figura anterior, de países industrializados no primeiro quadrante, é oportuno abordar a questão da “desindustrialização” observada em países com elevado padrão de estrutura produtiva, nos quais tem ocorrido uma redução da importância relativa da indústria de transformação em relação a setores e atividades intensivos em conhecimento e de maior valor agregado (VA). Nesta especialização em direção ao estado da arte, comumente denominada “economia baseada no conhecimento”, muitas atividades industriais (incluindo suas externalidades negativas, como resíduos e poluição) são “delegadas” a países em desenvolvimento com competitividade em certas condições de fatores, como baixo custo de mão de obra, por

exemplo. O fenômeno de desindustrialização dentro deste contexto, segundo diversos autores, é consequência natural da sofisticação destas economias, não configurando, em hipótese alguma, empobrecimento (OREIRO e FEIJÓ, 2010; GADELHA, 2010; DIEESE, 2011; CANO, 2012).

Muito diferente, porém, é a situação em que a desindustrialização dá lugar a uma reprimarização da pauta de exportações⁹. Nesse caso, Oreiro e Feijó (2010) afirmam que a desindustrialização é negativa, já que impede que a economia alcance o que chamam de “ponto de maturidade” de suas respectivas estruturas industriais e não se beneficie das possibilidades de desenvolvimento econômico decorrentes de um processo de industrialização.

Nesse contexto que se buscou caracterizar, foi lançada, em agosto de 2011, no primeiro ano do governo Dilma Rousseff, a nova política industrial do país para o período 2011-2014, o Plano Brasil Maior (PBM), sob o slogan: “*Inovar para competir. Competir para crescer*”, com as seguintes prioridades¹⁰: criação e fortalecimento de competências críticas para a economia nacional; aumento do adensamento produtivo e tecnológico das cadeias de valor; ampliação de mercados internos e externos das empresas brasileiras; garantia de crescimento socialmente inclusivo e ambientalmente sustentável.

O PBM definiu 19 setores estratégicos, organizados em 5 Blocos Produtivos, conforme Figura 2.7 abaixo.

⁹ A questão da desindustrialização remonta à teoria da “doença holandesa” desenvolvida por CORDEN & NEARY (1982), conforme cita Antonio Correa de Lacerda, no artigo “A crise internacional e a estrutura produtiva brasileira”, publicado na Revista Economia & Tecnologia (RET), vol. 9, nº 1, p-5-18, jan/mar/2013. Segundo o artigo, “*o aumento da demanda internacional por commodities provoca elevação dos seus preços, gerando um superávit comercial para os países exportadores. Com o maior influxo de capitais internacionais decorrentes das receitas de exportações, a taxa de câmbio se valoriza, provocando a perda de competitividade de bens industrializados*”.

¹⁰ Informações extraídas do sítio eletrônico:

http://www.brasilmaior.mdic.gov.br/publicacao/recursos/arquivos/biblioteca/Apresentacao_PBM_-_port_rev_abril_2012.pdf, acesso em 05/07/13 às 17h20.

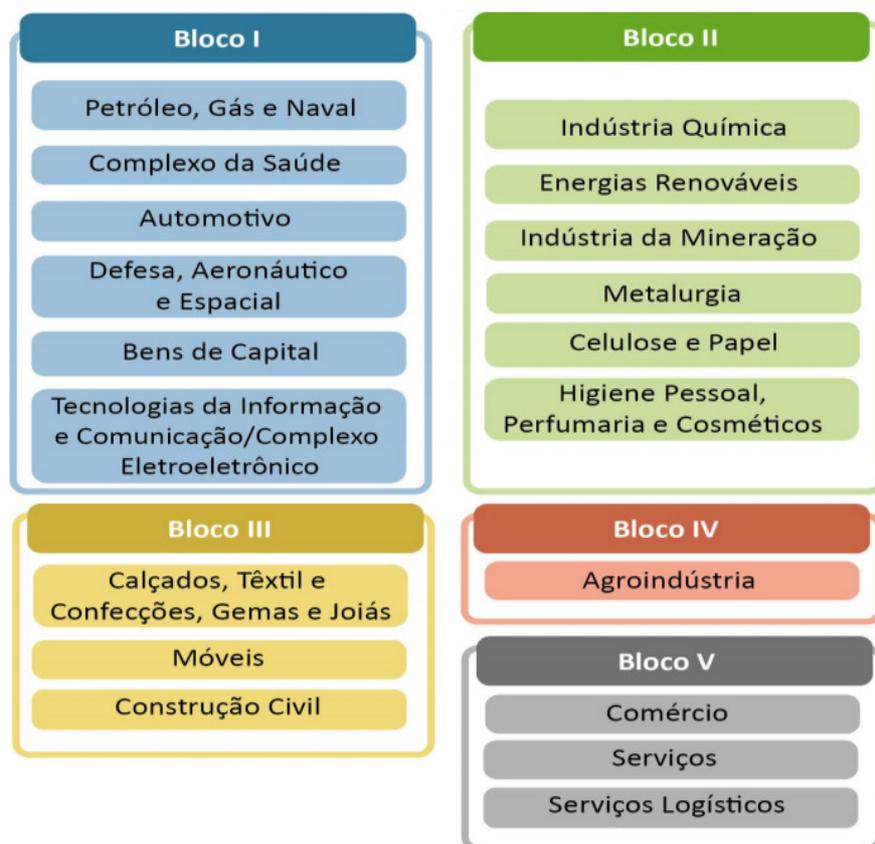


Figura 2.7 – Blocos de Sistemas Produtivos do Plano Brasil Maior.

Fonte: Plano Brasil Maior (2011)

O setor espacial, objeto de estudo desta tese, a exemplo do que já havia acontecido em políticas industriais anteriores, consta no Plano Brasil Maior como setor estratégico, considerado dentro do Bloco I ao lado de setores como de defesa e aeronáutico. De forma resumida, as principais diretrizes estabelecidas para o Setor Espacial foram as seguintes¹¹:

- Adensamento produtivo e tecnológico das cadeias de valor, através: do uso do poder de compra governamental para estimular produção de sistemas espaciais completos, por empresas integradoras; da promoção de programas mobilizadores e estruturantes com desafios tecnológicos

¹¹ Conforme Plano Brasil Maior, disponível em <http://www.brasilmaior.mdic.gov.br/publicacao/recursos/arquivos/biblioteca/PBMbaixa.pdf>, acesso em 05/07/13, às 18h20.

às empresas e institutos de pesquisa; do estímulo à produção em escala de sistemas espaciais; do incentivo à exploração comercial de serviços e produtos associados às atividades espaciais; do aperfeiçoamento de instrumentos legais que assegurem a preferência nacional nas aquisições dos produtos de caráter estratégico do setor espacial;

- Domínio de tecnologias críticas e estratégicas, através do fomento à integração e coordenação de programas de pesquisa e desenvolvimento entre universidades, institutos de pesquisa e empresas; capacitação e ampliação de recursos humanos especializados para o setor espacial; ampliação dos recursos do Fundo Setorial Espacial e utilização de mecanismo de “*offset*” (compensação industrial e tecnológica) nas compras governamentais do setor espacial;
- Consolidação do setor espacial como de interesse estratégico e geopolítico de Estado, através da criação do Conselho Nacional de Política Espacial; do aperfeiçoamento e fortalecimento da governança do programa espacial; do desenvolvimento de sistema de inteligência tecnológica, industrial e comercial para definição de estratégias que subsidiem decisões sobre requisitos dos produtos e serviços espaciais, encomendas tecnológicas e negociações dos acordos de “*offset*” e evitando a descontinuidade de atividades produtivas e tecnológicas estratégicas desenvolvidas por empresas nacionais.

Por ocasião do segundo aniversário da vigência do PBM, foram elaborados relatórios de avaliação e acompanhamento tanto de medidas sistêmicas quanto setoriais (CNDI e ABDI, 2013). Nas avaliações das medidas sistêmicas, esta pesquisa destaca o acompanhamento das ações de apoio à inovação e defesa do mercado interno, cujos principais resultados identificados foram:

- Plano de Apoio à Inovação Empresarial (Inova Empresa), lançado em março de 2013, que envolve a articulação de programas de diversas

instituições públicas, prevendo o uso coordenado de instrumentos como crédito, subvenção, renda variável e empréstimos não reembolsáveis, focando em áreas e tecnologias críticas para a produtividade e a competitividade da indústria brasileira;

- Ajustes nos marcos regulatórios e estruturação do mecanismo de compras públicas, com a instituição, através da Lei 12.349/2010, regulamentada pelo Decreto 7.546/2011, da instituição de margem de preferência de até 25% para produtos manufaturados e serviços nacionais que atendam a normas técnicas brasileiras e incorporem inovação;
- Permissão para que Fundações de Apoio possam atender a mais de uma Instituição de Ciência e Tecnologia (ICT);
- Modernização do Marco Legal do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), através da Lei 12.545/2011, que permite que o Instituto amplie sua ação para além dos campos tradicionais da metrologia e qualidade, passando a investir em inovação, pesquisa e tecnologia para dar suporte à competitividade da indústria brasileira;
- Incentivos da Lei do Bem: financiamento a ICTs privadas sem fins lucrativos, através da Lei 12.546/2011;
- Harmonização de políticas de financiamento por meio da homogeneização de procedimentos dos bancos oficiais;
- Encomendas Tecnológicas: permissão de cláusulas de risco tecnológico previstas na Lei de Inovação, regulamentada através do Decreto 7.539/11.

Além destes, o relatório cita algumas iniciativas ainda em processo de implementação, tais como: regimes tributários especiais, visando desoneração

tributária em setores estratégicos da economia associadas a contrapartidas de investimento, agregação de valor, geração de emprego, inovação e eficiência; criação ou fortalecimento de programas setoriais do BNDES.

No acompanhamento de medidas setoriais, o relatório (CNDI e ABDI, 2013) apresentou objetivos, medidas e status de implementação para cada um dos 19 setores classificados como estratégicos. Para os setores de defesa, aeronáutico e espaço, que interessam particularmente a esta pesquisa, os principais resultados identificados nestes dois primeiros anos da política foram:

- Regime Especial Tributário para a Indústria de Defesa (Retid): Leis 12.598/12 e 12.794/13, além de Decreto de regulamentação em tramitação à época;
- Ampliação do Programa de Financiamento às empresas da Cadeia Produtiva Aeronáutica Brasileira (BNDES Pró-Aeronáutica), provendo financiamento de longo prazo e de apoio à exportação;
- Inova Aerodefesa, destinando recursos para desenvolvimento de veículos balísticos e não tripulados, sensores, comando e controle, propulsão espacial, satélites e plataformas espaciais, plataformas tecnológicas para aeronaves mais eficientes e novos materiais.

Com exceção de um trabalho de Cardoso (2011), que fez uma avaliação conceitual do PBM logo após seu lançamento, quando seus resultados não poderiam ainda ser avaliados, não foi possível localizar estudos acadêmicos de avaliação da política, além dos documentos oficiais de acompanhamento já mencionados.

Embora esta pesquisa não pretenda contribuir com a discussão a respeito da avaliação da política industrial vigente, é possível constatar o caráter abrangente do PBM, tanto apoiando o desenvolvimento dos setores onde o Brasil já é competitivo quanto assumindo uma postura mais ativa em relação a

setores e atividades estratégicos a serem estimulados. Ainda, o nível de objetividade e precisão com que foram definidos os objetivos, os meios para alcançá-los e atores envolvidos, bem como o sistema detalhado de acompanhamento de sua implementação, consistem em aspectos positivos. De fato, estas duas características constam dentre três recomendações feitas por Suzigan e Furtado (2010)¹² para evitar a descontinuidade de políticas industriais, o que, segundo eles, é muito comum no contexto dos países latino americanos.

Ainda, o PBM, seguindo uma tendência que já vem sendo explorada há muitos anos em outros países mais desenvolvidos, sobretudo na Europa, deu mais ênfase ao potencial representado pelo volume de recursos envolvidos nas compras públicas para a obtenção de benefícios industriais.

Os conceitos e fundamentos da utilização das compras públicas como instrumento de fomento à inovação serão apresentados na próxima seção, que irá tratar das aquisições de caráter tecnológico, escopo de estudo desta pesquisa.

2.3 Política de compras públicas de caráter inovativo

As compras governamentais são o meio através do qual o setor público adquire bens e serviços para garantir seu funcionamento e o atendimento aos interesses da sociedade. Em 2012, o Governo Federal Brasileiro movimentou cerca de R\$ 73 bilhões para aquisição de veículos, combustíveis e manutenção de sua frota, bens e serviços de TI, contratação de obras civis, equipamentos e artigos para uso médico e hospitalar, fármacos e medicamentos, serviços de

¹² Neste estudo, Suzigan e Furtado (2010) avaliam políticas industriais de quatro países (EUA, Japão, França e Coreia) e fazem proposições para uma Política Industrial Brasileira. Na conclusão, citam a descontinuidade das políticas como elemento a ser evitado, propondo para isto três tarefas importantes: (1) estabelecimento de objetivos não muito ambiciosos; (2) concepção de um sistema de implementação que estabeleça claramente regras, instrumentos, recursos disponíveis, incumbências dos entes envolvidos, mobilização de competências existentes e desenvolvimento de novas competências e coordenação sistemática; (3) montagem de um sistema de acompanhamento da implementação passo a passo.

emissão de passagens aéreas, serviços de limpeza e vigilância de prédios públicos, dentre outros bens e serviços¹³. Pesquisa realizada em 2006 indicou que as compras do governo federal representavam, na época, cerca de 20% do volume total de compras do poder público em suas três esferas: municipal, estadual e federal (SILVA, 2009).

Este volume expressivo de recursos públicos relacionados às compras governamentais representa uma oportunidade em potencial para que sejam alcançados benefícios indiretos, além dos bens e serviços pretendidos. Estes benefícios indiretos podem ser, por exemplo: estímulo da atividade econômica em setores marginais, geração de emprego, proteção da indústria nacional, estabelecimento de padrões de qualidade e de critérios de sustentabilidade ambiental. É o governo no papel de usuário “exigente”, com poder de definir parâmetros específicos em seus processos de aquisição e, assim, orientar o setor privado em direção ao comportamento desejado. Assim sendo, as compras públicas como instrumento de apoio à inovação são consideradas como instrumento do lado da demanda (EDQUIST et al., 2000; EDLER e GEORGHIOU, 2007; ASCHHOFF e SOFKA, 2008).

O usuário, como visto em seções anteriores deste capítulo, desempenha um papel fundamental num Sistema Nacional de Inovação, tanto em função dos “*feedbacks*” e interações com outros elementos do ciclo de inovação, quanto desempenhando o papel da “demanda interna sofisticada”, conforme define Porter (1999), desafiando as firmas e induzindo à inovação através do estabelecimento de padrões elevados de qualidade e antecipação de necessidades que depois consistirão em vantagens competitivas para quem for capaz de atendê-las. Além destas formas de afetar a inovação, Edler (2009) cita que a demanda por inovação tem três efeitos interdependentes: (1) a demanda antecipada pode incentivar a produção da inovação e reduzir a

¹³ Conforme informações do site Comprasnet, disponível no link: http://www.comprasnet.gov.br/ajuda/Manuais/01-01_A_12_INFORMATIVO%20COMPASNET_DadosGerais.pdf, acesso em 02/12/13 às 16h.

incerteza do produtor; (2) a aplicação da inovação pode aumentar a produtividade do negócio; e (3) a demanda e utilização de inovação para atender a necessidades sociais melhoram o desempenho do setor público e o bem-estar social. Ele faz questão de ressaltar que a inovação a que se refere não precisa necessariamente ser algo “novo para o mundo”, podendo ser uma novidade para uma firma ou para certa região geográfica.

Para reforçar o argumento em favor dos instrumentos do lado da demanda, Edler e Georghiou (2007) citam pesquisa realizada em mais de 1000 firmas e 125 federações da Europa¹⁴, cujo resultado indicou que, para mais de 50% dos entrevistados, novos requisitos e a demanda eram a principal fonte de inovação, contra 12% que atribuíram este papel ao desenvolvimento tecnológico dentro da própria empresa. Resultado aproximado foi identificado também por Palmberg (2004, citado por EDLER e GEORGHIOU, 2007) em pesquisa realizada na Finlândia entre 1984 e 1998, que identificou que 48% dos projetos com inovações de sucesso haviam sido estimulados por compras públicas ou regulações.

Estudos recentes apontam a tendência de crescimento da importância das compras públicas como instrumento de política inovativa no Brasil (MARQUES, 2005; SILVA, 2005 e 2009; MOREIRA e VARGAS, 2009; MOREIRA, 2012) e no mundo, sobretudo na Europa. Edler e Georghiou (2007) e Rolfstam (2009) descrevem como a política de compras públicas foi ressurgindo e se desenvolvendo na Europa¹⁵, desde que foi discutida pelo Conselho Europeu em 2000, em Lisboa, que definiu estratégias e metas para fazer da Europa a economia baseada em conhecimento mais competitiva do mundo até 2010. O tema foi incluído em outros Relatórios da Comissão Europeia (2002, 2003, 2004 e 2005) e foi recomendado em 2004 ao Conselho Europeu por

¹⁴ BDL, 2003. The Power of costumers to drive innovation. Report to the European Comission. Brussels.

¹⁵ Ressurgindo porque já havia sido objeto de estudo de diversos autores nas décadas de 1980, como Mowery e Rosenberg (1979), Rothwell e Zegveld (1981), Rothwell (1984), citados por Edler e Georghiou (2007), e von Hippel (1988) e Lundvall (1988), citados por Rolfstam (2009).

governantes de três países (França, Alemanha e Reino Unido), para encorajar a inovação. A discussão evoluiu e as compras públicas foram avaliadas como ferramenta direta para aumentar os investimentos privados em P&D e como principal componente da demanda, até que o Aho Report (2006) recomendou que as compras públicas fossem usadas para direcionar a demanda por bens inovativos e, ao mesmo tempo, incrementar o nível dos serviços públicos. As recomendações do Aho Report foram amplamente aceitas e seguidas em políticas internas de países membros da União Europeia e diversos outros documentos oficiais da Comissão Europeia, além de estudos acadêmicos que buscavam entender os fundamentos do crescente interesse por compras públicas e avaliar os resultados de ações pontuais nesta direção (FRAUNHOFER, 2005; AHO REPORT, 2006; ASCHHOFF e SOFKA, 2008 e 2009; IRELAND PROCUREMENT INNOVATION GROUP, 2009; EDLER e GEORGHIOU, 2007; EDLER, 2009; ROLFSTAM, 2009; ELIASSON, 2010; EDQUIST e ZABALA-ITURRIAGAGOITIA, 2012).

Em seu estudo sobre políticas de fomento à inovação nos países do centro e leste europeu, no entanto, Edler (2009) identificou que, apesar da atenção cada vez mais voltada para o uso das compras públicas como instrumento de apoio à inovação, havia poucas iniciativas governamentais neste sentido. Embora diversos outros fatores contribuam para esta situação, ele destacou um aspecto em especial: a associação das compras públicas à ineficiência e favoritismo governamentais, ao menos naqueles países, com grandes problemas estruturais e institucionais a serem resolvidos¹⁶, afetando a credibilidade e eficiência dos procedimentos licitatórios.

Também no Brasil as compras públicas como instrumento de política de apoio à inovação aparecem mais explicitamente nos documentos oficiais a partir do Plano Brasil Maior, lançado em agosto de 2011. As iniciativas anteriores de uso

¹⁶ Estes países estavam recém-saídos do socialismo e precisavam passar por um processo de modernização tecnológica concomitantemente a mudanças institucionais e estruturais, o que não é tarefa fácil, conforme discutido em seção anterior.

do poder de compras públicas como instrumento de indução do comportamento de mercado diziam respeito, sobretudo, ao estabelecimento de requisitos de sustentabilidade ambiental ou incentivo à implementação de programas setoriais de melhoria da qualidade¹⁷, o que certamente pode gerar inovação, e como estímulo da atividade de micro e pequenas empresas, porém relacionadas à aquisição de quaisquer tipos de produtos ou serviços e não à encomenda de tecnologia.

As compras públicas podem ser divididas em dois tipos: aquisição de produtos padrão, que não necessariamente envolvem inovação (como papel, canetas, colas, etc.), e aquisição de tecnologia, que consiste na encomenda pública por produtos ainda não existentes, impondo desafios tecnológicos para setores industriais considerados de ponta (EDQUIST et al., 2000). Diversos autores (ROTHWELL e ZEGVELD, 1981; GEROSKI, 1990, citados por ASCHHOFF e SOFKA, 2008; EDQUIST et al., 2000; EDLER e GEORGHIOU, 2007) consideram este último, como o tipo ideal de compras públicas inovativas, sobretudo quando os requisitos funcionais do produto demandado são predefinidos pelo governo, ficando o projeto e fabricação a cargo de uma empresa ou consórcio selecionado através de processo competitivo.

Mais recentemente, Edquist e Zabala-Iturriagagoitia (2012) propuseram uma atualização no conceito de “*aquisições públicas de tecnologia*” para “*aquisições públicas para a inovação*”. A diferença entre os conceitos, segundo os autores, está em que, no conceito mais recente, a prioridade reside não no desenvolvimento de novos produtos, mas em alcançar funções (através de novos produtos) que satisfaçam necessidades humanas ou solucionem problemas sociais.

¹⁷ Caso do QUALIHAB, programa de qualidade da construção habitacional, instituído em 1996 pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU) do Estado de São Paulo, conforme sítio da CDHU disponível em: <http://www.cdhu.sp.gov.br/producao-new/qualihab.asp>, acesso em 01/07/2013.

Não é trivial que uma organização pública tenha competência suficiente para identificar adequadamente as necessidades (atuais e futuras) da sociedade, capturá-las e traduzi-las em demandas de mercado, sobretudo em setores industriais com competências tão específicas. Edler (2009) considera esta competência um “*pré-requisito estratégico*” para o sucesso de uma política do lado da demanda.

Esta característica das aquisições públicas de tecnologia representa ao mesmo tempo uma vantagem e uma restrição deste tipo de aquisição. A restrição reside no alto grau de competência governamental requerido, o que exige um esforço de muitos anos para ser construído. A vantagem é que, tendo esta competência, o governo é capaz de avaliar o desafio tecnológico, sua utilidade e aplicabilidade e o grau de viabilidade técnica, além de ser capaz de acompanhar o processo de desenvolvimento tecnológico, o que nem sempre é possível em outros tipos de instrumentos de política de fomento à inovação.

Além das compras públicas, existem outros instrumentos do lado da demanda, como políticas sistêmicas, regulação e estímulo à demanda privada. Edler e Georghiou (2007) elaboraram, com base em revisão bibliográfica e documental, uma taxonomia de políticas de inovação que serve de referência para contextualizar as compras públicas em relação a outros instrumentos tanto do lado da demanda quanto do lado da oferta, conforme Figura 2.8 a seguir. Cabe salientar que as políticas do lado da demanda devem ser consideradas como complementares e não substitutas das políticas do lado da oferta (AHO REPORT, 2006; EDLER, 2009; EDQUIST e ZABALA-ITURRIAGAGOITIA, 2012)¹⁸.

¹⁸ Edler (2009) referencia seu ponto de vista no relatório Aho (2006), que pontuou que instrumentos do lado da oferta são mais eficientes quando articulados ao contexto e às necessidades deste contexto local, ou seja, às condições de demanda. Também Edquist e Zabala-Iturriagagoitia (2012) fazem a mesma ressalva sobre a importância da utilização de um “*mix*” de políticas para melhores resultados nas compras públicas para a inovação.

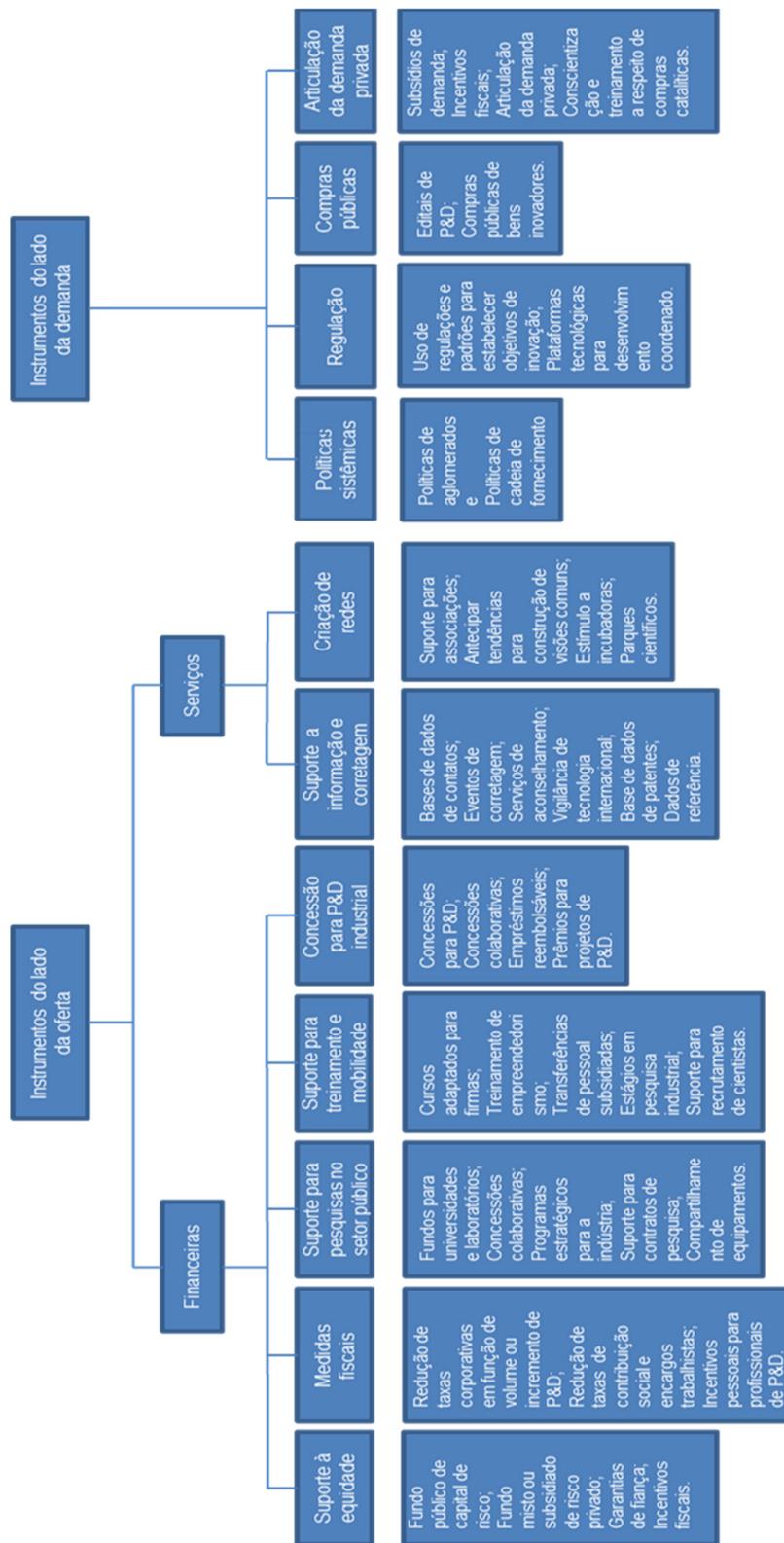


Figura 2.8 – Taxonomia de políticas de inovação

Fonte: traduzido de Edler e Georghiou (2007)

Diversos estudos foram conduzidos com o objetivo de explorar as características específicas da aquisição pública como política de inovação, comparando-a com outros instrumentos de política de fomento à inovação. Neste sentido, Aschhoff e Sofka (2008) identificaram o quanto segue:

- **Regulação**: Consiste no estabelecimento de regras por autoridades públicas e governamentais que influenciam o comportamento de atores privados, podendo ser econômicas (políticas antitruste, controle de preço, etc.), sociais (regulações ambientais ou de segurança) ou administrativas (confiabilidade do produto). O instrumento possui tanto efeitos positivos (aumento da aceitação dos produtos), quanto negativos (aumento de custos e atrasos em prazos), razão pela qual regulações administrativas relacionadas à confiabilidade em níveis de baixo a moderado provocam um impacto positivo, enquanto em níveis mais altos, provocam impacto negativo.
- **Universidades e instituições públicas de pesquisa**: Instrumento de importância reconhecida para o progresso técnico e a inovação industrial, através da geração e provisão de conhecimento científico e tecnológico, geralmente disponível para todas as firmas. Os autores indicam que a colaboração universidade-indústria provoca crescimento nas vendas em razão de inovação de produto e aumenta a probabilidade da firma em criar novas patentes. Estes efeitos positivos, porém, segundo eles, parecem estar limitados a certas indústrias que lidam com alta tecnologia e grandes firmas, com intensidade de atividades de P&D.
- **Subsídios públicos de P&D**: Instrumento no qual o governo seleciona, quase sempre através de agências especializadas de fomento, projetos específicos, sobretudo com alto retorno social, para financiar. Segundo os autores, não se aplica a todos os tipos de firmas. Seus estudos apontam um efeito positivo dos subsídios sobre a inovação e sobre a criação de novas patentes, embora existam questionamentos

relacionados à tendência por parte das empresas em reduzir seus custos com P&D e sempre buscar suporte financeiro público e ao fato de que os subsídios para P&D focam no desenvolvimento de novas tecnologias, e não na difusão da tecnologia gerada.

Avaliando as compras públicas como instrumento de apoio à inovação, Aschhoff e Sofka (2008) identificaram, a partir de pesquisa realizada na Alemanha, que estas, de modo geral, não restrito apenas às de cunho tecnológico, provocam um efeito positivo e significativo no sucesso da inovação. O estudo indicou ainda que as compras públicas tem efeito heterogêneo no desempenho inovador das firmas, sendo seus efeitos mais consistentes para pequenas firmas que atuam em mercados regionais sob pressão econômica e que atuam tanto em serviços de distribuição como serviços tecnológicos, provavelmente em função dos efeitos positivos das aquisições públicas sobre firmas com recursos limitados, provendo a estas firmas a oportunidade imediata de venda. Assim, funcionaria de forma oposta aos recursos para pesquisa.

Comparando as compras públicas com os outros instrumentos de apoio à inovação caracterizados anteriormente, Aschhoff e Sofka (2008) identificaram que apenas os conhecimentos gerados nas universidades têm efeitos positivos tão fortes quanto as aquisições públicas para o sucesso de mercado com produtos inovadores. Os autores observaram que nem regulação nem financiamento público parecem ter impacto significativo no sucesso de mercado, por serem restritivos. Ainda, concluem que a idade da firma está mais relacionada às atividades inovadoras do que o tamanho da firma (firmas mais jovens são mais inovadoras) e que os efeitos de cada instrumento de política dependem das características das firmas.

Outros estudiosos concluíram, na mesma direção, que a política de compras governamentais é um instrumento mais eficiente de estímulo à inovação do que uma grande variedade de subsídios à P&D (MOWERY e ROSENBERG, 1979;

ROTHWELL e ZEGVELD, 1981; ROTHWELL, 1984; GEROSKI, 1990, citados por EDLER e GEORGHIOU, 2007; FRAUNHOFER, 2004, citado por ASCHHOFF e SOFKA, 2008).

Diversas pesquisas foram conduzidas no Brasil nos últimos anos visando aumentar a compreensão sobre as compras governamentais. Os principais resultados obtidos por estes estudos serão apresentados a seguir, resumidamente. Marques (2005) analisou as compras públicas no Brasil e EUA para analisar a concorrência segundo o paradigma estrutura-conduta-desempenho. Em seu estudo, focou nas regras e procedimentos afetando o grau de concorrência do mercado e o desempenho das compras nos dois países, não levando em consideração o potencial das compras públicas para incentivar setores estratégicos.

Silva (2005) avaliou a política de compras de entidades públicas como instrumento de capacitação tecnológica, estudando o caso da Petrobrás e de como a política de desenvolvimento tecnológico doméstico desta instituição foi sendo alterada ao longo do tempo. Ele identificou que a Petrobras direcionava a maior parte de suas contratações de tecnologia para fornecedores estrangeiros e que esta postura, na época de sua pesquisa, estava começando a ser modificada, mas ainda sem condições de avaliação, para um modelo que julgou mais parecido com uma substituição de importações aperfeiçoada do que um modelo neo-schumpeteriano puro (cujo conceito será abordado a seguir). O autor voltou, posteriormente, a analisar a aprendizagem tecnológica resultante de compras governamentais da Petrobras para um empreendimento “*off-shore*”¹⁹: a plataforma P-51 (SILVA, 2009). Neste estudo, o autor confirmou uma mudança de postura da instituição, ao incluir um conteúdo mínimo local, a fim de promover a indústria doméstica do setor. Em sua pesquisa, identificou a ocorrência de aprendizagens tecnológicas de níveis básico e intermediário, não alcançando equipamentos de maior valor agregado, razão pela qual julgou que

¹⁹ O termo diz respeito aos empreendimentos localizados ou operados no mar.

a política de compras da Petrobrás para a P-51 não chegou a ser de cunho inovativo. Ainda, identificou que as empresas participantes do projeto eram, todas, multinacionais, o que inibe, em sua avaliação a realização de aprendizagens avançadas, que ficam restritas aos países de origem destas empresas. Este fator evidencia, ainda, para o autor, a fragilidade tecnológica e empresarial do sistema industrial do país no setor.

Miranda (2008), avaliando o efeito da Política de Compras do Comando da Aeronáutica (COMAER) para o aprendizado tecnológico de fornecedores, descreveu as transformações da política de compras aeronáuticas brasileiras, cujo ponto alto foi o Programa de Industrialização Complementar (PIC), implementado na década de 1980, que capacitou a Embraer no desenvolvimento e fabricação de aeronaves de alto desempenho. Em seu estudo, a autora identificou que a política de compras da COMAER não é de cunho inovativo, embora a atividade de nacionalização conduzida pelo COMAER tenha apresentado resultados positivos, como adaptações de produtos e processos a condições de uso específicas, melhoria de qualidade, desenvolvimento de pequenas modificações nos produtos e promoção da diversificação do portfólio de firmas locais. Segundo a autora, estes esforços não promovem o setor na fronteira tecnológica, mas permitem que as firmas locais acumulem e intensifiquem suas capacitações ao longo do tempo.

Moreira e Vargas (2012) estudaram o processo de indução de inovações decorrentes de compras governamentais em empresas prestadoras de serviços de *software* a partir da leitura do modelo interativo de inovação (“*chain-linked model*”). Foram identificadas algumas inovações (radicais e incrementais), que surgiram como respostas a requisitos estabelecidos por instituições públicas através de processos de aquisição, o que os levou a confirmar a prerrogativa teórica de indução de inovações a partir do direcionamento das compras governamentais para esta finalidade.

Quanto aos aspectos qualitativos das compras públicas, Silva (2005) cita que existem cinco modelos:

- a) Modelo neo-schumperiano: aquele no qual o setor público demanda do fornecedor nacional um bem ou serviço não existente no mercado, exigindo esforço tecnológico;
- b) Modelo com transferência de tecnologia do usuário para o fornecedor: aquele em que o setor público demandante concebe a tecnologia e a transfere para o fornecedor nacional que se encarrega da produção. Neste modelo, o setor público dita o padrão tecnológico ao fornecedor;
- c) Modelo com transferência de tecnologia do fornecedor estrangeiro para o usuário: quando o setor público contrata a concepção de uma tecnologia ou adquire um bem ou serviço mediante o compromisso de transferência de tecnologia, que poderá, posteriormente, ser transferida para um fornecedor local;
- d) Modelo substitutivo de importações: quando o setor público demanda de um fornecedor nacional a produção de determinado bem cuja tecnologia é pública ou que se possa licenciar; pode demandar esforço tecnológico, quando o bem existe no mundo, mas não no país, ou não, quando o país já possui capacitação tecnológica para produzi-lo, mas o importa;
- e) Modelo neoliberal: quando o setor público descarta a utilização do poder de compra do Estado enquanto política de capacitação tecnológica nacional e demanda o desenvolvimento e produção de determinado bem a fornecedor estrangeiro, sem cláusulas de transferência de tecnologia; o termo neoliberal é aqui empregado porque o fundamento por trás deste modelo é a utilização dos critérios de eficiência econômica, levando o governo a adquirir bens e serviços de fornecedores nacionais somente quando estas apresentarem melhores condições em relação aos fornecedores estrangeiros.

Os dois primeiros modelos são considerados por Silva como os mais eficazes em termos de política de desenvolvimento, sendo o primeiro que permite maior capacitação tecnológica do fornecedor nacional. Segundo ele, o segundo modelo também leva à aprendizagem tecnológica, embora limitada pelo caráter “fechado” da solução oferecida pelo setor público como usuário, não dando liberdade ao fornecedor nacional de adotar aquela que lhe parecer a melhor solução tecnológica, enquanto o terceiro modelo, menos eficiente que os dois primeiros, consiste primeiro num aprendizado do setor público para, em seguida, ser convertido em aprendizado tecnológico para o fornecedor local. Este modelo seria, portanto, limitado pela própria capacidade de aprendizado tecnológico do setor público, assim como por sua competência em repassar adequadamente o conteúdo apreendido.

O quarto modelo pode vir a ser tão eficiente quanto o primeiro ou o segundo para capacitação tecnológica do fornecedor nacional, a depender do conteúdo do bem a ser nacionalizado, visto que também exige um esforço tecnológico por parte do fornecedor local. Quanto ao último, entendemos que deva ser evitado, com exceção das situações em que o bem não esteja disponível no mercado local e a urgência da necessidade do setor público não seja compatível com o esforço de seu desenvolvimento (por exequibilidade tecnológica ou mesmo mercadológica).

A escolha pelo modelo neoliberal muitas vezes se fundamenta no argumento da perda de eficiência de curto prazo associada à decisão de desenvolvimento tecnológico por fornecedores nacionais, tanto em função dos custos e prazos iniciais mais elevados, quando comparado com a aquisição de bens desenvolvidos no exterior, quanto a uma possível qualidade inicial inferior. Este modelo, no entanto, pode representar uma ameaça à competitividade de longo prazo.

Buscando na literatura alguma referência a respeito da discussão sobre o uso da política de compras públicas no setor espacial tem-se que as compras

públicas são, de longe, o instrumento mais utilizado, seguido pelo financiamento governamental a atividades de P&D (BACH et al., 2002). Edler (2005, citado por BACH, 2006) denomina o modelo predominante no setor espacial como “*sistema baseado em agências e aquisições*” que, embora possa apresentar variações de forma através dos anos e entre países, possui as seguintes características centrais:

- do lado do fornecedor, fazer a indústria espacial desenvolver capacidade tecnológica e então produzir protótipo ou modelo demonstrador de produtos espaciais;
- paralelamente, apoiar (ou até mesmo criar a partir do zero) do lado da demanda, usuários pioneiros, por exemplo, ou primeiros clientes de tecnologias e produtos espaciais;
- em seguida, quando a indústria espacial tiver se capacitado e desenvolvido tecnologia e/ou produtos (ou parte ou subsistemas deles), ela poderá ser capaz de competir em mercados também emergentes;
- manter a dinâmica do processo pela antecipação de necessidades futuras e identificação de tecnologias futuras para atender a estas necessidades.

Este sistema, no entanto, descreve Edler (2005, citado por BACH, 2006), está associado a importantes desafios a serem equacionados, tais como:

- no surgimento da indústria espacial, há recursos humanos escassos com habilidade e capacidade em campos científicos e tecnológicos relacionados a atividades espaciais; conseqüentemente, há um “*trade-off*” a ser feito entre fornecer recursos suficientes para desenvolver a indústria e manter recursos suficientes para controlar o que a indústria propõe para as agências em resposta às suas demandas;

- outro desafio é evitar uma tendência de desenvolver programas internos e autofinanciar atividades, para manter ou justificar a existência destas equipes internas;
- ainda, como um usuário de tecnologia e produtos espaciais, a agência espacial é naturalmente tentada a projetar especificações que atendam às suas próprias necessidades, influenciando, desta forma, a direção e o caminho do desenvolvimento tecnológico da indústria espacial, assim como o tipo e o conteúdo das possíveis aplicações;
- finalmente, as agências espaciais podem influenciar no modo de gestão e cultura da indústria; os modos de organização das atividades, sistemas de relatórios e cronogramas, por exemplo, utilizados pelas agências não são necessariamente os mesmos utilizados pelos clientes comerciais do mercado espacial, o que pode fazer com que as empresas espaciais que trabalham prioritariamente com as agências tendam a se adaptar e adotar as regras das agências, mais que aos requisitos de mercado.

Bach et al. (2002), comparando o uso da política de compras governamentais com os financiamentos governamentais a atividades de P&D, segundo instrumento de fomento à inovação mais utilizado no setor espacial, pontuaram as seguintes observações:

- por definição, somente desenvolvimento científico e tecnológico é financiado, não os estágios de projeto e produção;
- o órgão governamental que financia as atividades de P&D não é usuário direto destas;
- o tema da P&D é em grande parte definido pela própria indústria dentro de um escopo relativamente amplo de atividades definidas pelo órgão governamental e o nível de controle sobre as atividades realizadas é geralmente menor, tanto em termos de monitoração das atividades

(marcos, relatórios, justificativas de custos, etc.) quanto em termos de resultados;

- nos financiamentos às atividades de P&D, há diferença na política de propriedade intelectual, no sentido de que o órgão governamental não é proprietário dos resultados atingidos.

Ele afirma, no entanto, que as diferenças entre política de compras e suporte de P&D para o setor espacial podem ser minimizadas, desde que o setor público, através das agências especializadas, possa influenciar na definição da prioridade e conteúdo de P&D, em função de sua capacidade tecnológica e científica e seu conhecimento de necessidades, como futuro cliente ou intermediador de futuros clientes. O Programa Inova Aerodefesa, dentro do programa Inova Empresa lançado recentemente pelo Governo Federal dentro do escopo do Plano Brasil Maior, parece alinhado com estas recomendações.

Para finalizar este capítulo, a seção seguinte irá discutir as interações que podem ocorrer entre o setor espacial e outros setores, através de fenômenos comumente denominados “*spin-ins*” e “*spin-offs*”. Estes conceitos são importantes para a compreensão dos benefícios indiretos que podem resultar dos mecanismos de fomento ao desenvolvimento tecnológico e à inovação, notadamente, no caso desta pesquisa, as compras públicas.

2.4 Interações entre espaço e outros setores: “spin-in” e “spin-off”

O setor espacial, objeto de análise desta pesquisa, é comumente considerado como estratégico, não apenas em função do elevado conteúdo tecnológico e requisitos de confiabilidade e qualidade associados a estas atividades, mas também pela proximidade com disciplinas importantes para outros setores produtivos essenciais para a economia, como aeronáutica, defesa, eletrônica, telecomunicações, energia, dentre outros.

Para melhor entendimento da dinâmica da associação da indústria espacial com outros setores produtivos e potencialização dos benefícios econômicos

que podem resultar disto, é importante compreender que ocorrem e como ocorrem as interações entre espaço e outros setores, e compreender ainda que destas interações surgem a possibilidade de uso ou resultados inesperados produzidos em outros setores, além do resultado pretendido no setor de origem, fenômeno identificado mundialmente pelos termos “*spin-in*” e “*spin-off*”.

O termo “*spin-off*” está frequentemente associado à formação de nova empresa a partir de base de conhecimento gerada em uma “organização-mãe” (CARAYANNIS et al., 1998; CONSTANTE, 2011; VASCONCELLOS e AMADO NETO, 2012; MINARDI et al., 2013). Carayannis et al. (1998) citam que tipicamente estas novas empresas são geradas a partir de indivíduos que trabalharam na “organização-mãe”, levando consigo uma tecnologia que serve como “bilhete de entrada” para uma nova firma em uma indústria de alta tecnologia. Mesmo dentre os autores que consideram os “*spin-offs*” dentro desta perspectiva, existem diferenças de conceito, conforme Figura 2.9.

Caracterização de um Spin-Off	
Autor(es)	Elementos necessários para caracterizar um <i>spin-off</i>
Todos os autores.	Criação de uma nova organização a partir de uma organização existente
Steffensen, Rogers e Speakman (1999); Cooper (1971); Pérez e Sánchez (2003); Smilor, Gibson e Dietrich (1990); Pirnay (1998); Franco e Filson (2000); Chesbrough e Smith (2000); Klepper e Sleeper (2002); Agarwal et al. (2002)	Saída de colaborador da organização-mãe para a nova-organização.
Anton e Yao (1995) Chesbrough e Smith (2000) Pérez e Sánchez (2003)	Transferência de conhecimento/tecnologia formal para a nova-empresa.
Cooper (1971) Carayannis et al. (1998) Steffensen, Rogers e Speakman (1999), Rogers, Takegami e Yin (2001)	Transferência de conhecimento/tecnologia formal ou informal para a nova-empresa.
Dahlstrand (1997), Carayannis et al. (1998) Bellini et al. (1999) Huylebroeck (1999)	Nova empresa deve ser baseada em uma tecnologia ou idéia originada dentro da organização-mãe.

Figura 2.9 – Elementos necessários para configuração de um “*spin-off*”

Fonte: Constante (2011).

Apesar das divergências, Constante (2011) cita que três elementos estão presentes em todas as variações de definições sobre “*spin-offs*”: pessoas, geralmente ex-colaboradores da “organização-mãe”; tecnologia ou conhecimento, comercializado pela nova empresa e que foi gerada na “organização-mãe” e; transferência de ativos, formal ou informalmente, entre a “organização-mãe” e a nova empresa.

De acordo com esta abordagem, o termo “*spin-in*” designaria a aquisição de uma empresa com o objetivo de absorver suas tecnologias e conhecimentos (CONSTANTE, 2011).

Furtado (2005) cita que o termo “*spin-off*”, dentro do contexto dos grandes programas tecnológicos conduzidos no período pós II Guerra Mundial, designa o processo de transferência tecnológica dos grandes programas tecnológicos militares ou civis para o setor produtivo. Ele cita ainda que essas transferências poderiam ocorrer tanto intra-setorialmente (por ex.: aviação militar para civil, nuclear militar para civil) quanto intersetorialmente (por ex.: espacial para telecomunicações, nuclear para medicina).

No contexto específico das atividades espaciais, os termos “*spin-off*” e “*spin-in*” são frequentemente associados a “transbordamentos” intersetoriais, provavelmente em função de sua ampla utilização em estudos econômicos visando capturar o valor das atividades espaciais e justificar financeiramente o elevado volume de recursos investidos nestas atividades. Assim, Cohendet (1997) conceitua “*spin-off*” como o termo frequentemente empregado para designar tecnologias desenvolvidas no âmbito dos programas espaciais e usadas em atividades não espaciais. Reciprocamente o termo “*spin-in*” (para o setor espacial) se refere ao mesmo fenômeno, porém em sentido inverso, designando a transferência de tecnologia (que pode estar associada a produto, processo, organização e outros) desenvolvida em outro setor para o setor espacial (BACH, 2006). A fim de buscar uma maior aproximação conceitual com os estudos relacionados aos projetos espaciais e assim permitir certo grau

de comparação, esta será a definição adotada como base para esta pesquisa, conforme ilustra a Figura 2.10 a seguir.

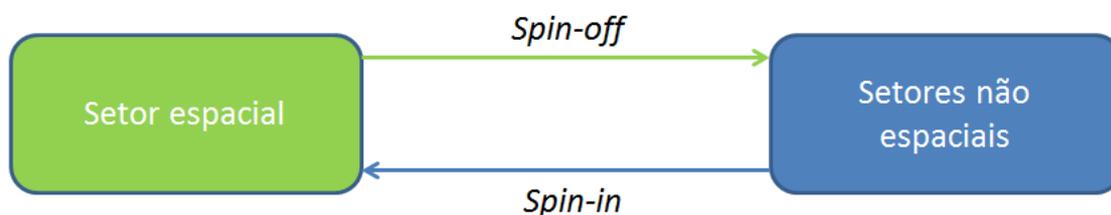


Figura 2.10 – *Spin-offs* e *spin-ins*

Fonte: traduzido de Peeters (2010)

Os transbordamentos que constituem os fenômenos de “*spin-ins*” e “*spin-offs*”, segundo Cohendet (1997) e Bach (2006), não estão restritos a transferência de tecnologia, mas englobam ainda a introdução de novos métodos de gestão, criação de padrões e normas, mudanças na estrutura organizacional, fortalecimento da rede de colaboração entre firmas, o uso da participação em programas espaciais como referência de “marketing”, o aperfeiçoamento das competências dos recursos humanos, por exemplo.

Bach et al. (2002) descrevem que o início das atividades espaciais foi um período marcado pela ocorrência de “*spin-ins*”, quando a indústria espacial se beneficiou imensamente do conhecimento e tecnologias que já eram utilizados em outros setores, mais comumente dos setores aeronáutico e defesa, e que foram adaptados para serem usados, de forma pioneira, no ambiente espacial. Na sequência, estas tecnologias adaptadas para uso em atividades espaciais foram devolvidas aos setores de origem e também a outros, porém incrementadas com potencialidades que antes não possuíam (miniaturização - tamanho e peso, redução no consumo de energia, resistência a ambientes hostis, por exemplo), ampliando as possibilidades de uso e atendendo a necessidades industriais e sociais, constituindo então os “*spin-offs*”.

Os autores destacam o papel específico das atividades espaciais na integração e interface de tecnologias provenientes de diferentes origens, gerando novas tecnologias relacionadas a requisitos de integração que constituem, elas próprias, em importantes candidatas a “*spin-offs*”, bem como diversos métodos e modelos para gerenciamento de projetos grandes e complexos, como atividades de concepção (especificações e revisão de projeto e controle da configuração), atividades de produção (métodos de controle e gestão da qualidade e da confiabilidade), dentre outros.

Diversos estudos conduzidos pelo mundo confirmam a ocorrência de “*spin-offs*”, bem como sua importância tanto em termos quantitativos quanto financeiros. Estes estudos, segundo Bach (2006) utilizaram diferentes abordagens econômicas, com o escopo das avaliações também diferindo entre si. Segundo ele, alguns estudos foram feitos com o objetivo de avaliar o desempenho ou o impacto de políticas específicas relacionadas a “*spin-offs*”, enquanto outros usaram uma lista de tecnologias efetivamente transferidas, tentando avaliar o benefício econômico destas transferências (CHAPMAN, 1989, citado por BACH, 2006). Outros, ainda, focaram em campos tecnológicos específicos e/ou programas e atividades específicas e tentaram reunir casos de sucesso e avalia-los, como estudos de “*spin-offs*” das ciências médicas e atividades de microgravidade (NOVSPACE, 2000; SEIBER, 2001; HERTZFELD, 2002, todos citados por BACH, 2006).

A Tabela 2.1 a seguir reúne informações a respeito de estudos conduzidos na Europa, EUA, Canada e Rússia com o objetivo de avaliar as transferências tecnológicas decorrentes de missões espaciais governamentais (HERTZFELD, 2002), conforme segue:

Tabela 2.1 – Síntese de diferentes abordagens de transferência de tecnologias espaciais em países selecionados

	Europa	Estados Unidos	Canadá	Rússia
Maturidade do Programa Espacial	Maduro. Segundo em relação aos EUA em tamanho e escopo	Mais antigo, maior e mais abrangente setor espacial	Maduro e capaz em algumas áreas de especialização	Programa espacial maduro e abrangente, mas com programas civis e comerciais muito recentes
Foco da tecnologia espacial	Todos os aspectos	Todos os aspectos	Especializado em sensoriamento remoto e robótica	Todos os aspectos
Tipos de "spin-off"	Comercial e defesa	Comercial e defesa	Comercial	defesa e (futuramente) comercial
Sistema Legal	Muito bem desenvolvidos. Regulações e proteções funcionando efetivamente			Leis existem, mas não são aplicadas efetivamente
Programas de transferência tecnológica	ESA - prioridade de desenvolvim. Industrial. Política de aquisições são planejadas para proporcionar retornos para as nações investidoras	NASA - especialistas comerciais em transferência de tecnologia; agências locais e governamentais	Parcerias entre governo e indústria criada no início dos programas espaciais específicos	Novos programas sendo estabelecidos, mas ainda no estágio de realização de inventário das tecnologias disponíveis
Objetivos da transferência tecnológica	ESA estabelece que todos os programas espaciais são orientados para o desenvolvimento industrial, sendo a transferência tecnológica um meio para atingir esta meta	NASA - orientações para missões; transferência de tecnologia focada sobretudo em spin-offs e objetivo secundário de investimentos espaciais	CSA - investimentos espaciais focados tanto em prover novas tecnologias para atender as necessidades públicas quanto para desenvolver a indústria canadense	RSA - adquirir moeda segura e de valor, desenvolver uma nova indústria na Rússia e entrar no mercado comercial
Metodologias do estudo de transferência de tecnologia	Pesquisa em profundidade com firmas contratadas do setor espacial	Pesquisa em profundidade com companhias (principalmente firmas pequenas) reportando "spin-offs" de sucesso em "life sciences"	Pesquisa em profundidade com contratados e parceiros da CSA em tecnologias selecionadas	Revisão de problemas governamentais recentes e iniciativas para estabelecer uma atividade de transferência tecnológica civil
Conclusões e lições aprendidas	Tipos de benefícios mudaram com a maturidade do programa espacial. Taxa de efeitos indiretos de aproximadamente 3:1. Benefícios podem ser maiores a partir de políticas públicas projetadas para estimular o processo de transferência, particularmente políticas de aquisição	Pesquisa com 15 firmas indicaram benefícios comerciais de mais de US\$ 1,5 bilhão em "life sciences" entre 1958 e 1998, além de benefícios sociais. Alguns grandes casos de sucesso minimizam spin-offs modestos, porém importantes	Benefícios/investimento de 4,3:1 a 9,6:1 para diferentes tecnologias. Efeitos comerciais estão crescendo. Os projetos canadenses são focados em aplicações e para MPEs. Programa não pretende construir um programa espaciais mais abrangente	Problemas existem, mas a Rússia está progredindo em estabelecer uma atividade de transferência tecnológica civil. Há uma necessidade clara de implementar uma base legal para a transferência de tecnologia através de garantias de direitos de propriedade intelectual. Demanda doméstica precisa crescer

Fonte: traduzido de Hertzfeld (2002).

Na Tabela 2.2, a seguir, constam resultados identificados em estudos conduzidos na Europa (em dois períodos diferentes), Canadá e Brasil, todos utilizando a metodologia proposta pelo B.E.T.A., da Universidade de Strasbourg, que também serviu de inspiração para a metodologia empregada no estudo de caso desta pesquisa. O estudo brasileiro, elaborado por Furtado e Costa Filho (2002) avaliou os “*spin-offs*” do programa de satélites CBERS 1&2.

Tabela 2.2 – Resultados de estudos de impactos econômicos relacionados a atividades espaciais utilizando a metodologia BETA.

	ESA 1980	ESA 1988	Canada 1989	Brasil (CBERS 1&2)
Período pesquisado	1964-1982	1977-1991	1979-1993	2001
Retorno econômico	2.9	3.2	3.5	0,43
Fatores técnicos	25%	32%	40%	36,90%
Fatores comerciais	27%	8%	18%	-----
Fatores organizacionais	19%	6%	18%	29%
Fator Força de Trabalho	29%	54%	24%	35,10%

Fonte: adaptado de Furtado e Costa Filho (2002)

Os resultados brasileiros foram avaliados pelos autores como substanciais, ainda que não tenham sido tão significativos quanto os encontrados em outros estudos de avaliação de impactos econômicos utilizando-se da metodologia do BETA. Este impacto econômico reduzido foi atribuído por eles a problemas relacionados com a falta de escala do setor e ao baixo grau de integração inter e intrassetorial, dificultando os encadeamentos tecnológicos. Ainda, para os autores, o fato de não ter havido nenhuma transferência de tecnologia de processo corrobora a dificuldade de se reutilizar os processos desenvolvidos para a área espacial em outras áreas.

Apesar dos resultados gerais positivos relacionados aos impactos econômicos resultantes de atividades espaciais, Bach (2006) ressalta que os argumentos dos “*spin-offs*”, por si só, não justificam os investimentos no setor. Ele considera que o setor hoje é maduro o suficiente para não precisar mais demonstrar seu valor econômico, mas defende que é preciso adotar políticas

direcionadas para “*spin-offs*”, em razão das possibilidades que decorrem das interações deste com outros setores.

Segundo ele, os fatores que facilitam a ocorrência de “*spin-offs*” e “*spin-in*” seriam: a proximidade tecnológica entre o setor espacial e o setor “recededor” da tecnologia, bem como a diversidade de portfólio das empresas “recededoras”; a existência de uma política interna da firma para identificar e apoiar o processo de “*spin-offs*” e o envolvimento de firmas especializadas de fora do setor espacial. Assim, uma política direcionada para “*spin-offs*” no setor espacial precisa atrair empresas inovadoras e de alto desempenho em outros setores.

Outras políticas específicas direcionadas a “*spin-in*” e “*spin-offs*”, segundo Bach (2006), são as seguintes:

- criação de escritórios de transferência de tecnologia, com funções de: identificar tecnologias com potencial para aplicações não-espaciais; verificar as necessidades tecnológicas e as exigências do setor não espacial; combinar as tecnologias disponíveis com as necessidades não-espaciais e, posteriormente, prestar assistência no processo de transferência, utilizando-se eventualmente de empresas de “corretagem” de tecnologia e concurso público;
- criação de inventário de tecnologias espaciais regularmente atualizado e disponibilizado através de catálogos ou base de dados on-line; considerando que esta ação passivamente não seria suficiente, tem surgido sugestões de ações do lado da demanda, como promoção de eventos para divulgação das tecnologias catalogadas e/ou utilização e empresas de “corretagem” tecnológica;
- estabelecimento de políticas de suporte a projetos de “*spin-offs*” em empresas candidatas, que incluam, por exemplo, discussão sobre como as tecnologias espaciais poderão ser adaptadas para usos não-

espaciais, possibilidade de utilização de instalação das agências espaciais e busca de parceiros relevantes que contribuam com suas habilidades complementares.

Como fator que dificulta as transferências tecnológicas para dentro ou para fora do setor espacial, Bach (2006) destaca a “extrema qualificação”, geralmente associada a custos elevados, provocados pela tecnologia em si ou pelo custo de desenvolvimento a ser amortizado, e à especificidade da tecnologia espacial, que restringe a aplicação ou dificulta a adaptação para produção em massa.

A identificação e promoção de “*spin-offs*” é um esforço prioritário, verificado em diversas agências espaciais, não para justificar suas atividades, que são fundamentadas muito acima das questões meramente econômicas, mas para registrar, capitalizar, incentivar e promover estes importantes “transbordamentos”. Relatório da “*Space Foundation*” (2013) aponta que NASA, ESA, JAXA e ISRO, todas possuem escritórios dedicados a promover o uso de tecnologias espaciais em outros setores.

A NASA, seguramente a principal referência mundial no assunto, mantém sítio eletrônico²⁰ dedicado aos “*spin-offs*” de seus projetos e programas, destacando os benefícios sociais, econômicos e educacionais resultantes de suas atividades espaciais e orientações para que seus parceiros comerciais aprendam a identificar produtos ou processos como “*spin-offs*” espaciais. Além disso, a NASA divulga os casos confirmados, sejam produto, processo ou serviço, em catálogos anuais, gerando outro resultado industrial importante: os efeitos de marketing que beneficiam comercialmente seus parceiros, além do apoio da sociedade geral, que consegue compreender melhor

²⁰ disponível em: <http://spinoff.nasa.gov/>, acesso em 11/07/13.

3. POLÍTICAS ESPACIAIS E RELACIONAMENTO DE AGÊNCIAS GOVERNAMENTAIS COM O SETOR PRIVADO EM PAÍSES SELECIONADOS

Este capítulo tem por objetivo apresentar as experiências de programas espaciais selecionados – Estados Unidos, Europa, China e Índia – com relação a suas políticas de aquisições e relacionamento com os setores industriais.

A escolha dos países analisados levou em consideração não apenas o estágio de desenvolvimento das atividades espaciais nestes países, o que os torna referências importantes a serem estudadas, mas também, nos casos da China e Índia, por serem programas espaciais que avançaram muito rapidamente de um estágio de imaturidade tecnológica a uma busca e consolidação de posição de liderança regional e de relevância mundial no setor. A trajetória percorrida por estes países certamente fornece muito material para reflexão sobre o caso brasileiro.

3.1 Experiência dos Estados Unidos da América (EUA)

A política de compras públicas dos EUA é considerada por muitos como o exemplo mais completo de utilização do poder de compras do Estado para a obtenção de resultados econômicos e sociais. O modelo atual e o arcabouço jurídico vigente é resultado do aprimoramento em muitos anos de uma prática fortemente exercitada a partir da II Guerra Mundial e considerada estratégica até os dias atuais.

A política científica e tecnológica dos EUA no período pós-guerra foi fortemente influenciada pelo relatório “*Science: the endless frontier*”, elaborado por Vannevar Bush, em 1945 (COLE et al, ____), , que recomendou ao governo Roosevelt a ampla utilização de contratos e subsídios com universidades, instituições de pesquisa e empresas privadas em tempos de paz para continuidade do desenvolvimento tecnológico e científico verificado nos anos de guerra. O relatório recomendou também o uso extensivo de contratos com a indústria privada, sobretudo para atividades de desenvolvimento, para

transferência do conhecimento científico e tecnológico para a sociedade e economia.

O relatório havia recomendado uma agência governamental única para coordenar estes esforços de P&D junto ao setor privado: a Fundação Nacional de Ciência (“*National Science Foundation*” - NSF). No lugar de seguir esta sugestão, optou-se por um modelo pluralista, composto pelo Instituto Nacional de Saúde (NIH), escritórios de pesquisa Naval e correspondentes para as Forças Armadas e Força Aérea, uma agência de projetos de pesquisa avançados de Defesa e a NSF (BROOKS, 1986).

Brooks (1986) continua seu histórico descrevendo que a NSF e a Comissão de Energia Atômica (AEC) foram encorajadas e até mesmo requeridas a contratar a condução de suas pesquisas junto a organizações privadas, conceito que foi logo adotado pelas Forças Armadas, Força Aérea e Forças Navais, culminando na NASA (“*National Aeronautics and Space Administration*”) que, poucos anos após sua criação, passou de um modelo²¹ em que 98% das pesquisas eram conduzidas em casa para um modelo em que 80% de seu P&D passou a ser contratado, especialmente os desenvolvimentos, junto ao setor privado (BOK, 1966, citado por BROOKS, 1986).

No período pós-guerra, os investimentos governamentais norte-americanos em grandes programas tecnológicos eram altíssimos, principalmente os militares e espaciais. Segundo Brooks (1986), no período entre o fim dos anos 1940 a 1967, mais de 90% dos investimentos federais norte-americanos em P&D eram dedicados a atividades espaciais, de defesa e programas nucleares militares. Na época do Programa Apollo, que levou o homem à lua, os investimentos em atividades espaciais civis e militares alcançaram em torno de 6% de todo o orçamento federal norte-americano.

Este nível de investimento caiu dramaticamente com o fim do Programa Apollo e em função de questionamentos por parte da sociedade, mais preocupada

²¹ Herdado da NACA (“*National Advisory Committee for Aeronautics*”) que foi convertida em NASA pelo “*Space Act*” de 1958.

com outras prioridades nacionais, como saúde e energia (FURTADO, 2005).. A Figura 3.1, a seguir, ilustra bem a redução no nível de investimentos em atividades espaciais nos EUA a partir do final dos anos 1960.

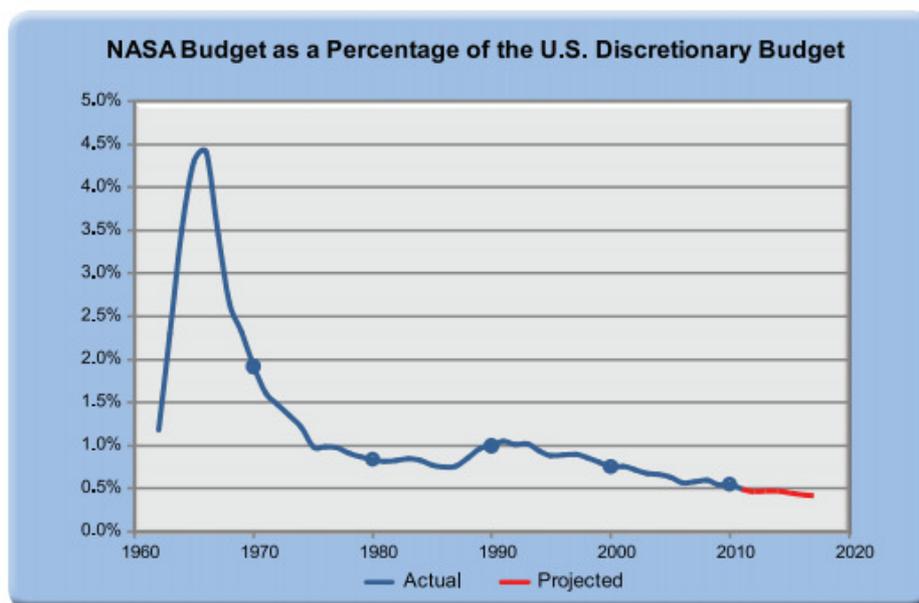


Figura 3.1 – Orçamento da NASA como percentual do orçamento dos EUA de 1962 a 2017
Fonte: Space Foundation (2012)

A dramática redução no nível de investimento governamental levou a NASA a buscar uma mudança de atitude, migrando de um modelo de indução de tecnologia para atender a necessidades e requisitos de grandes programas e missões (“*program push*” ou “*need driven*”) para um modelo de planejamento de missões a partir de oportunidades tecnológicas (“*technology pull*” ou “*opportunity driven*”) (SADIN, POVINELLI e ROSEN, 1989). Assim, a definição de novas missões passaria pela avaliação da maturidade da tecnologia requerida para conduzi-las (“*technology readiness level*”), evitando desta forma os custos e riscos excessivamente elevados dos grandes programas e missões conduzidos na primeira fase do programa espacial dos EUA.

Além da mudança de atitude já descrita, a redução dos fatores geopolíticos na definição das missões espaciais abriu mais espaço para missões focadas no atendimento de necessidades práticas e cotidianas da sociedade, como a cartografia, monitoramento de agricultura, meteorologia, telecomunicações, etc.

Estes novos produtos e serviços levaram também ao estabelecimento de um segmento industrial espacial comercial, que em 2012, representou 74% de um empreendimento global espacial de cerca de US\$ 300 bilhões (SPACE FOUNDATION, 2013), conforme Figura 3.2 a seguir.

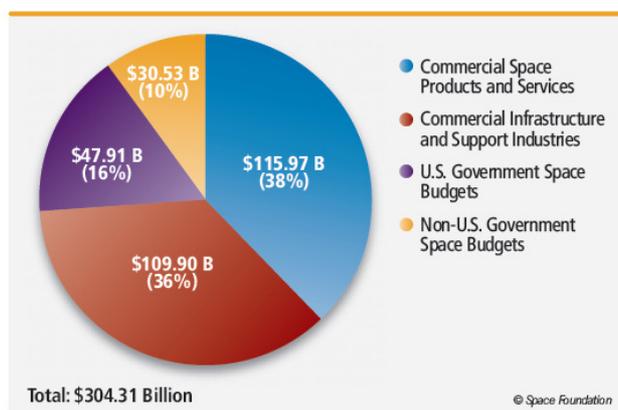


Figura 3.2 – Atividades espaciais globais em 2012.

Fonte: Space Foundation (2013)

Não obstante esta redução no nível de investimentos em atividades espaciais civis dos EUA nos últimos anos, a figura 3.2 acima indica também que o investimento do governo norte-americano em atividades espaciais é bem maior que a soma dos investimentos no setor feitos pelos governos do resto do mundo. Apesar deste grande volume de investimentos no setor e da força inquestionável da indústria espacial nos EUA, há fortes preocupações quanto à capacidade futura da manutenção da liderança do país em função da emergência de competidores globais, que vem avançando em ritmo surpreendente (SADEH, 2009; LOGSDON, 2011; ALDRIN, 2013; ABBEY, 2013). Aldrin (2013) avalia que a grande diferença entre os investimentos norte-americanos no setor e a soma do restante dos países não parece gerar uma competência tantas vezes maior, já que em muitas áreas comerciais, como, por exemplo, lançadores, o resto do mundo estaria ao menos equiparado com os EUA.

Alguns autores (COBB, 2011; LOGSDON, 2011; ABBEY, 2013) consideram que o programa espacial norte-americano vive um período de importantes definições: a “aposentadoria” do *Space Shuttle* sem um substituto imediato

para ocupar sua posição; iniciativas paralelas no setor privado de desenvolvimento de um veículo espacial comercial, com forte apoio governamental; a determinação do desenvolvimento de um veículo lançador de cargas pesadas sem que se tenha uma definição precisa de destino ou requisitos técnicos, além daqueles propostos pelo Congresso Nacional em 2010; divergências políticas e de opinião pública quanto às missões tripuladas de volta à Lua e de exploração de Marte. Estes projetos precisam ser conduzidos paralelamente à manutenção de programas bem sucedidos, como a Estação Espacial Internacional e os programas científicos e robóticos de exploração. Para conseguir lidar com todas estas questões em paralelo, a agência vem requisitando ao Congresso um aumento em seu orçamento anual, porém sem sucesso, já que boa parte da opinião pública e política parece julgar o orçamento atual da NASA já bastante elevado (COBB, 2011).

Abordando o assunto, relatório da Space Foundation (2012) considera defende a viabilidade da duplicação dos níveis de investimento atual, levando-o ao nível de investimento, em valores absolutos em dólar, praticado nos anos 1960, que é o nível de investimento anual que vem sendo praticado no *National Institute of Health* (NIH), instituição de P&D da área de saúde, conforme Figura 3.3 abaixo. Ainda assim, em termos percentuais em relação ao orçamento total nacional, destaca o relatório, o aumento levaria os investimentos no setor a apenas cerca de 1%, muito inferior ainda aos níveis praticados nos anos 1960.

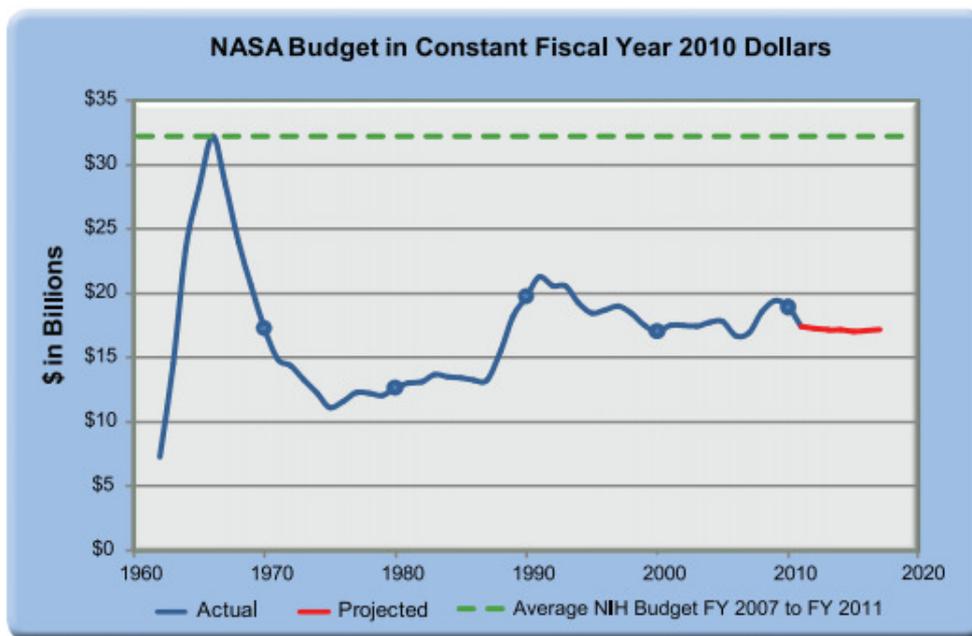


Figura 3.3 – Orçamento da NASA entre 1962 a 2017

Fonte: Space Foundation (2012)

Apesar das incertezas e desafios que marcam hoje o programa espacial nos EUA, a posição norte-americana em espaço continua sendo superior a de qualquer outro país ou mesmo da Europa, possuindo uma margem considerável à frente em tamanho, diversificação e profundidade. Em 2009, aproximadamente 83% do orçamento da NASA foi gasto em processos de aquisições junto ao setor privado, o equivalente a mais de US\$ 16,7 bilhões²², além das contratações de sistemas espaciais de defesa, o que representa um mercado governamental suficientemente grande para sustentar uma indústria espacial competitiva e saudável²³.

A política de compras norte-americana é comumente considerada como sendo o melhor exemplo de utilização do poder de compra do Estado para a obtenção de resultados econômicos e sociais, além da busca da aquisição mais

²² Segundo sítio da NASA, disponível em: <http://www.nasa.gov/open/plan/procurement.html>, acesso em 15/07/13, às 13h30.

²³ O orçamento da NASA em 2012 e 2013 foi de US\$ 17,7 bilhões, com previsão de que se mantenha neste mesmo nível para 2014, o que representa em torno de 0,5% do orçamento nacional total, segundo sítio eletrônico da NASA, disponível em: http://www.nasa.gov/pdf/632697main_NASA_FY13_Budget_Summary-508.pdf, acesso em 12/07/2013, às 15h.

vantajosa para os bens e serviços demandados pelo governo (MOREIRA e MORAIS, 2002, pp. 16).

As diretrizes de compras governamentais nos EUA se apoiam no sistema “*Federal Acquisition Regulations*” (FAR), que regulamenta as políticas, práticas e procedimentos utilizados nas aquisições do governo federal. Logo no primeiro capítulo do FAR, fica explícito que as compras realizadas em âmbito federal devem ter como objetivo a disponibilidade do produto ou serviço pretendido em tempo hábil, ao melhor preço possível, com credibilidade e visando atingir os objetivos de políticas públicas, que incluem: aspectos econômicos, industriais, sociais, militares e desenvolvimento local, entre outros. Outras orientações expressas no FAR são: o aumento da competição; a minimização dos custos administrativos; ampliação da participação do setor industrial no atendimento das necessidades de governo; a condução dos processos de aquisição com integridade, justiça e transparência; incentivo a contratos e subcontratos com pequenas empresas, sobretudo quando de propriedade de veteranos de guerra, quando localizadas em regiões economicamente deprimidas e em situação de desvantagem (MOREIRA e MORAIS, 2002).

Os meios para se atingir estes objetivos estão dispostos em programas como o “*Buy American Act*”, que restringe as aquisições de bens e serviços estrangeiros para uso interno nos EUA²⁴; “*Balance of Payments Program*”, que regulamenta as aquisições dos EUA para utilização no exterior, dando preferência a produtos nacionais também para uso em embaixadas, consulados, bases militares, etc.; e “*Small Business Act*”, que dá preferência aos bens e serviços de empresas de pequeno porte.

Moreira e Morais (2002) descrevem características específicas das aquisições nos EUA, dentre as quais destacamos:

²⁴ Moreira e Morais (2012) citam que para que um produto seja considerado “*produto final doméstico*” e, portanto, se beneficie das preferências do “*Buy American Act*”, é preciso atender às seguintes exigências: i) ser produzido nos EUA e; ii) atender ao conteúdo de conteúdo nacional, com os componentes nacionais representando mais de 50% do custo de todos os componentes utilizados.

- As aquisições federais nos EUA podem ser feitas nas seguintes modalidades: *“licitação aberta, onde qualquer interessado pode apresentar proposta; licitação restrita ou seletiva, com número limitado de ofertantes convidados a apresentar propostas; e aquisição de fornecedor único, denominada de “aquisição negociada não competitiva”.* Além dessas, são previstos procedimentos próprios para a chamada *“licitação simplificada”, aplicável aos contratos de valor até US\$100.000”;*
- A existência da figura da “equipe de aquisições”, formada por participantes da área de compras, usuários dos bens e serviços contratados e fornecedores desses bens, com *“autoridade para exercer a melhor estratégia requerida em situações específicas, podendo adotar, no melhor interesse do governo, procedimentos e estratégias não previstas em regulamento”;*
- Todas as agências devem manter setor de apoio a pequenas empresas e empresas em situação de desvantagem, a fim de facilitar a participação destas empresas nas licitações;
- Nos contratos superiores a US\$ 500 mil, e desde que haja possibilidades de subcontratação, o fornecedor deve apresentar plano de subcontratação de pequenas empresas, sob pena de ser desqualificado para assinar contrato com o governo. As subcontratações também são incentivadas através de programa específico (*“Incentive Subcontracting Program”*);
- Identificada uma necessidade por um órgão federal e decidida a sua aquisição, será avaliada se a utilização da modalidade de “proposta fechada” é adequada, levando em consideração: se há tempo suficiente para permitir a elaboração e divulgação do edital (*Invitation for bids - IFB*), entrega das propostas e sua avaliação; se a adjudicação do contrato for com base em preço; se não houver necessidade de se fazer negociações com os ofertantes a respeito de suas propostas; se houver expectativa de recebimento de mais de uma proposta;

- Caso a modalidade acima não seja considerada adequada pelos critérios mencionados, pode-se utilizar a modalidade de propostas negociadas competitivas ou de fonte única, por meio de “*Request for proposals*”, sendo permitido ao órgão conduzir discussões, avaliar as propostas e adjudicar o contrato utilizando outros critérios além do preço, como experiência gerencial, tecnologia adotada e desempenho do proponente em fornecimentos anteriores, utilizando-se de processos de “*tradeoff*” para decisão da proposta mais vantajosa, devendo os critérios ser documentados nos registros da licitação;
- Em semelhança com a legislação brasileira, as licitações podem ser conduzidas em duas etapas, sendo a primeira para apresentação, avaliação e discussão de proposta técnica e a segunda, para que as classificadas na primeira etapa apresentem propostas de preço;
- É possível excluir determinados fornecedores das licitações por questões de segurança, de defesa, emergência ou para assegurar a continuidade de fornecedor doméstico, ou ainda quando a exclusão resultar em aumento ou manutenção da concorrência, com provável redução dos custos da aquisição.

Um aspecto que demonstra a relevância atribuída ao setor aeroespacial é que a elaboração, revisão e divulgação da FAR está sob a responsabilidade de três autoridades: o secretário de Defesa, o administrador de Serviços Gerais e o administrador da NASA. Este é um fator importante para que o sistema de compras norte-americano seja compatível com as necessidades e exigências específicas das aquisições dos sistemas complexos com os quais lidam os setores de defesa e aeroespacial.

Apesar dos aspectos positivos e da relativa flexibilidade da legislação de compras norte-americana, Aldrin (2013, pp. 185-186) registra preocupações relacionadas à eficiência no processo de contratação, tais como: as muitas exigências de certificações e relatórios por parte da “*Federal Acquisition Regulations*” (FAR); a concentração de “*prime contractors*”, que se por um lado contribui para a saúde financeira das empresas, por outro reduz drasticamente

o número de competidores nas concorrências; a existência de múltiplas agências governamentais dando suporte ao desenvolvimento de atividades espaciais separadamente, gerando duplicação e, eventualmente, ineficiência de gastos (Aldrin, 2013, pp. 185-186).

Outro grande desafio enfrentado pelos EUA hoje em suas aquisições de sistemas espaciais está nos processos de estimativa de custos e cronograma, em função dos frequentes e significativos acréscimos de prazos e custos em relação aos estimados inicialmente (DUBOS e MACDONALD, 2009; FREANER et al., 2008; GAO, 2006 e 2007). Para enfrentar o problema, a NASA vem sistematizando sua base de dados com informações de programas anteriores e criando parâmetros que ajudam na definição dos custos e prazos de desenvolvimento, como o CAD-Re (DUBOS e MACDONALD, 2009) e o “*Joint Cost and Schedule Confidence Level*” (JCL) (SPACE FOUNDATION, 2012). Além disso, o “*Governmental Accountability Office*” (GAO) fez algumas sugestões, tais como: tratar desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento de produto separadamente, evitando o desenvolvimento tecnológico nos processos de aquisição; procurar implementar melhorias incrementais; manter os recursos e requisitos definidos na fase de aquisição, evitando adicionar novos requisitos após a contratação firmada; buscar parcerias com firmas comercialmente bem estabelecidas e acostumadas a entregar produtos de boa qualidade no tempo e orçamento planejados (GAO, 2007).

A política de controle de exportação dos EUA – “*International Traffic in Arms Regulations*” (ITAR) vem sendo apontada como um elemento limitador da competitividade industrial norte-americana no setor, já que limita o tamanho dos mercados endereçáveis para tecnologias espaciais (AMERICAN ACADEMY OF ARTS AND SCIENCE, 2009; SADEH, 2009; ALDRIN, 2013, pp. 186). Sob o regime do ITAR, companhias europeias criaram o conceito de satélite “*ITAR-free*”, que contém tecnologia não controlada pelo ITAR norte-americano, e cresceram sua participação de mercado de 10% para 20% de 2000 a 2004 (ALDRIN, 2013, pp. 186). Ainda, outros países passaram a desenvolver componentes eletrônicos com qualificação espacial que inicialmente só estavam disponíveis para comercialização no mercado norte-

americano, com a vantagem de que as alternativas “ITAR-free” possuem liberdade para utilização de lançadores chineses, cujos preços são consideravelmente mais baixos que os tradicionais europeus, russos e norte-americanos.

O governo Barack Obama lançou em 28 de junho de 2010 a nova Política Espacial Nacional dos EUA²⁵, que estabelece os princípios e objetivos para o desenvolvimento de atividades espaciais naquele país, destacando como prioritário o encorajamento de um setor espacial comercial inovativo e empreendedor.

Para promover uma indústria espacial comercial doméstica robusta, a política estabelece, dentre outras diretrizes, que as agências governamentais adquiram e utilizem competências e serviços espaciais comerciais sempre que existir alternativa comercial adequada, ainda que isto implique em ajustes de requisitos de governo, abstendo-se de conduzir atividade espacial que impeça, desencoraje ou compita com atividades espaciais comerciais do país. Que sejam buscadas oportunidades potenciais para transferência de funções espaciais de rotina e operacionais para o setor comercial espacial, incentivo à inovação tecnológica e empreendedorismo no setor comercial espacial através de prêmios e competições e que a tecnologia espacial e infraestrutura do governo dos EUA sejam disponibilizadas para uso comercial tanto quanto possível, em uma base reembolsável, equitativa e não interferente. Naturalmente, a nova política faz estas recomendações sem esquecer as devidas ressalvas com relação às preocupações de segurança nacional ou segurança pública, se resguardando o direito de definir as situações em que seja conveniente proteger tecnologia e evitar comercialização.

A nova política dos EUA enfatiza ainda a importância de buscar oportunidades de cooperação internacional, refletindo, segundo Logsdon (2011) a estratégia de política externa mais aberta adotada pelo governo Barack Obama. Finalmente, também destaca Logsdon (2011), a política reconhece a

²⁵ Disponível em: http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/national_space_policy_6-28-10.pdf, acesso em 11/07/2013, às 18h.

necessidade de um “código de conduta” internacional para preservação do ambiente espacial para uso responsável, pacífico e seguro para todos os usuários. Segundo ele, na medida em que cresce o número de países dependentes de sistemas espaciais, aumenta o risco de colisões, “*debris*” e outros incidentes que põem estes sistemas em risco, com graves consequências econômicas, sociais e de segurança nacional.

Neste contexto, a NASA permanece atuando com sua variedade de projetos na fronteira tecnológica das atividades espaciais, mantendo a excelência organizacional que lhe é característica e buscando atuar como catalisador de novas tecnologias no setor privado, seja através de aquisições, de parcerias com empresas de base tecnológica ou na busca de parceiros para implantar, desenvolver e maturar tecnologias com potencial comercial.

3.2 Experiência da União Europeia

Na primeira fase das atividades espaciais na Europa, entre os anos 1950 e 1960, França, Alemanha e Reino Unido iniciaram seus programas em bases nacionais, inspirados pelas conquistas impressionantes da NASA e União Soviética (GAUBERT e LEBEAU, 2009). Enquanto as duas nações pioneiras viviam o que Schwarz (1979) chamou de “a grande aventura industrial” daquele tempo, os países europeus deram os primeiros passos motivados principalmente por interesses científicos, militares e de prestígio nacional. Estes países perceberam muito rapidamente que não seriam capazes de acompanhar individualmente as conquistas dos norte-americanos e russos nestas atividades, o que os levou à ideia de reunir esforços, ao que se juntaram outros países como a Bélgica, Itália e Holanda, dando origem, na metade dos anos 1960, a duas instituições espaciais com propósitos pacíficos: “*European Launcher Development Organization*” (ELDO) e “*European Space Research Organization*” (ESRO) (SCHWARZ, 1979; BACH, 2006; GAUBERT e LEBEAU, 2009).

O período compreendido entre os anos 70 até a metade dos anos 80 foi marcado pela decisão, tomada em 1975, por 10 países europeus, de substituir

as duas instituições anteriores pela “*European Space Agency*” (doravante denominada de ESA), que pela sua convenção formadora, não poderia se envolver com programas militares. Este tipo de atividade seria mantido em bases nacionais ou até mesmo em nível multilateral – cooperação entre países europeus – porém numa abrangência menor que a da ESA.

A criação da ESA foi uma iniciativa pioneira de colaboração tecnológica entre países europeus que desempenhou papel relevante na posterior integração europeia (SCHWARZ, 1979; BACH, 2006). Os autores destacam que o início das atividades da ESA foi também um período decisivo na consolidação da indústria espacial europeia, quando consórcios foram estabelecidos para atender às licitações da agência, tornando-se depois as grandes companhias espaciais europeias.

Após a NASA, Bach (2006) considera que a ESA representa o principal exemplo do modelo baseado em agências e aquisições, cujas características já foram apresentadas na seção 2.3 desta tese. A chave na qual se baseia esta política de aquisições é a elaboração e implementação de uma política industrial adequada ao programa, assim como a recomendação de uma política industrial coerente para os Estados membros, com os seguintes objetivos:

- a) Manter e desenvolver tecnologias espaciais, atender aos requisitos do programa espacial europeu e coordenar os programas espaciais nacionais de modo eficaz em relação a custos;
- b) Incremento da competitividade em termos mundial da indústria europeia pela manutenção e desenvolvimento de tecnologia espacial pelo encorajamento da racionalização e desenvolvimento de uma estrutura industrial apropriada para os requisitos de mercado, fazendo uso primeiramente do potencial existente da indústria de todos os Estados membros;
- c) Garantir que todos os Estados membros participem de maneira igualitária, levando em consideração a contribuição financeira de cada Estado membro com o orçamento da ESA;

- d) Explorar as vantagens da livre concorrência em todas as situações, exceto aquelas em que isto seja incompatível com outros objetivos definidos de política industrial.

Como instituição multinacional, a ESA precisou lidar com desafios políticos importantes no desempenho de sua função. Para cumprir com seus objetivos, a ESA se utiliza de uma política de aquisições que abrange todas as atividades espaciais, da ciência até as aplicações. 85 a 90% do orçamento da agência vêm sendo gasto com contratos firmados com a indústria europeia (BACH, 2006). Para garantir uma distribuição justa e equitativa dos retornos científicos, tecnológicos e industriais entre os países membros da organização, foi estabelecida desde o início da cooperação europeia a “regra do retorno justo”, que define que os contratos industriais seriam distribuídos em igual proporção à contribuição financeira feita por cada um dos países membros. Outro princípio diz respeito à distinção entre programas mandatórios, nos quais todos os países membros teriam participação, e programas opcionais, cuja participação poderia variar de acordo com os interesses específicos de cada país (SCHWARZ, 1979; BACH, 2006; GAUBERT e LEBEAU, 2009).

O estabelecimento destes princípios, no entanto, não resolvem completamente os desafios a serem enfrentados. A distribuição dos contratos em proporção ao nível de contribuição financeira dos países membros, por exemplo, pode não estar alinhada com a capacidade tecnológica e industrial de cada país, gerando problemas de eficiência ainda não perfeitamente equacionados (SCHWARZ, 1979; BACH, 2006).

A segunda metade dos anos 80 até o final dos anos 90 teria sido caracterizada, segundo Bach (2006), pelo engajamento da indústria europeia na colaboração internacional com os EUA para a construção da Estação Espacial Internacional – ISS e pelo crescimento dividido entre subsegmentos de aplicações comerciais e não comerciais e aplicações civis e relacionadas a defesa. Para competir com os EUA nestes mercados, e na medida em que estes mercados foram se expandindo, foram surgindo empresas europeias de base internacional preocupadas com a produtividade, tempo de entrega e custo de produção.

Devido às especificidades do conteúdo tecnológico, das limitações de uso e pequena escala de produção, foi difícil para a indústria espacial fazer o mesmo progresso verificado em outros setores industriais. Este fenômeno, no entanto, foi parcialmente contrabalançado pelo rápido crescimento das telecomunicações e do mercado de lançadores, e pela visão otimista sobre o desenvolvimento futuro de mercados como, por exemplo, constelação de satélites, observação da terra, micro gravidade e, ainda a ser explorado, o turismo espacial.

Bach (2006) destaca que desde o início das atividades espaciais na Europa, tem havido interações complexas entre o setor espacial e os outros setores da indústria, principalmente aeronáutica, defesa, telecomunicações, ou até mesmo transporte ou instrumentações científicas e médicas. Entre as diversas formas que essas interações podem tomar, a transferência de conhecimento merece destaque. Estudos econômicos têm comprovado a existência de tais transferências, mas têm-nas valorado de forma diferente, demonstrando que condições específicas podem promovê-las ou inibi-las. Dentre esses fatores, as características e estratégias das empresas merecem destaque.

No início dos anos 2000, houve um agravamento da situação do setor espacial em função da desaceleração do mercado de telecomunicações via satélite, principal mercado comercial, que caiu de quase 30 satélites por ano para 6 em 2002, com impacto direto no mercado de foguetes lançadores. Boa parte da explicação para este fenômeno está no surgimento de tecnologias terrestres, mais baratas e flexíveis, em substituição a soluções antes só disponíveis a partir de sistemas espaciais.

Esta situação, segundo Bach (2006), revelou o excesso de capacidade da indústria europeia, que foi desenvolvido em um contexto de crescimento quase permanente. Nem o tradicional mercado civil não comercial nem o mercado militar, que por sinal possui peso muito reduzido na Europa, quando comparado com os EUA, foram capazes de fornecer número suficiente de encomendas para compensar estas perdas financeiras, agravadas pelos problemas de produtividade já mencionados, levando a redução de postos de

trabalho e planos para redução de custos. Este período marcou profundamente a estrutura e estratégia da indústria espacial, a organização da política espacial e o suporte público para a indústria.

A indústria espacial é relativamente pequena, segundo Gaubert e Lebeau (2009) quando comparada a outros setores mais tradicionais. Segundo eles, em 2007, o setor empregava cerca de 30 mil pessoas e tinha volume de negócios consolidado de 5,3 bilhões de Euros, sendo 40% deste volume de negócios decorrente do mercado comercial (satélites de telecomunicações e lançamentos do Arianespace). Estes números representaram uma melhoria em relação a 2005, citados por Bach (2006), quando o setor empregava cerca de 28 mil pessoas, com volume de negócios de 4,5 bilhões de Euro. Ainda assim, registram Gaubert e Lebeau (2009) e Bach (2006), estes números permanecem inferiores aos praticados entre 1999 e 2001 quando o setor chegou a possuir cerca de 35 mil empregados e o mercado comercial chegou a representar 52% de seu volume total de negócios.

A estratégia adotada pela indústria espacial europeia em resposta a estes desafios tem sido a concentração, através de fusões, aquisições e acordos de colaboração, especialmente no mais alto nível (integradores de sistemas e desenvolvedores de subsistemas). A justificativa econômica é a principal razão para a adoção desta estratégia. Segundo Bach (2006), a ideia contida por trás desta estratégia é que a empresa atinja um tamanho crítico para permitir a geração de um número de benefícios industrial e financeiro, tornando-as capazes de competir com empresas equivalentes de países mais desenvolvidos e com futuros competidores de países emergentes, já que empresas de maior porte possuem melhores condições em relação a economias de escala, estrutura interna favorável a P&D, maior acesso às tecnologias, maior capacidade de negociação com fornecedores e clientes, acesso facilitado a capitais e partilha de risco, condições favoráveis para transferência de tecnologia, melhores níveis de padronização e melhores condições de gestão. Esta estratégia encontra-se ilustrada na Figura 3.4 a seguir:

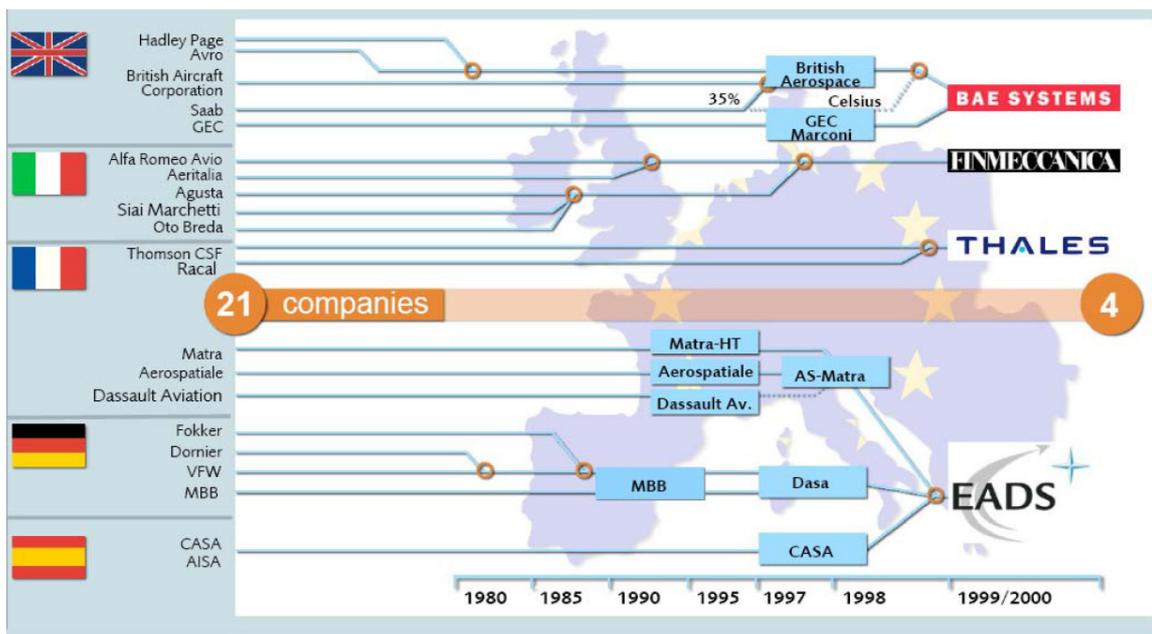


Figura 3.4 – Consolidação da indústria aeroespacial na Europa
 Fonte: EADS, in ECORYS (2009)

Bach (2006) descreve que a indústria espacial europeia ocupa a terceira ou quarta posição mundial junto com os chineses e atrás dos Estados Unidos e Rússia, dependendo do critério escolhido (tamanho e acesso independente a voos espaciais tripulados ou capacidade tecnológica global e escopo de aplicação), tendo atingido um nível de maturidade que permite que os atores industriais europeus operarem perfeitamente em todos os níveis (União Europeia, Agência Espacial Europeia e outras organizações nacionais e internacionais) e entre todos os mercados relacionados ao espaço (civil, defesa, científico e comercial). São indústrias de fato europeias, no sentido de que possuem filiais e unidades de negócios operando em diferentes países europeus: em quase todos os sistemas espaciais vendidos por um integrador europeu há subsistemas, componentes e partes cuja concepção e produção estão espalhadas por toda a Europa.

Gaubert e Lebeau (2009) destacam quatro empresas no contexto industrial do setor espacial europeu, sendo duas delas descritas como empresas europeias: Astrium EADS e Thales Alenia Space, ambas com sede na França, mas com unidades de decisão e produção em outros países, como Alemanha, Itália, Bélgica, Espanha e Reino Unido. As outras empresas destacadas são a OHB,

companhia alemã, mas que se relaciona com companhias na Itália, Reino Unido e Luxemburgo, e SAFRAN/SNECMA, grande grupo francês especialista em sistemas de propulsão. Segundo eles, estas 4 companhias respondem por 70% de todo o volume de negócios da indústria espacial europeia.

Um aspecto interessante ao apresentar a estrutura industrial europeia é a sua distribuição geográfica. Baseado em dados de 2005 (EUROSPACE, 2006, citado por BACH, 2006), a indústria francesa se destacava muito à frente dos demais países, com cerca de 11 mil empregados e volume de negócios de 1,9 bilhões de Euros, representando entre 40% e 45% da indústria espacial europeia. Alemanha e Itália, seguidos pelo Reino Unido, respondiam por 0,5 a 0,7 bilhões de Euros e 3.400 a 4.400 empregados cada. Espanha e Bélgica formavam um terceiro grupo, com 0,1 a 0,2 bilhões de Euros e pouco menos de 1.000 empregados, enquanto todos os outros países da Europa estavam bem abaixo de 0,1 bilhões de Euro e 700 empregados.

Outra forma de descrever a estrutura da indústria espacial europeia leva em consideração o nível de responsabilidade e/ou competência das empresas, inspirada na divisão hierárquica de trabalho usualmente utilizada para grandes programas espaciais, assim divididas, de acordo com Bach (2006):

- a) Integradora de sistemas: menos de 10 empresas possuem capacidade necessária para atuar desta forma, porém apenas 3 podem ser consideradas capazes de fazer a integração completa de grandes produtos espaciais (> 1,5 toneladas), sendo dois na área de satélite (Astrium EADS e Thales Alenia Space) e um em lançadores (EADS Space Transportation). Respondem por cerca de 55% dos empregos e do volume de negócios;
- b) Fornecedores de subsistemas: 14 companhias se enquadram nesta categoria, que representa cerca de 15% do total de empregos e volume de negócios;
- c) Fornecedores de equipamentos: é difícil estimar com precisão a lista de empresas nesta categoria, em função da variedade de equipamentos,

partes, etc. que são fornecidos, mas estima-se que seja um pouco menos de 100 empresas. São os segundo geradores de emprego após as empresas integradoras, mas geram comparativamente um volume de negócios menor, provavelmente pelo menor valor agregado de sua produção, se comparado com as integradoras;

- d) Serviços e suporte em solo para a indústria: é ainda mais difícil ter precisão no número de atores atuando desta forma, em função da variedade de atividades: sistema de solo e projeto, desenvolvimento, fabricação e operação de estações terrenas; serviços para a indústria; EGSE, consultorias, provisão de serviços para bases lançadoras, etc. Estima-se que existam 45 empresas nesta categoria.

Em nível de partes e materiais, Bach (2006) cita que a Europa vem avançando estrategicamente na busca da garantia de fornecimento de componentes e equipamentos essenciais, como giroscópios, componentes eletrônicos com qualificação espacial, perclorato de amônio, dentre outros. Muitos destes itens são concebidos e produzidos como monopólio da indústria norte-americana, deixando a indústria europeia susceptível às restrições comerciais e aos atrasos provocados pelas análises aos pedidos de fornecimento. Bach (2006) cita que os países europeus não estão listados como sujeitos a embargos de fornecimento desde que o cliente final não esteja localizado em países na lista negra dos EUA, porém suas empresas são afetadas por estes embargos uma vez que ficam impedidas de adquirir antecipadamente itens com restrição de fornecimento até que se saiba quem será o cliente final, impactando negativamente nos prazos e dificultando a competitividade das empresas europeias em relação às norte-americanas. Por outro lado, este efeito negativo do ITAR tem levado a indústria europeia a adotar uma política *ITAR-free* e com isto conquistar mercado de fornecimento, por exemplo, para países que também contam com dificuldade de acesso aos componentes e equipamentos norte-americanos.

Demonstrando preocupação com a capacidade de sustentabilidade da indústria espacial europeia nos próximos anos, Gaubert e Lebeau (2009) defendem que,

à exceção de telecomunicações, os demais serviços espaciais comerciais não conseguem manter o sistema espacial sem suporte governamental, e como os orçamentos de defesa na Europa não são expressivos em comparação aos praticados nos EUA e em outros países emergentes no setor espacial, há um sério risco de perda de competitividade da indústria espacial europeia. O artigo destes autores indica a existência de problemas de coordenação política ainda a serem resolvidos a respeito do papel das atividades espaciais no contexto da integração europeia. Uma coisa, no entanto, parece certa: a Europa está consciente do quanto os sistemas espaciais beneficiam áreas como saúde, transporte, energia e educação, e não deseja abrir mão de sua autonomia e independência nas tecnologias, competências e serviços espaciais.

3.3 Experiência da China

As atividades espaciais na China iniciaram nos anos 1950. Em 1958, Mao Zedong, fortemente impressionado com o lançamento do soviético Sputnik, definiu que a construção de um satélite seria prioridade nacional. O programa, no entanto, foi comprometido por problemas políticos internos, como a Revolução Cultural Proletária de 1966 que só terminou em 1976, com a morte de Mao Zedong. Apesar da turbulência, o programa teve continuidade, tendo sido lançado em abril de 1970 o primeiro satélite chinês, o “*Dong Fang Hung 1*” (DFH-1). Com este lançamento, a China era o quinto país do mundo a conseguir esta realização, seguindo a União Soviética, EUA, França e Japão. (MURRAY e ANTONELLIS, 2003; KULACKI e LEWIS, 2009; HANDBERG, 2013).

Murray e Antonellis (2003) descrevem que em 1978, a República Popular da China anunciou que estava trabalhando numa cápsula tripulada e uma estação espacial como a Skylab, mas que o projeto foi cancelado em 1981 por razões financeiras. Kulacki e Lewis (2009) contam que, no final dos anos 1970, a China realizou diversas tratativas com os EUA para adquirir um satélite de telecomunicações pronto, porém sem sucesso. Esta experiência, segundo eles, teria deixado na China um gosto amargo de derrota que os motivou a buscar eles próprios construir esta competência:

“In space there is this issue of a UN seat. The great nation of China can't go for long without a seat in GEO and the face of the Chinese people won't be lost in our hands! If we buy, we can buy one or two, but we can't go on buying indefinitely. So, we have to do this ourselves” (ZHANG AIPING, líder da Comissão Nacional de Ciência e Tecnologia para Defesa, CSTND, de 1975 a 1982, citado por KULACKI e LEWIS, 2009).

Em 1983, a China conseguiu completar os cinco principais sistemas necessários para colocar em órbita seu primeiro satélite geoestacionário: veículo lançador, satélite, base de lançamento, equipamentos de telemetria e rastreamento e estações de solo. A primeira tentativa de lançamento, em janeiro de 1984, não conseguiu colocar o satélite na órbita correta. A segunda tentativa, em abril do mesmo ano, foi bem sucedida, tornando a China o quinto país do mundo com esta competência, atrás de um grupo seleto de países: EUA, Rússia, ESA e Japão (KULACKI e LEWIS, 2009).

Monserrat Filho (2012) cita que desde 2006, a China efetuou 67 lançamentos que puseram 79 satélites em órbita com total êxito. Realiza voos espaciais tripulados com seus próprios meios e está construindo sua própria estação espacial e seu próprio sistema de navegação e posicionamento global, batizado de “*Beijou*” (Bússola), que já funciona e deve crescer nos próximos cinco anos, inclusive visando monitorar o lixo espacial. Bem recentemente, em dezembro de 2013, a China conseguiu pousar uma sonda não tripulada em solo lunar, a Chang'e-3, feito que só os EUA e Rússia haviam realizado antes.

O ritmo do progresso das atividades espaciais na China é impressionante e sem precedentes e tem sido objeto de muitos estudos e análises (DUPAS, 1988; MURRAY e ANTONELLIS, 2003; JOHNSON-FREESE, 2009; KULACKI e LEWIS, 2009; HANDBERG, 2013). Handberg (2013, pp. 249) considera que o que torna ainda mais interessante o crescimento da China neste setor é que os chineses estão se movendo com mais autoridade que os dois pioneiros, Estados Unidos e Rússia, deixando para trás outros países rivais do G20 e

empreendendo programas de alto custo sem precisar da ajuda financeira de parceiros internacionais.

Diante de muitos observadores atentos, fica claro que o nível de prestígio das atividades espaciais na China é hoje muito maior que em qualquer outra época, levando muitos países a questionarem sobre os reais motivos para tão elevados investimentos e a demonstrarem preocupação, tanto em função do caráter dual das tecnologias espaciais, que servem tanto para uso civil quanto militar, quanto pela preservação da integridade do ambiente espacial, em função de certas atitudes imprudentes da China em relação ao uso do espaço, como o teste de míssil antissatélite realizado em 2007 que gerou uma quantidade enorme de *debris* (lixo espacial) em órbita, pondo em risco sistemas espaciais existentes e futuros.

A respeito do rápido desenvolvimento de tecnologias espaciais na China, Zhu Yilin (1996), então secretário geral da Comissão de Ciência e Tecnologia da “*Chinese Academy of Space Technology*” (CAST), descreveu que a velocidade do avanço destas tecnologias no país tenta atender a três grandes desafios emergenciais: o primeiro deles diz respeito ao rápido crescimento da demanda por aplicações de satélites: transmissão de TV e comunicação móvel, além de sistemas de sensoriamento remoto para monitorar recursos ambientais e desastres naturais; o segundo desafio está relacionado à competitividade pelo mercado comercial espacial, ainda mais com países como Japão e Índia entrando na disputa; o terceiro desafio, finalmente, corresponde ao receio de que esta demanda doméstica emergente seja atendida por empresas estrangeiras, o que representaria uma perda de oportunidade de desenvolvimento de competências nacionais e de exploração deste expressivo mercado.

Prestígio internacional, segurança militar e orgulho nacional aparecem frequentemente no topo da lista das razões identificadas para o movimento da China em direção ao espaço, bem como a modernização da agricultura, indústria, ciência e tecnologia e desenvolvimento econômico em decorrência de atividades espaciais (YILIN e FUXIANG, 1997; MURRAY e ANTONELLIS,

2003; KULACKI e LEWIS, 2009; BESHA, 2010; SHEEHAN, 2013). A preocupação da China em modernizar-se militarmente para não ficar a mercê de outros países é fato reconhecido em praticamente todos estes estudos, como, por exemplo, Murray e Antonellis (2003), que citam a seguinte declaração de oficial militar chinês: “*em termos de segurança nacional, se um país não quiser ser controlado por outros, precisa ter força espacial, científica e tecnológica consideráveis*”.

Kulacki e Lewis (2009) ressaltam um aspecto em particular a respeito da atitude do programa espacial chinês: na época da guerra fria, o termo “corrida espacial” dava uma conotação de disputa, aonde alguém chegaria à frente – o primeiro a pôr um satélite em órbita, o primeiro a pôr um homem em órbita, o primeiro a pousar na lua a voltar a salvo. A atitude dos chineses, segundo eles, no entanto, demonstra vontade de se juntar ao grupo de países que conseguem estas realizações, tornar-se um membro deste clube.

Existe ainda outro aspecto extremamente importante relacionado ao programa espacial chinês e que não passou despercebido por Sheehan (2013): o caráter de motivação e integração nacional decorrente das conquistas espaciais da China. Este aspecto foi extremamente destacado por engenheiros chineses que trabalham no programa espacial chinês, por ocasião do Programa de Estudos Espaciais da Universidade Internacional do Espaço em 2010²⁶. Em diversos momentos e de diversas formas diferentes, eles enfatizaram que: “*para os chineses, sobretudo os mais jovens, a mensagem por trás de cada uma destas conquistas é a de que não há nada que a nação não possa alcançar se estiverem todos focados e unidos em torno do mesmo objetivo*”.

Handberg (2013, pp. 256) considera que um símbolo do progresso chinês em organizar e implementar seu programa espacial pode ser percebido no surgimento de uma série de documentos sobre política espacial em 2000,

²⁶ Na sede da *International Space University* - ISU, em Strasbourg, na França. A autora desta tese participou deste curso, com duração de 9 semanas, junto com cerca de 120 pessoas ligadas de alguma forma a atividades espaciais em mais de 20 países.

2003, 2006 e mais recentemente, em dezembro de 2011. Os dois primeiros documentos de política espacial (2000 e 2003), segundo ele, estabeleceram as fundações para o crescimento nacional do programa espacial, destacando a soberania como uma das principais diretrizes, enquanto o documento de 2006, que veio após o sucesso da missão Shenzhou em 2003, apresenta uma imagem de orgulho e autossuficiência para empreender esta difícil proeza. O documento mais recente, de 2011, apresenta à comunidade espacial internacional como a China percebe a si mesma, faz uma retrospectiva de suas atividades nos últimos cinco anos e relata o que planeja executar nos próximos cinco, demonstrando uma ênfase em cooperações internacionais e nas políticas de desenvolvimento industrial (HANDBERG, 2013, pp. 256; MONSERRAT FILHO, 2012).

Monserrat Filho (2012) descreve as principais estratégias para desenvolvimento científico e tecnológico do país contidas no documento mais recente de política espacial, de 2011, dentre as quais destacamos: promoção do avanço da ciência e tecnologia espaciais por meio de novas descobertas em tecnologias críticas e integração de recursos; empenho na construção de um sistema inovador de tecnologia espacial, integrando indústria, academia e comunidade científica espaciais com empresas e instituições de pesquisa de ciência e tecnologia espaciais como principais participantes; promoção de "clusters", cadeias produtivas industriais e mercado para aplicações de satélites; promoção de pesquisas sobre o direito espacial nacional, formulação e aperfeiçoamento gradual de leis, regulamentos e políticas industriais para orientar e regulamentar atividades espaciais, e criar legislação ambiental favorável a seu desenvolvimento; garantir investimento sustentável e permanente às atividades espaciais; fortalecer a formação de profissionais para a indústria espacial, promovendo competências na indústria e constituindo um contingente profissional bem estruturado e altamente qualificado para executar projetos relevantes e pesquisas básicas; dar publicidade ao conhecimento e à cultura espaciais e atrair pessoal de alto nível para a indústria do setor.

Do ponto de vista institucional, as atividades espaciais chinesas iniciaram sob a gestão do Ministério da Indústria Aeronáutica, que se tornou Ministério da Indústria Aeroespacial em 1988. Em 1993, foram criadas a CNSA – “*Chinese National Space Administration*”, cujo objetivo principal é servir de interface com outras agências espaciais, e, subordinada a esta, a CASC – “*China Aerospace Corporation*”, que executa o controle primário sobre o programa espacial chinês.

Sob coordenação da CASC, existem diversas organizações e grupos industriais citados na literatura, como: “*Chinese Academy of Launch Vehicles Technology*” (CALVT), que projeta e fabrica os foguetes da série Longa Marcha; “*Chinese Academy of Space Technology*” (CAST), que projeta e fabrica satélites; “*Academy of Aerospace Solid Propulsion Technology*” (AASPT); “*Academy of Aerospace Liquid Propulsion Technology*”; *Shanghai Academy of Space Flight Technology*; *China Academy of Space Electronics Technology* (CASET); “*Aerospace Time Instrument Corporation*”; “*Academy of Tactical Missile Technology*”, “*Academy of Cruise Missile Technology*”. A “*China Great Wall Industry Corporation*” (CGWIC), organização sob o Ministério da Indústria Aeroespacial da China, é responsável pela comercialização, negociação e contratação dos serviços de lançamento (MURRAY e ANTONELLIS, 2003; SHILU et al., 2000; MEDEIROS et al., 2005).

Subordinada a cada uma das Academias citadas acima, Medeiros et al. (2005) citam que existem institutos de pesquisa, fábricas e várias outras companhias menores.

Há indícios de que o governo chinês seja o proprietário de boa parte destas companhias, embora não tenha sido possível confirmar esta informação a partir das referências consultadas. Nesta hipótese, seria importante compreender se ocorrem e como ocorrem as transferências de tecnologia para o setor privado..

Da mesma forma, não se sabe ao certo quanto a China investe anualmente em atividades espaciais, embora referências indiquem o valor de US\$ 1,7 bilhões em 2009²⁷ e US\$ 5 bilhões²⁸ em 2012.

3.4 Experiência da Índia

A decisão da Índia em iniciar atividades espaciais foi tomada no início dos anos 1960, com o estabelecimento do Comitê Nacional Indiano para Pesquisas Espaciais, em 1962. A institucionalização do programa espacial indiano ocorreu com a formação da Organização Indiana para Pesquisas Espaciais (“*Indian Space Research Organization*” – ISRO) em 1969 e da Comissão Espacial e Departamento de Espaço, criados em 1972, com os objetivos de formular e implementar políticas e programas espaciais no país (SACHDEVA, 2013, pp. 303; DELOITTE, 2010). A Figura 3.5 apresenta a estrutura do Programa Espacial Indiano.

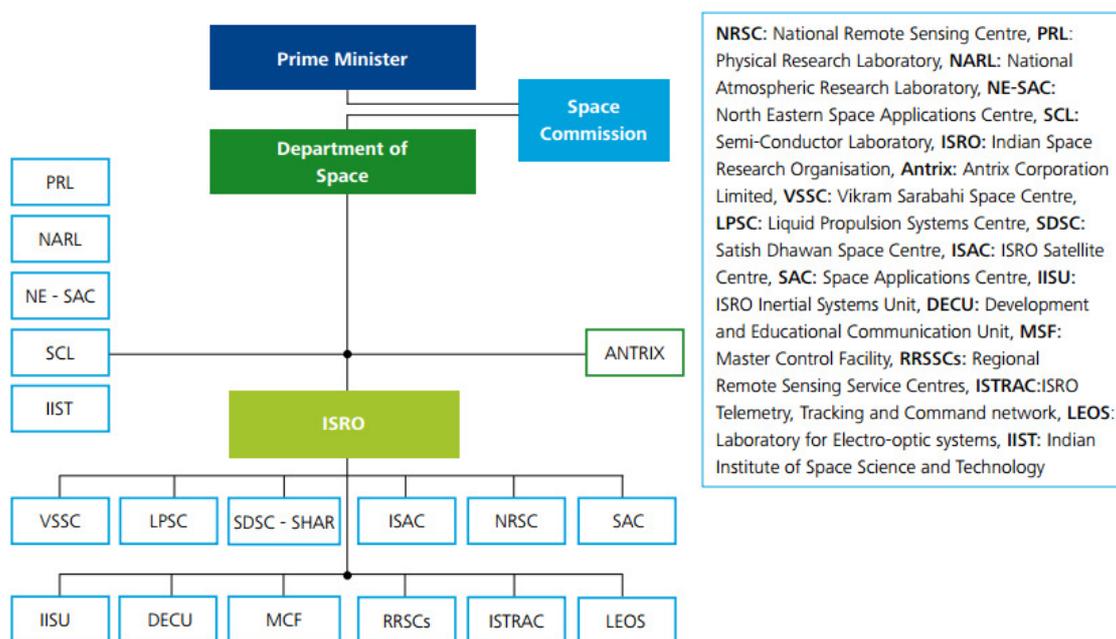


Figura 3.5 – Estrutura do Departamento de Estado indiano
Fonte: Deloitte (2010)

²⁷ Space Foundation, disponível em <http://www.spacefoundation.org/programs/public-policy-and-government-affairs/introduction-space/global-space-programs>, acesso em 16/07/13, às 19h40.

²⁸ Cain Nunns, 2012. Artigo intitulado “China vs. US: the new space race?”. Disponível em <http://www.globalpost.com/dispatch/news/regions/asia-pacific/china/120620/space-race-science-technology>, acesso em 16/07/13, às 19h30.

A Antrix, companhia limitada de propriedade do governo da Índia, sob controle administrativo do Departamento de Espaço, iniciou como companhia privada que foi incorporada ao governo em 1992 como um braço comercial da ISRO para promoção e exploração comercial de produtos espaciais, serviços de consultoria técnica e transferência de tecnologias desenvolvidas pela ISRO.

O programa espacial indiano é prioritariamente orientado para atendimento às necessidades da sociedade e de seus cidadãos e para o desenvolvimento nacional (KASTURIRANGAN, 2004; MURTHI e MADHUSUDAN, 2008; BHASKARANARAYANA et al., 2009), embora Gopalaswamy e Wang (2010) chamem a atenção para um despertar recente da Índia em relação à dimensão militar dos produtos espaciais, principalmente em função do crescimento da competência espacial militar de países vizinhos.

Para facilitar a compreensão da trajetória percorrida pela Índia a partir da estruturação de seu programa espacial, Murthi e Madhusudan (2008) descrevem os principais objetivos definidos através dos diversos planos decenais do programa espacial indiano, conforme segue:

- Plano decenal 1970-1980: Período que começou com foco na demonstração de conceitos e encerrou com caráter mais experimental. Neste decênio, os objetivos eram de desenvolver competência própria em projetar e construir tecnologia espacial sofisticada, incluindo foguetes e satélites para pesquisa científica e aplicações práticas e usar este sistema para prover comunicação, meteorologia e sensoriamento remoto de recursos terrestres.
- Plano decenal 1980-1990: Neste período de caráter operacional, os principais objetivos estavam relacionados ao estabelecimento de serviços operacionais nas áreas de telecomunicações, transmissões de TV, observações meteorológicas, sensoriamento remoto e gerenciamento de recursos naturais.
- Plano decenal 1990-2000: Continuando o caráter operacional do programa, o foco nesta fase esteve no aprimoramento do cumprimento

de prazos e confiabilidade dos serviços prestados aos usuários. Os objetivos centrais eram transformar a Índia em uma nação avançada, com competências em alta tecnologia, força de trabalho qualificado e capaz de explorar o potencial das tecnologias espaciais em áreas como educação, gerenciamento de recursos naturais, comunicações, meteorologia e gerenciamento de desastres. Ainda, beneficiar a indústria espacial indiana através da exploração de oportunidades comerciais internacionais no setor espacial.

- Plano decenal 2000-2010: Já contando com um grupo significativo de profissionais altamente qualificados em múltiplas disciplinas, experientes e motivados, os objetivos definidos para este período eram: focar nas aplicações de larga-escala de tecnologia espacial para atendimento às necessidades da sociedade; aumentar a confiabilidade de seus sistemas espaciais; empreender novas iniciativas em satélites de navegação; tecnologias avançadas para redução de custos de acesso ao espaço; aumentar competências em sensoriamento remoto, incluindo monitoramento dia/noite e sob quaisquer condições de tempo, além de iniciativas para exploração planetária com início de missão lunar.

Para realização destes objetivos, a alocação de recursos financeiros também foi seguindo uma trajetória evolutiva. Sachdeva (2013, pp. 305) descreve que a alocação orçamentária para os primeiros 15 anos de atividades espaciais na Índia, desde seu início, totalizou menos de US\$ 1 bilhão, enquanto o valor anual orçado para 2001/2002 ficou em US\$ 400 milhões. Mais recentemente, ainda segundo Sachdeva (2013, pp. 305), a constatação dos crescentes benefícios econômicos e sociais decorrentes do programa espacial na Índia levou a um crescimento na alocação orçamentária para US\$ 800 milhões para o ano fiscal de 2008/2009, US\$ 1,1 bilhões para 2009/2010, US\$ 1,3 bilhões para 2010/2011 e US\$ 1,5 bilhões para 2011/2012.

A Figura 3.6, a seguir, também ilustra a evolução no nível de investimentos em atividades espaciais na Índia a partir do ano-fiscal de 2004/2005, porém como percentual do PIB daquele país.



Figura 3.6 – Investimentos em Espaço como percentual do PIB da Índia
 Fonte: Deloitte (2010)

Diversos benefícios sociais e econômicos derivados das atividades espaciais estão em plena expansão na Índia, como telefonia móvel, vídeo conferências, acesso à internet áudio digital, posicionamento e navegação global, educação à distância, treinamento corporativo, telemedicina, melhoria nos serviços de previsão de tempo e monitoramento de desastres naturais, otimização do uso dos recursos de terra e água e melhorias na agricultura, além do desenvolvimento tecnológico e benefícios econômicos derivados de “*spin-offs*” para diversos setores, como ambiente, segurança pública e transportes e da abertura de novos mercados (MURTHI e MADHUSUDAN, 2008; BHASKARANARAUANA et al., 2009; MURTHI e SHOBA, 2010).

Bhaskaranarayana et al. (2009) destacam ainda que a redução da pobreza e da marginalidade é um aspecto prioritário em um país em desenvolvimento como a Índia e citam que as tecnologias e aplicações espaciais naquele país tem sido particularmente úteis para diminuir grandes distorções sociais existentes em áreas rurais extensas, de acesso difícil e com deficiência de infraestrutura, principalmente a tele-educação e telemedicina.

A Figura 3.7, a seguir, ilustra os benefícios econômicos resultantes do programa espacial indiano enquanto a Figura 3.8 descreve o modelo conceitual adotado pela Índia, sugerido por Murthi e Madhusudan (2008) como modelo ideal para uso do espaço com a finalidade de desenvolvimento nacional.

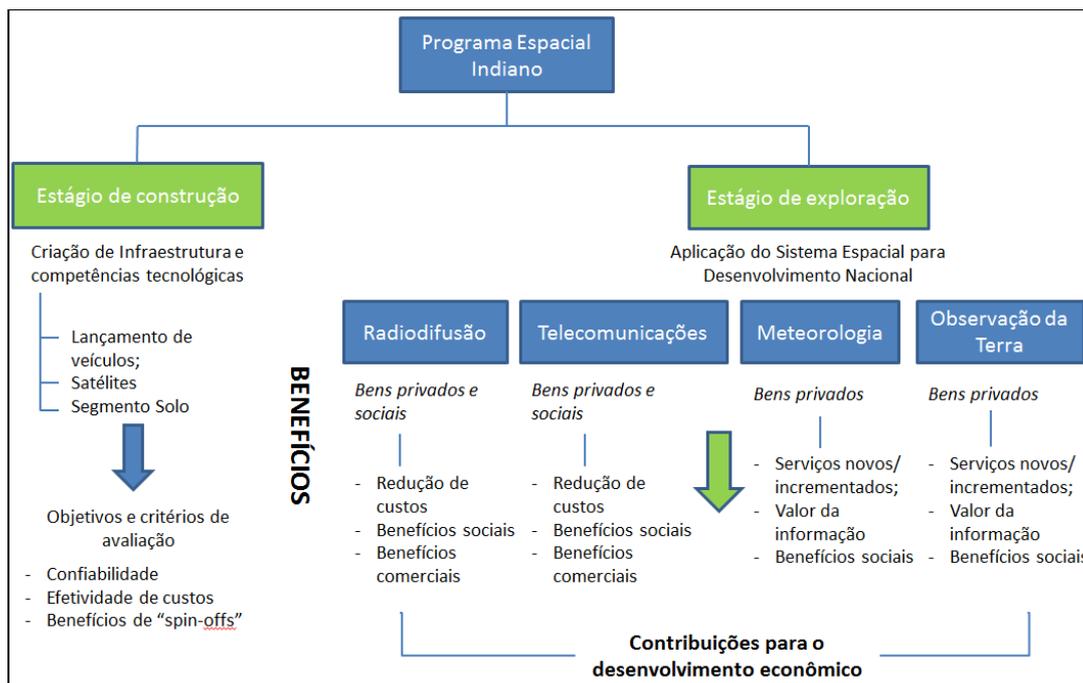


Figura 3.7 – Estrutura de benefícios econômicos do Programa Espacial Indiano.

Fonte: traduzido de Deloitte (2010)

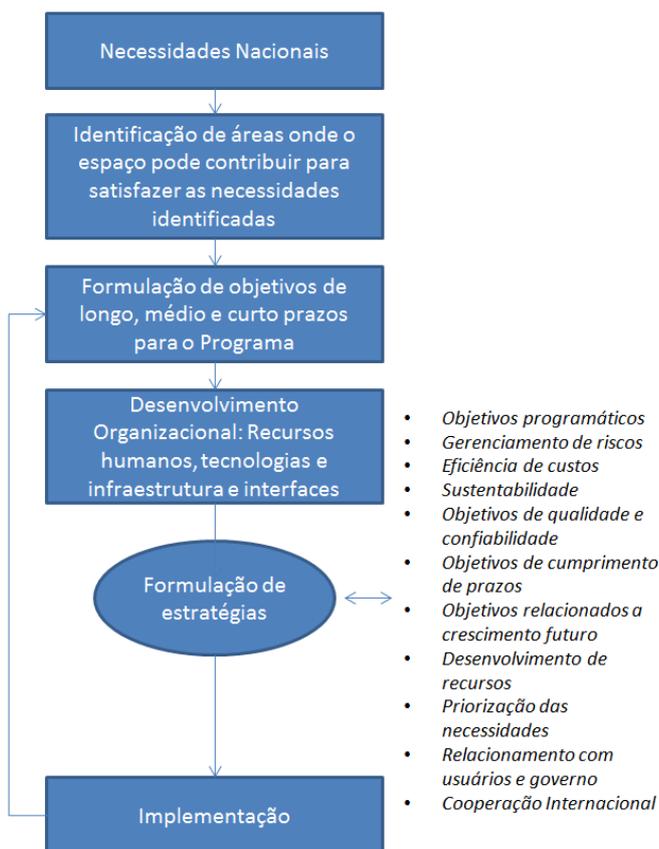


Figura 3.8 – Modelo conceitual de uso do espaço para desenvolvimento nacional

Fonte: traduzido de Murthi e Madhusudan (2008)

Segundo a Deloitte (2010), a ISRO conta com uma força de trabalho de alta capacitação técnica: no período de 2009-2008, havia 17.681 pessoas alocadas na ISRO, das quais 12.231 em categorias científicas e 5.468, em categorias administrativas e sendo 40% de doutores, pós-doutores e graduados.

Murthi e Shoba (2010) afirmam que a ISRO sempre esteve consciente da importância de estabelecer um relacionamento próximo com a indústria, tanto para progresso bem sucedido de seus projetos e programas espaciais quanto para transmissão de competência tecnológica e construção de um setor industrial capaz de adaptar a tecnologia espacial para outras aplicações nacionais e criação de mercados de alta tecnologia. Segundo eles, o objetivo de transferência tecnológica foi um dos primeiros objetivos instituídos pelo Programa Espacial Indiano desde metade dos anos 1970.

Segundo Deloitte (2010), a indústria espacial indiana contribuiu significativamente para a realização de sistemas e subsistemas para o programa espacial, fornecendo componentes para satélites e equipamentos de solo desde os estágios iniciais do programa, no início dos anos 70, até hoje, sendo cerca de 40% do orçamento espacial do país e quase 60% dos custos de produção de um veículo lançador direcionados às indústrias que participam do programa.

O envolvimento da indústria, segundo o relatório, não tem sido somente no desenvolvimento e fabricação de *hardware* para satélites e veículos lançadores, mas também na criação de infraestrutura de solo, desenvolvimento, teste, transporte e operação de sistemas espacial, tanto de forma individual quanto em consórcio; na produção de sistemas inerciais para veículos lançadores e satélites, na montagem de precisão, fabricação e integração de pacotes eletrônicos, calibração, teste e avaliação; fabricação de compostos avançados, painéis de *“honeycomb”*, motores críticos para propulsão líquida, entre outros.

Os mecanismos de transferência de tecnologia estabelecidos permitem licenciar know-how dos vários centros da ISRO para exploração comercial, podendo ser classificadas em três categorias, segundo Murthi e Shoba (2010):

- (i) Tecnologias para “buyback” pela ISRO, como propelentes sólidos e líquidos; fabricação de carbono ou silicone para uso em partes e materiais; células e baterias de uso espacial, etc.;
- (ii) Tecnologias para desenvolvimento da utilização de sistemas espaciais ou aplicações espaciais, como receptores de alertas de desastres, satélites de telecomunicações, estações meteorológicas, aplicações de sensoriamento remoto, etc.;
- (iii) Tecnologias para desenvolvimento de “spin-offs” ou aplicações não espaciais, como sensores de temperatura, próteses de poliuretano, materiais odontológicos especiais, pacotes de softwares para aplicações aerodinâmicas, etc.

A ISRO regularmente divulga notas contendo informações sobre o escopo, especificação e potenciais aplicações de suas tecnologias diretamente entre as indústrias ou através de meios de comunicação mais abrangentes. As transferências de tecnologia geralmente ocorrem por meio de acordos de licenciamento definidos através de processo competitivo, com poucas variações dependendo da categoria, como, por exemplo, condições de mitigação de riscos através de divisão nos investimentos; cláusulas especiais de compromisso de fornecimento, nas situações em que a ISRO é o único mercado para o produto (MURTHI e SHOBA, 2010). Os autores citam ainda que 80% do número de licenças industriais da ISRO são direcionadas a indústrias do setor privado, sendo que 75% delas vão para pequenas e médias empresas, e que a ISRO dá suporte à licença industrial até a tecnologia ser adequadamente implementada, atuando como catalisador para novos mercados.

Murthi e Shoba (2010) e Deloitte (2010), descrevendo os resultados do programa de transferência de tecnologia que vem sendo praticado pela ISRO,

identificam a transferência de mais de 250 tecnologias para a indústria em áreas como eletrônica e sistemas computacionais, polímeros químicos e materiais, instrumentos eletro-ópticos, equipamentos mecânicos e sistemas de solo. Estas tecnologias foram implementadas em 185 companhias, sendo 155 do setor privado. Além disso, segundo eles, a ISRO prestou 270 projetos de consultoria em áreas de alta tecnologia para prover suporte a várias indústrias.

Outros “*spin-offs*” importantes citados por Murthi e Shoba (2010) dizem respeito à difusão dos benefícios de lidar com produtos de alta tecnologia e complexidade, como práticas de garantia da qualidade e de confiabilidade, técnicas de gerenciamento de projeto, além do desenvolvimento de competências na indústria para promoção do próprio desenvolvimento de “*spin-offs*”.

3.5 Conclusão do capítulo

Neste capítulo, foram apresentadas as experiências dos programas espaciais norte-americano, europeu, chinês e indiano, com relação a aspectos históricos gerais e a suas políticas de aquisições e relacionamento com os setores industriais.

Do quanto exposto, é possível verificar que, com exceção da China, cujas referências consultadas não permitiram compreender “*se*” e “*como*” ocorrem as interações entre as atividades espaciais governamentais e o setor industrial privado, que todos os demais programas reconhecem e exploram amplamente o papel do setor espacial para o desenvolvimento tecnológico e capacitação industrial e o fazem, sobretudo, através do exercício das compras públicas inovativas relativas ao setor.

De modo particular, o exemplo indiano pode ser uma referência especialmente útil para o caso brasileiro. O programa espacial neste país, cujo desenvolvimento foi impulsionado inicialmente pela necessidade de atendimento às amplas demandas sociais por produtos e serviços espaciais, foi tomando consciência de sua função de promoção do desenvolvimento

tecnológico e econômico nacional, tendo atuado amplamente na estruturação de mecanismos de transferência de tecnologia para o setor privado e de estímulo à geração dos benefícios industriais decorrentes de suas atividades.

Também o Brasil tem fortes demandas sociais para justificar o desenvolvimento de atividades espaciais sob seu domínio, conforme abordado na próxima seção, e pode potencializar os resultados derivados destes investimentos a partir de um entendimento mais abrangente a respeito das oportunidades em termos de capacitação industrial que estes podem gerar.

4. O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO

Este capítulo tem por objetivo apresentar o Programa Espacial Brasileiro, com foco particular no subprograma Satélites, iniciando pela descrição das especificidades que caracterizam as atividades espaciais e que as tornam potencialmente capazes de gerar capacitação industrial de alto valor agregado.

A segunda seção aborda aspectos históricos das atividades espaciais no Brasil, enquanto a seção seguinte apresenta as principais motivações e objetivos para que o Brasil desenvolva atividades espaciais sob seus domínios, partindo de declarações contidas em documentos oficiais governamentais e na legislação que institui estas atividades no país. Nesta seção, são feitas ainda algumas observações a respeito de dificuldades que o programa enfrenta, a despeito do reconhecimento de seu valor e importância para o país, enquanto a seção seguinte, a última do capítulo, tece considerações de caráter mais geral sobre o setor industrial espacial brasileiro.

4.1 O produto espacial é um produto especial

Por produtos espaciais entendem-se aqueles que são definidos, projetados e construídos para serem usados no ambiente espacial com finalidades diversas, tais como comunicações, exploração planetária, observação da Terra, entre outras. O projeto destes produtos espaciais precisa levar em consideração uma série de requisitos que devem ser atendidos para assegurar sua adequação em relação aos fins a que se destina. Estes requisitos, no caso específico de um satélite, são geralmente oriundos de quatro fontes diferentes: usuários do sistema, segmento solo, segmento lançador e ambiente espacial, conforme Figura 4.1 a seguir (SILVA, 2012).

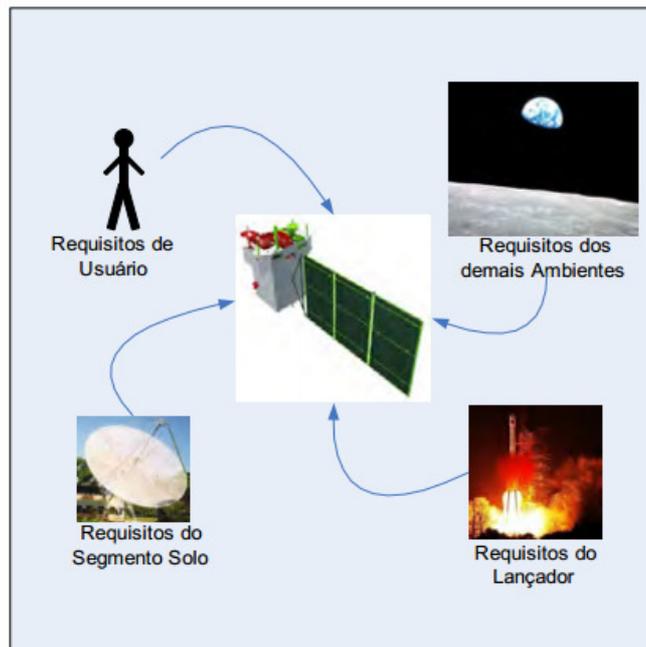


Figura 4.1 – Entrada de requisitos para um Sistema Satélite

Fonte: Silva (2012)

Os requisitos do usuário dizem respeito às expectativas em relação ao sistema em termos de objetivos da missão, funções que o sistema deve desempenhar e restrições de operação. Os requisitos do Lançador estão relacionados, por exemplo, às restrições de volume e de massa em função do tamanho da coifa que irá acomodar o satélite e aos níveis de vibração e de ruído aos quais o produto será submetido durante o lançamento, enquanto os requisitos do Segmento Solo, às condições de operação do satélite, recebimento e distribuição das dados de carga útil e condições para telecomando e telemetria.

Os requisitos ambientais estão associados às condições muito específicas a que estes produtos serão expostos durante operação, como vácuo, ciclagem térmica (com variação de cerca de 200°C ocorrendo diversas vezes em um mesmo dia), ausência de troca térmica por convecção (gerando grandes gradientes de temperatura entre a face exposta à radiação e a face em sombra), radiação (resultante da presença de elétrons, íons, prótons e raios cósmicos), composição química atmosférica, microgravidade (os corpos não se apoiam) e presença de micrometeoritos e “*debris*”.

Os efeitos mais relevantes das condições ambientais sobre um satélite são, segundo Souza (2012): contaminação por sublimação de substâncias químicas, ressecamento, micro soldaduras, corrosão de materiais, arrasto atmosférico residual, degradação das células solares e indução de mal funcionamento de componentes eletrônicos, amarelamento do vidro óptico, danos às células solares e danos estruturais e às propriedades ópticas das cargas úteis por choque mecânico.

Além das questões abordadas até aqui, é preciso lembrar que o desenvolvimento de um produto espacial utiliza os conceitos de produtos complexos da engenharia de sistemas, que considera impossível, ou com um altíssimo e injustificado risco, o desenvolvimento de produtos complexos sem quebrá-los em partes que deverão ser tratadas isoladamente com o mesmo rigor que seria aplicado ao conjunto completo, e em seguida, após confirmação da funcionalidade de cada uma destas partes, proceder com a montagem e integração do conjunto completo, que será novamente submetido a testes que verifiquem que as funcionalidades foram mantidas neste processo de integração. Ao conjunto completo, denomina-se Sistema, enquanto a cada parte, dá-se o nome de Subsistema.

Cada uma destas partes apresenta características de interface que afetam o funcionamento de outra(s), o que, somado ao fato de que as partes podem ser fabricadas por empresas diferentes, eleva em muito a complexidade do sistema. A própria acomodação de diversos equipamentos num espaço sempre pequeno, em razão das limitações de massa e volume que acompanham um produto espacial, gera efeitos como interferência eletromagnética e troca térmica de um equipamento em relação a outro, que se juntam aos demais fatores como requisitos a serem tratados no projeto.

Os subsistemas, por sua vez, podem ser compostos por diferentes equipamentos, e são constituídos por partes e materiais que devem também passar por um processo rigoroso de verificação para garantir que suportam as condições ambientais a que serão submetidos em operação.

Soma-se a tudo isto o fato de que, para a grande maioria dos produtos espaciais, a manutenção ou reparo em operação, isto é, em órbita, é inviável, sobretudo em razão de custos, tornando mandatórias as exigências de Confiabilidade e Garantia da Qualidade. Poucos produtos exigem um grau de qualidade e confiabilidade tão elevado quanto os produtos espaciais.

Por este motivo, no desenvolvimento destes produtos são aplicados conceitos e metodologias de gerenciamento de projetos de engenharia, originalmente desenvolvidos para produtos de defesa, que dividem o projeto em fases distintas, com objetivos distintos, e cria mecanismos de verificação em cada uma delas.

Em cada uma destas fases, são definidos graus de maturidade que o projeto deverá atingir e critérios para verificação de que o projeto está apto a passar à fase seguinte. Desta maneira, o projeto vai evoluindo gradativamente demonstrando ser capaz de atender a todos os requisitos técnicos, de confiabilidade e rastreabilidade associados ao produto ainda na fase de sua concepção, e definidos em função das condições a que o mesmo será submetido durante todo o seu ciclo de vida.

Segundo a norma ECSS-M-ST-10C, o ciclo de vida típico de um projeto de um produto espacial é dividido em sete fases, conforme segue:

- Fase 0: Análise da missão e identificação das necessidades;
- Fase A: Estudo de viabilidade;
- Fase B: Projeto preliminar;
- Fase C: Projeto detalhado;
- Fase D: Produção e qualificação;
- Fase E: Utilização;
- Fase F: Descarte.

Este ciclo de vida diz respeito à Missão como sistema, sendo porém aplicável a diferentes níveis do produto: satélite, subsistemas e equipamentos, conforme Figura 4.2 a seguir.

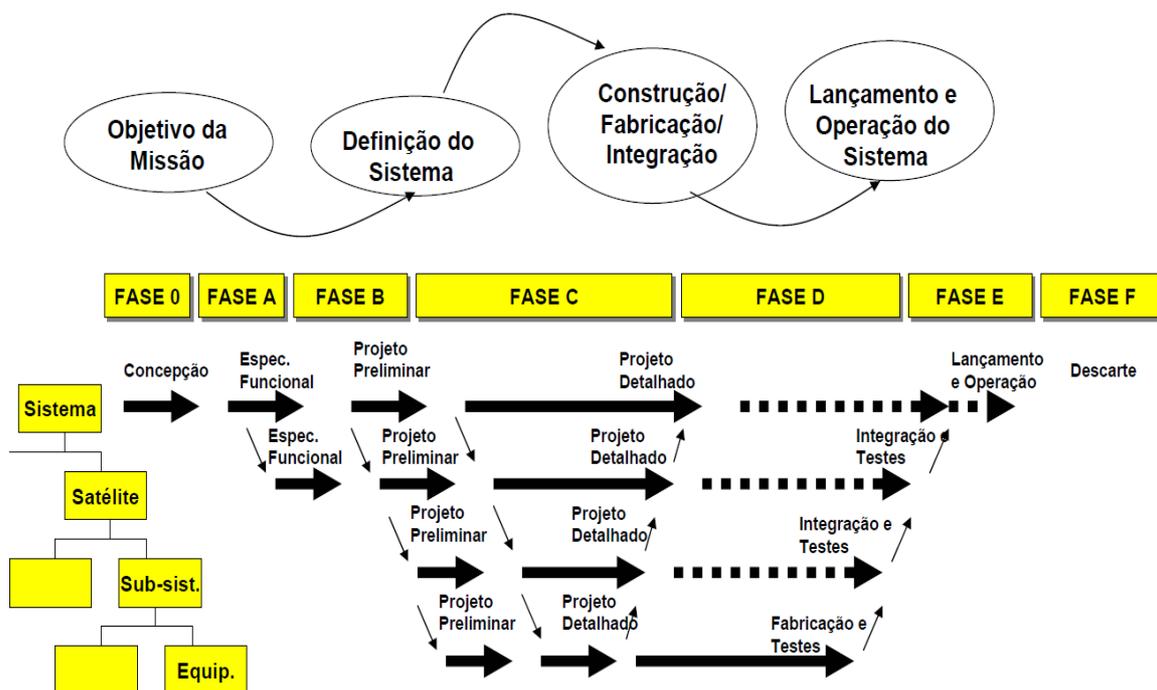


Figura 4.2 – Ciclo de vida de um projeto espacial
 Fonte: Souza (2008)

Ao final de cada uma das fases acima apresentadas, são feitas revisões de projeto para autorizar o projeto a passar ou não para a fase seguinte. Os “checks” para avaliação da aptidão do projeto para passar à fase seguinte algumas vezes são feitas através de análise documental, mas em muitas situações, estas verificações implicam na construção e testes de modelos físicos que representam fisicamente ou de modo abstrato aspectos relevantes a serem verificados naquela fase específica de projeto, de modo a assegurar a confiança necessária até aquela etapa de projeto e autorizar a evolução para a etapa seguinte.

O Quadro 4.1, na próxima página, apresenta os principais modelos adotados nas estratégias de desenvolvimento de satélites.

Quadro 4.1 – Modelos adotados nas estratégias de desenvolvimento de satélites

Modelo	Objetivos	Representatividade	Aplicabilidade	Comentários
Mock-up (MU)	<ul style="list-style-type: none"> layout otimização validação do procedimento de integração; verificação de posições. 	<ul style="list-style-type: none"> configuração geométrica; layouts; interfaces. 	níveis de Sistema de sistemas /elemento	<p>De acordo com sua representatividade MUs são classificadas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> baixa fidelidade; alta fidelidade (para ser mantida sob controle de configuração)
Modelo de Desenvolvimento (MD)	confirmação da viabilidade de projeto.	<ul style="list-style-type: none"> total conformidade com requisitos funcionais elétricos de acordo com os objetivos de verificação (tamanho, forma podem não ser representativos) 	todos os níveis	testes de desenvolvimento
Modelo de Integração (IM)	<ul style="list-style-type: none"> desenvolvimento funcional; validação de procedimentos. 	representatividade funcional departes comerciais	todos os níveis	<ul style="list-style-type: none"> testes de desenvolvometo pode ser considerado algo entre o Mock-up e EM por vezes também chamado de modelo elétrico
Suricase	simulação da performance funcional e RF	<ul style="list-style-type: none"> design flight partes comerciais; representativo funcionalmente; 	nível de equipamento / nível de sistema de sistemas	testes de qualificação
Modelo Estrutural (SM)	<ul style="list-style-type: none"> qualificação do projeto estrutural; validação do modelo estrutural matemático. 	<ul style="list-style-type: none"> padrão de voo com relação aos parâmetros estruturais; dummies estruturais dos equipamentos. 	nível de subsistema (estrutura); às vezes isso pode ser considerado de nível de sistema, se envolver outros subsistemas ou se se fundirem com o fluxo de teste do sistema.	testes de qualificação
Modelo Térmico (TM)	<ul style="list-style-type: none"> qualificação do projeto térmico; validação do modelo térmico matemático 	<ul style="list-style-type: none"> padrão de voo em relação aos parâmetros térmicos; dummies térmicos dos equipamentos. 	<ul style="list-style-type: none"> nível de subsistema (controle térmico) em algum momento poderia ser considerado de nível de sistema, se envolve outros subsistemas ou se se fundir com o fluxo de teste do sistema; 	testes de qualificação
Modelo Estrutural e Térmico (STM)	objetivos do SM e TM	<ul style="list-style-type: none"> representativo do SM e TM dummie termo-estrutural de equipamento 	nível de sistema	testes de qualificação
Modelo de Engenharia (EM)	<ul style="list-style-type: none"> qualificação funcional verificação de deriva de paâmetros 	representative do FM em termos de forma e função exceto redundancias e alta confiabilidade de partes	todos os níveis	testes de qualificação funcionais parciais
Modelo de Engenharia e Qualificação (EQM)	<ul style="list-style-type: none"> qualificação funcional do projeto EMC 	representativo do modelo de voo (FM)	todos os níveis	qualificação dos testes funcionais
Modelo de Qualificação (QM)	qualificação do projeto	representativo do modelo de voo (FM)	<ul style="list-style-type: none"> nível de equipamento nível de subsistema 	testes de qualificação
Flight Model (FM)	uso em voo	projeto de voo completo	todos os níveis	testes de aceitação
Protoflight Model (PFM)	<ul style="list-style-type: none"> qualificação do projeto uso em voo 	projeto de voo completo	todos os níveis	testes de qualificação em nível de protoflight
Spare de voo (FS)	sobresalente para uso em voo	projeto de voo completo	nível de equipamento	testes de aceitação
Simulador	validação de conceitos operacionais	validação de conceitos operacionais	todos os níveis	testes de qualificação orientados a requisitos específicos.

Fonte: Silva (2012)

Ao seguir rigorosamente esta metodologia de projeto baseada em fases e em modelos, é gerada uma “receita” que descreve não apenas o projeto (“o que” fazer) e as partes e materiais que serão utilizadas (com “o que” fazer), mas também os processos (o “como” fazer), que se aplicam à fabricação, manipulação dos itens, aplicação e testes. A repetição desta “receita” permitiria a fabricação de quantas unidades do produto sejam desejadas, garantindo, em princípio, a funcionalidade, confiabilidade e qualidade requeridas.

No caso de ser necessário proceder com alguma modificação no projeto qualificado, deve-se avaliar a influência daquela modificação e proceder com as avaliações, ações e verificações necessárias para que o projeto possa ser considerado como “requalificado”.

Há algumas ressalvas que precisam ser consideradas com relação à repetibilidade de um produto dito qualificado, já que uma simples alteração de operador, por exemplo, pode levar a uma falha de processo, mesmo que qualificado, tornando sempre recomendável que algumas verificações sejam feitas para atestar a aptidão do sistema para lançamento e operação.

Associadamente à metodologia descrita, e considerando as inúmeras possibilidades de alteração que um projeto de um produto complexo e com tempo longo de desenvolvimento pode sofrer, torna-se necessário implementar um sistema confiável de gerenciamento da configuração. Gerenciar a configuração, segundo norma ECSS²⁹, é o processo de estabelecer e manter um registro consistente das características funcionais e físicas de um produto, ao longo de todo o seu ciclo de vida, em relação ao projeto e requisitos operacionais inicialmente definidos.

Gerenciamento da configuração é um procedimento que se aplica tanto para produtos simples quanto para atividades de rotina. Gerar uma tese, por exemplo, exige um esforço de gerenciamento de configuração, para controle de versão do documento que está sendo elaborado. Obviamente, a complexidade do ato de gerenciar a configuração é tanto maior quanto mais complexo for o

²⁹ Norma ECSS-M-ST-40C_Rev.1(6March2009)

objeto de controle. No caso de produtos espaciais, em que existe uma extensa árvore de documentação com descrição muito detalhada em muitos níveis (sistema, subsistema, processos, partes e materiais, etc.), em que há diversos atores atuando (múltiplas empresas, inclusive), e em que uma pequena alteração em qualquer um destes níveis pode ter um impacto grande na especificação geral do sistema, o ato de gerenciar a configuração por si só já adquire razoável complexidade. Aprender a lidar com toda esta complexidade já é, *per si*, um aprendizado valioso para os atores que atuam em projetos de produtos espaciais e os habilita a lidar com produtos de alta tecnologia, cada vez mais complexos, e por esta razão de mais alto valor agregado, ou seja, que melhor remuneram a unidade de trabalho.

4.2 Aspectos históricos das atividades espaciais no Brasil

O Brasil foi um dos primeiros países a reconhecer as imensas potencialidades das atividades espaciais, a partir da criação do Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais – GOCNAE, em 1961, quatro anos após o histórico lançamento do primeiro satélite artificial pela antiga União Soviética, em 1957.

Durante os primeiros anos, havia duas vertentes desenvolvendo atividades espaciais no país: uma de caráter civil, focada em ciência espacial nas áreas de ionosfera, geomagnetismo e meteorologia, e na formação de um quadro competente de especialistas para fazer face aos desafios futuros, conduzida pela CNAE (Comissão Nacional de Atividades Espaciais)³⁰, e outra conduzida por militares, com foco no desenvolvimento de tecnologias de foguetes de sondagem (COSTA FILHO, 2000; ESCADA, 2005)

A Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) foi lançada em 1979, com o objetivo de desenvolver satélites nacionais de coleta de dados ambientais e de sensoriamento remoto e colocá-los em órbita através de um foguete nacional.

³⁰ O GOCNAE foi extinto em 1971 dando origem a uma nova Comissão coordenadora, a COBAE, vinculada às Forças Armadas e ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), para continuar a condução das atividades civis, de caráter científico.

Costa Filho (2000) classifica a MECB como o primeiro grande programa tecnológico vertical nacional no âmbito do espaço, seguindo uma tendência mundial de política científica e tecnológica denominada de “*mission-oriented*”.

Nos anos que antecederam o lançamento da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), o INPE, que havia sido criado em 1971, sucedendo a CNAE, havia iniciado uma área dedicada à pesquisa tecnológica relacionada a satélites, sistemas espaciais e tecnologias associadas, enquanto a tecnologia de foguetes de sondagem já estava num estágio de desenvolvimento bem mais avançado, chegando a dominar a tecnologia de foguetes de dois estágios e com caso bem sucedido de transferência tecnológica para o setor privado, como a Avibrás (COSTA FILHO, 2000; ESCADA, 2005).

Os principais resultados da MECB foram o lançamento dos satélites SCD-1, em 1993, e SCD-2, em 1998, e a implantação de infraestrutura essencial que suporta as atividades espaciais no País até os dias de hoje, tais como o Laboratório de Integração e Testes de Satélites (LIT), o Centro de Rastreamento e Controle de Satélites (CRC) e o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA). Para completar com sucesso as metas definidas na MECB, no entanto, restava o desenvolvimento do veículo lançador.

Iniciado em 1985, o projeto do Veículo Lançador de Satélites (VLS) falhou nas tentativas de lançamento em 1997 e 1999 e, em 2003, incendiou na base de lançamento, levando à morte 21 técnicos e engenheiros do CTA trabalhando no projeto. O acidente de 2003 levou o Brasil a reestabelecer parceria com a Rússia para investigar as causas do acidente e propor alterações no projeto do VLS e desde então, a base de lançamento foi reconstruída numa configuração bem mais moderna em relação à anterior, destruída no acidente. Ainda, a revisão do projeto do VLS levou à incorporação de modificações técnicas e, em alguns casos, ao reprojetado de alguns de seus sistemas, com previsão que até 2016 um novo protótipo do VLS possa pôr um satélite brasileiro em órbita

circular equatorial terrestre, completando, desta forma, quase 30 anos depois do previsto³¹, as metas definidas na Missão Espacial Completa Brasileira.

Escada (2005) cita que problemas de três naturezas diferentes contribuíram para a não concretização das metas da MECB no tempo previsto: i) alocação insuficiente de recursos; ii) embargos internacionais relacionados a tecnologias sensíveis, impactando especialmente o desenvolvimento do VLS, em função de seu caráter dual e pelo fato de estar sendo conduzido por instituição militar, num país que vendia material bélico para o Iraque nos anos 1980; iii) processos políticos internos, com o fim do regime militar e início dos governos civis eleitos, resultando numa perda de prestígio das atividades espaciais, certamente em função de outras prioridades de redemocratização institucional do país. Além de confirmar a ocorrência dos problemas apontados anteriormente, Costa Filho (2000) complementa esta lista argumentando que o estabelecimento de um prazo de 9 anos consistiu numa meta de alto grau de subjetividade, visto que o país nunca havia desenvolvido um programa naqueles moldes nem poderia prever quanto tempo levaria para desenvolver as tecnologias necessárias.

Como parte do esforço de desmilitarização das atividades espaciais no Brasil, condição importante para tentar minimizar os efeitos negativos dos embargos internacionais, sobretudo na área de veículos lançadores, o governo Fernando Henrique Cardoso, em 1994, criou a Agência Espacial Brasileira (AEB), em substituição à Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE), vinculada às Forças Armadas (ORLANDO e KUGA, 2007). A AEB, inicialmente ligada à Presidência da República, foi posteriormente vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia. Outra iniciativa importante neste sentido, segundo cita Escada (2005), foi o início do processo de adesão do Brasil, também pelo governo Fernando Henrique Cardoso, ao MTCR (Regime de controle de tecnologias de mísseis) e ao TNP (tratado de não proliferação de armas nucleares). Apesar destes esforços, no entanto, o Brasil continuou sofrendo embargos e

³¹ Segundo Conca, 1992, citado por Costa Filho (2000), a previsão inicial de cumprimento das metas da MECB era de 9 anos.

encontrando dificuldade em estabelecer acordo de cooperação internacional na área de veículos lançadores. Para maiores detalhes a respeito da institucionalização das atividades espaciais no Brasil e os aspectos políticos que as moldaram, recomendamos Escada (2005) e Costa Filho (2000), ambos amplamente citados nesta breve contextualização histórica.

Em função da capacitação adquirida a partir da MECB, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, além dos satélites SCD-1 e SCD-2, que superaram em muito a expectativa de vida útil para a qual foram projetados, desenvolveu os satélites SACI-1, SCD-2A e SACI-2, além de cinco satélites da série CBERS (“*China Brasil Earth Resources Satellite*”). O Programa CBERS teve início em julho de 1988, quando Brasil e China assinaram um acordo de parceria para o desenvolvimento, fabricação e operação conjunta de dois satélites de sensoriamento remoto de uso pacífico, os CBERS 1&2, na proporção de 70% de participação chinesa e 30% de participação brasileira. O CBERS-1 foi lançado em 1999, permanecendo em atividade até agosto de 2003. O CBERS-2 foi lançado em outubro de 2003 e operou até janeiro de 2009, e o CBERS-2B, com vida útil projetada para 2 anos, foi lançado em setembro de 2007, tendo operado até maio de 2010. Estão em desenvolvimento os satélites CBERS-3 e CBERS-4, previstos para serem lançados, respectivamente, em 2013 e 2015, e o satélite Amazonia-1, que utiliza a Plataforma Multimissão (PMM), com lançamento previsto para 2016. Ainda, está em fase de concepção de missão o SABIA-Mar, satélite oceanográfico a ser desenvolvido em parceria com a Argentina.

Além do VLS-1, o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE/CTA) desenvolve atualmente os seguintes projetos³²: VS-30, iniciado em 1996 e com 10 lançamentos; VS-30 Orion, cujo primeiro voo de qualificação ocorreu em 2000 e que conta com 7 lançamentos; VSB-30, com desenvolvimento iniciado em 2001, primeiro voo em 2004 e 14 lançamentos com sucesso até o momento; VS-40, iniciado na década de 40; o VLM, VLS Alfa, VLS Beta, SARA, L5, L75,

³² Segundo site do IAE – Instituto de Aeronáutica e Espaço, do DCTA. Disponível em: <http://www.iae.cta.br/?action=vls>, acesso em 18/07/2013, às 19h45.

PSM, e, finalmente, o projeto SIA, para desenvolvimento de sistemas inerciais para aplicação aeroespacial, desenvolvido em parceria com o INPE e fomentado pela FINEP.

4.3 Por que o Brasil possui um Programa Espacial?

As atividades espaciais são tipicamente relacionadas a projetos de longa duração que requerem elevados investimentos. Os retornos esperados, portanto, também são altos, para corresponder ao esforço que estas atividades demandam. Dos 195 países que existem no mundo³³, cerca de 60 países, segundo relatório da Euroconsult (2008), investem recursos em atividades espaciais civis ou militares. Destes cerca de 60 países, no entanto, muitos se encontram em fase muito inicial de desenvolvimento, não possuindo ainda infraestrutura ou domínio de tecnologia suficientes para empreender estas atividades de modo autônomo, adquirindo, muitas vezes, sistemas prontos de outros países mais desenvolvidos.

As razões que levam países a optar pelo desenvolvimento endógeno de tecnologias espaciais, por comprar sistemas prontos ou adquirir serviços gerados por sistemas de propriedade de outros países, são de naturezas diversas e dependem de considerações sobre o contexto histórico, geográfico e político de cada país, bem como o tipo de serviço espacial de que o país necessita. Não é objetivo desta tese explorar o assunto, que pode ser melhor compreendido a partir de trabalho desenvolvido por Wood e Weigel (2012) que pesquisaram 8 países para capturar suas competências espaciais atuais e perspectivas futuras, buscando abordar decisões estratégicas como “fazer ou comprar” e as considerações envolvidas nestas escolhas.

“Poucos são os países que possuem programas espaciais amplos, mas todos dependem, em maior ou menor medida, de atividades espaciais”, citou Furtado (2006), por ocasião do Planejamento Estratégico do INPE. O fato é que cada vez mais países estão buscando aumentar os níveis de atividades espaciais

³³ Conforme ONU, disponível em <http://unstats.un.org/unsd/default.htm>, acesso em 10/01/2014, às 12h30.

que desenvolvem sob seus domínios, aproveitando a oportunidade da demanda interna de suas sociedades por serviços essenciais espaciais e partindo da vinculação entre a construção de capacitação em atividades espaciais e aprendizagem tecnológica, que é parte vital do processo de desenvolvimento nacional.

O Brasil é um país que tomou a decisão de ter um Programa Espacial, e tomou bem cedo, ainda em 1961. Em 1979, com a MECB, o país anunciou como meta que seu Programa Espacial fosse completo, ou seja, com competência para desenvolver satélites e lançá-los utilizando foguetes nacionais partindo de uma base de lançamento também nacional. Como estas metas foram estabelecidas durante um período de regime militar, é natural associar estas decisões a questões como defesa nacional, liderança regional e soberania.

Mas e hoje, 35 anos após o anúncio da MECB, quais as motivações e objetivos do Brasil em desenvolver atividades espaciais sob seus domínios? A expressão em mais alto nível daquilo que o Brasil espera alcançar através do desenvolvimento, em seus domínios, de atividades espaciais, está definida na Política de Desenvolvimento de Atividades Espaciais (PNDAE)³⁴, instituída através do Decreto n.º 1.332, de 08 de dezembro de 1994.

O objetivo geral definido pela PNDAE é a promoção de capacidade no país para, segundo conveniência e critérios próprios, utilizar os recursos e técnicas espaciais para solução de problemas nacionais e em benefício da sociedade brasileira. Para consecução deste objetivo geral, os objetivos específicos, de forma resumida, são os seguintes:

- I. Estabelecimento de competência técnico científica na área espacial para que o país atue com autonomia na seleção de alternativas tecnológicas para a solução de problemas brasileiros e desenvolvimento de soluções próprias sempre que alternativas mais econômicas não sejam disponíveis ou tenham acesso assegurado;

³⁴ PNDAE. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D1332.htm, acesso em 18/07/2013, às 20h40.

- II. Promoção do desenvolvimento de sistemas espaciais que propiciem ao país a disponibilidade de serviços e informações de sua necessidade ou interesse;
- III. Adequação do setor produtivo para participar e adquirir competitividade em mercados de bens e serviços espaciais.

Para planejamento e execução dos programas decorrentes dos objetivos acima, a PNDAE define uma série de diretrizes que devem ser observadas, dentre os quais: concentração de esforços em programas mobilizadores; cooperação internacional consequente; incentivo à participação industrial; utilização otimizada de recursos; capacitação em tecnologias estratégicas; ênfase nas aplicações espaciais; coerência entre programas autônomos; conciliação dos objetivos tecnológicos com os objetivos científicos e de aplicações; tecnologias de uso duplo.

O planejamento e programação da implementação dos objetivos e diretrizes da PNDAE são traduzidos em documentos intitulados “Programa Nacional de Atividades Espaciais” (PNAE), elaborados por períodos decenais. A versão mais recente do PNAE, relativa ao período 2012-2021³⁵, destaca o avanço industrial como prioridade maior para o decênio, visando ao desenvolvimento e domínio de tecnologias críticas e à busca de autonomia nacional. O “pano de fundo” para esta prioridade, segundo o PNAE, é:

A necessidade de uma resposta mais eficiente às necessidades do país de mais telecomunicações; mais conhecimento e uso sustentável de seus recursos naturais; acompanhamento das mudanças ambientais e climáticas; rapidez e competência para enfrentar desastres naturais; vigilância nas fronteiras e costas marítimas; redução das desigualdades regionais e promoção de inclusão social. (PNAE 2012-2021).

Relatório sobre a política espacial brasileira elaborado pelo Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica da Câmara dos Deputados (CÂMARA DOS

³⁵ Programa Nacional de Atividades Espaciais 2012-2021. Disponível em: <http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2013/01/PNAE-Portugues.pdf>, acesso em 22/07/2013, às 22h15.

DEPUTADOS, 2010) avalia que o Programa Espacial Brasileiro, embora pouco conhecido dentro do próprio país, é acompanhado com interesse por todos os atores internacionais do setor e atribui esta visibilidade à liderança do Brasil na América Latina, tanto em função de seu PIB expressivo quanto pelo tamanho da população e diversificação de sua economia, e ao fato do país possuir a quinta maior extensão territorial do mundo e abrigar a mais extensa floresta tropical e sua biodiversidade.

Segundo o relatório, preservar o patrimônio da Amazônia seria razão suficiente para os investimentos governamentais na área espacial. No entanto, cita diversos outros, como: monitoramento do território nacional, com dimensões continentais; informações meteorológicas, com aplicações essenciais para, por exemplo, os setores de transportes e agrícola; reservas de petróleo na camada do pré-sal da costa brasileira; monitoramento dos recursos hídricos, outra grande riqueza nacional. Relatório emitido pela Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE, 2011) cita ainda a importância de incrementar a segurança no sistema de comunicações, atualmente controlado por companhias estrangeiras, o que representa riscos de segurança civil e militar.

Apesar de todo o reconhecimento da importância das atividades espaciais no Brasil, o Programa Espacial Brasileiro vem enfrentando já há bastante tempo problemas estruturais graves, como dificuldades de ordem administrativa, orçamentária, legal e de pessoal, e que vem sendo apontadas de forma recorrente sem que venham sendo tomadas medidas nas proporções adequadas para saná-las. Este desalinhamento entre “intenção e ação” é preocupante, já que quase sempre a verdadeira importância dada a um empreendimento se reflete no nível de esforço aplicado na direção pretendida.

Um dos problemas críticos que o Programa vem enfrentando já há bastante tempo é a redução do quadro de funcionários que atuam nas instituições públicas encarregadas de executar as atividades espaciais no país, geralmente por aposentadoria. Este fato é agravado pela alta qualificação necessária para conduzir as atividades espaciais desenvolvidas nos institutos de pesquisa

responsáveis pela sua execução, o que exigiria que a reposição de pessoal fosse feita antecipadamente às aposentadorias, para permitir o repasse do conhecimento valioso acumulado pela geração anterior de funcionários às mais novas.

Outro antigo problema que afeta o setor no país é o reduzido volume de recursos financeiros que são alocados para desenvolvimento de atividades espaciais. Ainda assim, a cada falha no desenvolvimento de um sistema espacial, é comum vir à tona discussões sobre os “vultosos” recursos desperdiçados nestas atividades.

Para desmistificar esta impressão e ilustrar a ordem de grandeza dos investimentos em espaço, pode-se fazer comparações com outros tipos de investimentos governamentais. Para construção ou reforma dos 12 estádios de futebol que serão utilizados na Copa da FIFA 2014, foram aplicados, em valores de agosto de 2013, R\$ 8 bilhões de reais³⁶, sendo cerca de 90% deste investimento feito com recursos do Governo Federal, ou seja, em torno de R\$ 7,2 bilhões. Considerando a divisão dos investimentos igualmente dentre os 12 estádios, ter-se-ia um investimento médio de cerca de R\$ 600 milhões por estádio. Como outro investimento de referência, pode-se citar a obra de duplicação do trecho de planalto da Rodovia dos Tamoios (SP-99), que deverá atingir o custo total de R\$ 672,4 milhões³⁷. Estes valores em torno de R\$ 600 milhões equivalem a quatro anos do orçamento total anual dispendido para o desenvolvimento de satélites e aplicações e veículos lançadores do Programa Espacial Brasileiro, tomando com base os investimentos em 2011 e 2012³⁸.

³⁶ Estádios em Brasília, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Natal, Fortaleza, Porto Alegre, Recife, Cuiabá, Salvador, São Paulo, Curitiba, Manaus. Disponível em <http://www.portal2014.org.br/noticias/12106/CUSTO+DOS+ESTADIOS+DA+COPA+2014+DISPARA+E+CHEGA+A+R+8+BILHOES.html>, acesso em 11/01/2014, às 21h15.

³⁷ Segundo a Secretaria Estadual de Logística e Transportes do Estado, disponível em <http://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2013/12/obra-de-duplicacao-do-planalto-da-tamoios-fica-r-115-milhoes-mais-cara.html>, acesso em 28/01/2014.

³⁸ R\$ 165 milhões anuais, em média, segundo sítio da AEB, disponível em <http://www.aeb.gov.br/programa-espacial/investimentos/>, acesso em 11/01/2014, às 21h45.

Não se pretende com estas citações comparar estes investimentos em termos de seus benefícios econômicos e sociais, mas tão somente ilustrar a ordem de grandeza dos recursos financeiros que são aplicados anualmente no país em atividades espaciais, a despeito de todas as necessidades sociais, ambientais, econômicas e de segurança nacional reconhecidamente expressas nos documentos oficiais governamentais.

A Figura 4.3 a seguir ilustra o patamar de investimentos feitos pelo Brasil em atividades espaciais em comparação a outros países.

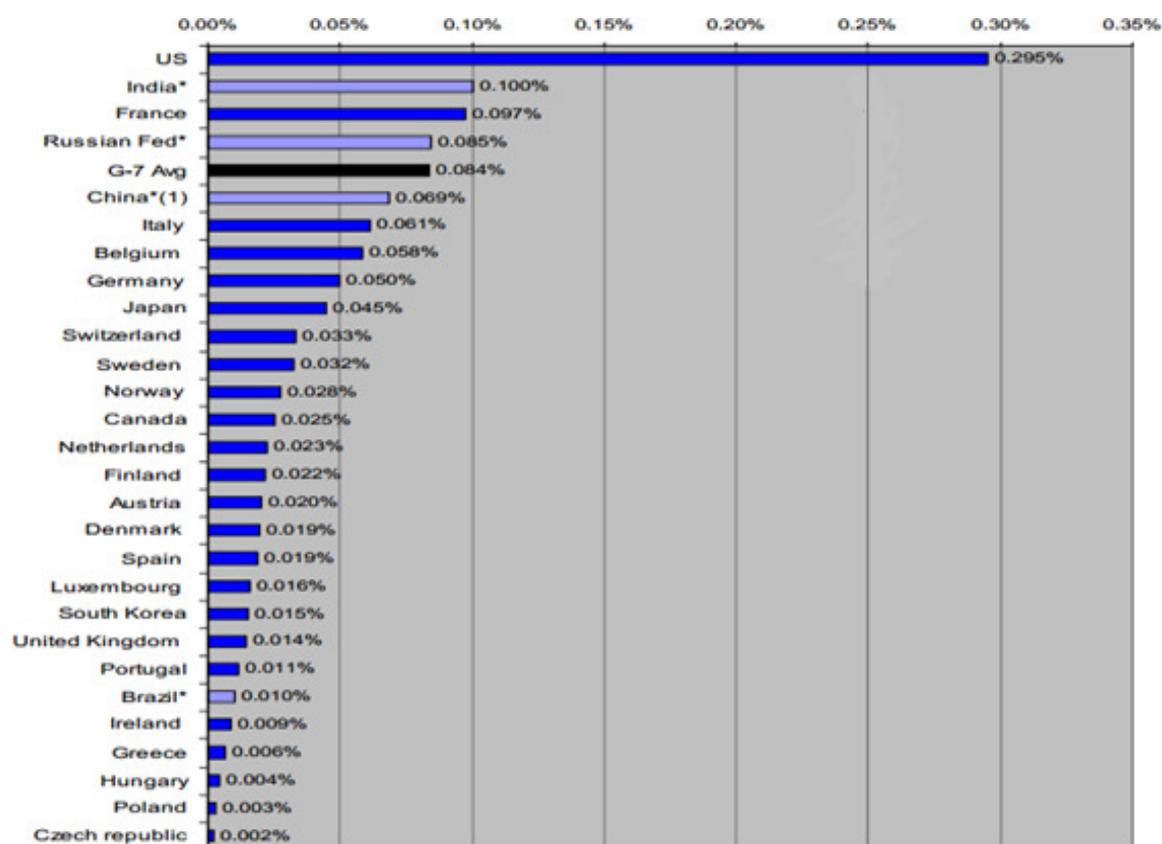


Figura 4.3 – Gastos públicos em atividades espaciais como percentual do PIB

Fonte: Relatório da OECD, 2007, citado por Peeters (2010).

Aliado ao baixo patamar de recursos financeiros investidos, outra característica dos investimentos em atividades espaciais no Brasil é a irregularidade com que estes investimentos são feitos, conforme indica a Figura 4.4.

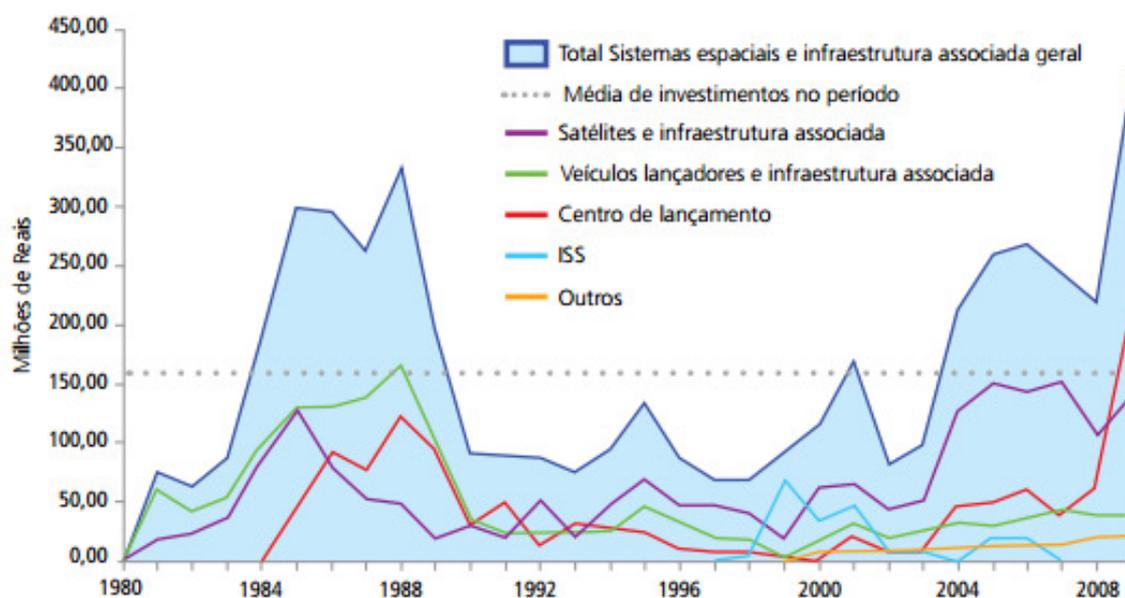


Figura 4.4 – Histórico orçamentário do Programa Espacial Brasileiro (1980-2009)

Fonte: AEB, 2009, *in* Câmara de Deputados (2010)

As perspectivas apontadas no PNAE 2012-2021, no entanto, indicam uma expectativa de melhoria significativa nos níveis de investimentos no Programa Espacial Brasileiro nos próximos anos. Para execução das atividades planejadas para o próximo decênio, o PNAE prevê a manutenção de um patamar anual de investimentos em torno de R\$ 900 milhões, o que representa um orçamento quase três vezes maior do que os valores praticados até 2011. Com esse esforço, o PNAE espera assegurar para o país uma série de resultados e impactos positivos, dentre os quais destacamos: estabelecimento de uma empresa integradora de sistemas espaciais; incremento da capacitação tecnológica da indústria nacional nos segmentos de satélites de telecomunicações e geoestacionários e elevação do índice de participação nacional no desenvolvimento e fabricação do segundo satélite geoestacionário; ampliação da capacidade de observação e monitoramento do território nacional, inclusive permitindo observações independentes de cobertura de nuvens (Satélite Radar-SAR); redução da dependência de informações meteorológicas estrangeiras; domínio das tecnologias críticas de navegação e controle de atitude e propulsão; assegurar o ciclo de acesso ao espaço com o

desenvolvimento de veículos lançadores de microssatélites e satélites de médio e grande porte; inserção do país no mercado de foguetes suborbitais e missões científicas e tecnológicas em ambientes de micro gravidade; inserção do país no restrito mercado de lançamentos comerciais de satélites; desenvolvimento de competências humanas no setor espacial.

Espera-se que o aporte significativo de recursos previsto no novo PNAE signifique que o país efetivamente progrediu na determinação política e coesão nacional em torno do projeto de desenvolvimento das atividades espaciais, visando o atendimento às necessidades sociais, ambientais, geopolíticas, de segurança, bem como os retornos econômicos e industriais potencialmente associados a estas atividades.

4.4 Considerações sobre o setor industrial espacial brasileiro

O setor industrial espacial brasileiro está localizado centralmente na cidade de São José dos Campos, maior município da região socioeconômica conhecida como Vale do Paraíba Paulista, região leste do Estado de São Paulo, que se destaca no país por abrigar uma alta concentração de empresas e indústrias diversificadas e de elevado conteúdo tecnológico.

Em São José dos Campos estão localizados o INPE e o DCTA (Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial), principais órgãos executores do Programa Nacional de Atividades Espaciais – PNAE, subordinados, nestas atividades, à Agência Espacial Brasileira – AEB, situada em Brasília, e a maioria das empresas contratadas pelos órgãos executores para desenvolvimento dos projetos de satélites conduzidos pelo INPE ou foguetes realizados pelo IAE/ DCTA.

Em função desta concentração geográfica e da proximidade tecnológica, boa parte das empresas do setor espacial são oriundas ou passaram a atuar também em outros setores industriais presentes na região, sobretudo defesa e aeronáutica.

Em função desta característica peculiar do setor industrial espacial brasileiro³⁹, Oliveira e Miguez (2011) decidiram representá-lo como um “*cluster*”, seguindo modelo utilizado pelo Conselho de Competitividade dos EUA (PORTER, 1999; PORTER, 2000), e criado para “*captar os importantes elos, complementariedades e ‘extravasamentos’ em termos de tecnologia, qualificações, informação, marketing e necessidade dos clientes, que transpõem as empresas e os setores*”.

Segundo Porter (1999), um “*cluster*” pode ser definido como um grupo de empresas e instituições associadas, geograficamente próximas (região administrativa ou diâmetro menor que 320 km), que atuam em um particular campo e se relacionam por pontos comuns e complementares, geralmente incluindo distribuidores, clientes, fabricantes de produtos complementares, fornecedores de infraestrutura especializada, instituições governamentais e outras, dedicadas ao treinamento especializado, educação, informação, pesquisa e suporte técnico, podendo ainda incluir associações comerciais e outras entidades associativas do setor privado, que apoiam seus participantes.

A representação do setor industrial espacial sob a ótica dos “*clusters*” encontra-se na Figura 4.5 a seguir.

³⁹ No caso específico dos fornecedores do programa de satélites, exceto um fornecedor localizado em um estado no sul do país e outro localizado no interior do estado de São Paulo, a uma distância de São José dos Campos superior ao limite geográfico considerado no modelo usado como referência, todos os outros fornecedores estão na mesma cidade ou em cidades dentro do diâmetro de 320km, bem como a grande maioria dos demais elementos do “*cluster*”, como as organizações centrais, as organizações orientadas para a colaboração, instituições provedoras de recursos especializados e organismos governamentais, além de muitos setores industriais horizontais, que são aqueles que possuem afinidade tecnológica e se utilizam de recursos afins.

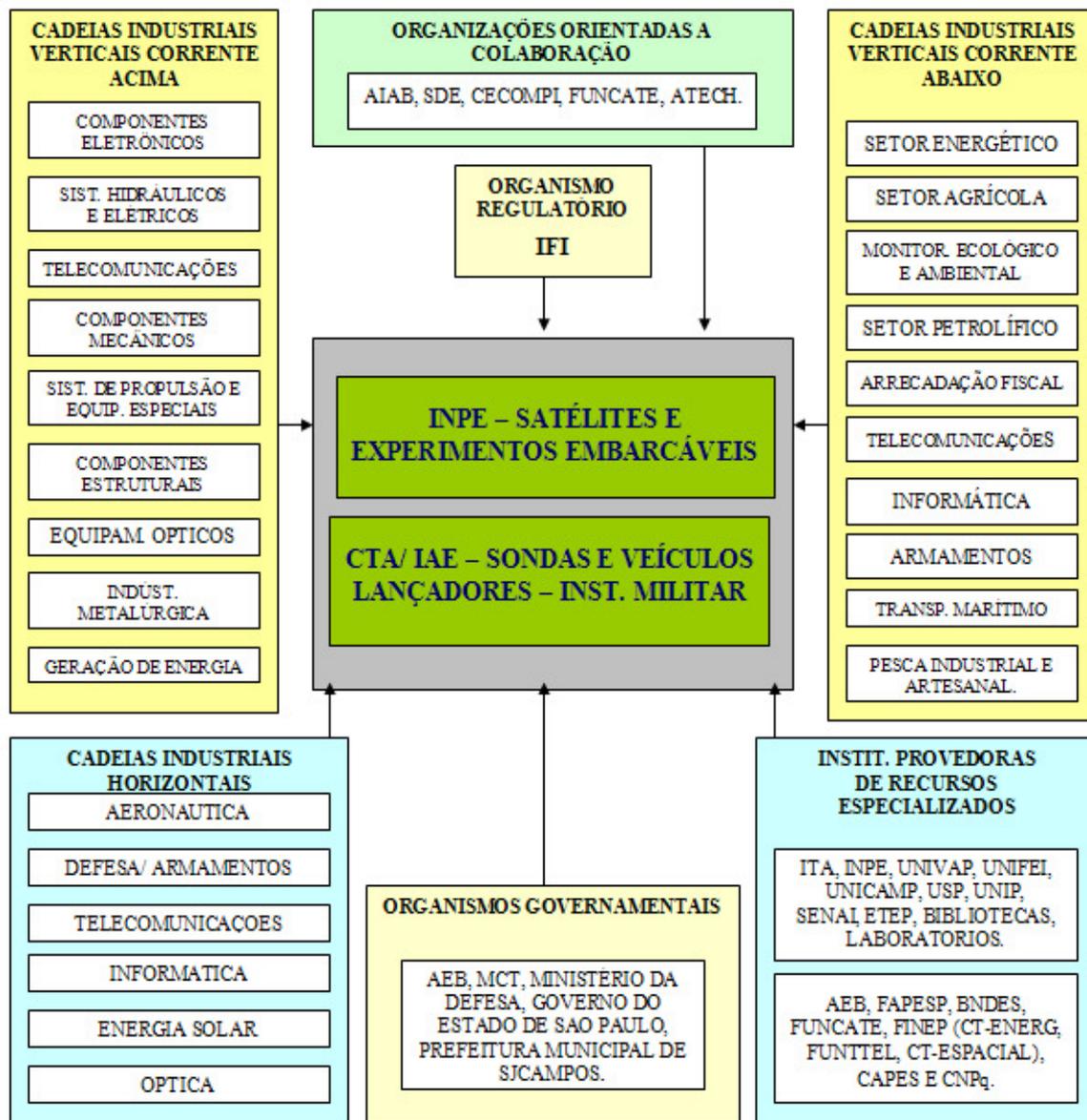


Figura 4.5 – Representação do Setor Espacial sob a ótica dos “clusters”

Fonte: Oliveira e Miguez (2011)

O objeto de interesse deste estudo é a cadeia de fornecedores do Programa Espacial Brasileiro, denominada na representação acima como “cadeia industrial vertical corrente acima”, e de modo mais específico, na cadeia de fornecedores dos programas de satélites conduzidos pelo INPE.

Estudo desenvolvido por ocasião do Planejamento Estratégico do INPE (GT04, 2007) conceitua a indústria espacial brasileira relacionada aos projetos de satélites como sendo:

“o conjunto de empresas que participam do ciclo de vida do satélite, que é subdividido em três segmentos: segmento espaço, correspondente ao desenvolvimento, fabricação, integração e testes dos equipamentos, subsistema e do próprio satélite; segmento solo, correspondente à operação e controle; e o segmento de aplicação, associado à geração e processamento dos dados de satélites”.

O mesmo trabalho define a cadeia de fornecimento do programa de satélites do INPE como frágil e pouco integrada com outras cadeias produtivas, portanto com alto grau de dependência do setor, sendo formada por empresas de pequeno e médio porte que atuam como contratadas do INPE e diversos fornecedores nacionais que atuam como subcontratados destas. Dos fornecedores que contratam diretamente com o INPE, a maioria foi criada na década de 1990 para atender ao Programa Espacial Brasileiro, enquanto três empresas foram atraídas dos setores de defesa e de equipamentos médico-hospitalar.

As empresas que já contrataram com o INPE em seus programas de satélites desde os SCDs até os que se encontram atualmente em desenvolvimento são as seguintes: Aeroeletrônica, Akros, Atech, Betatelecom, Cenic, Compsis, Digicon, Embraer, EQE, Equatorial, Esca, Fibraforte, LEG, Mectron, Neuron, Omnisys, Opto Eletrônica, Orbital, Tecnasa, Tectelcom. A interação de todas estas empresas com os programas de satélites conduzidos pelo INPE ocorreu através de contratos firmados para o desenvolvimento ou fornecimento de equipamentos ou subsistemas para satélites.

A forma de participação de cada uma delas encontra-se descrita no próximo capítulo, que apresenta as estratégias de desenvolvimento de cada satélite, detalhando-as em nível de seus subsistemas e equipamentos.

5. POLÍTICA DE CONTRATAÇÕES DOS PROGRAMAS DE SATÉLITES DO INPE

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE começou a se mobilizar para conceber, projetar e desenvolver um satélite completo em meados dos anos 80, atendendo à demanda definida na Missão Espacial Completa Brasileira – MECB, aprovada em 1979.

Inicialmente, a MECB previa o desenvolvimento de dois pequenos satélites de coleta de dados ambientais e dois satélites de observação da Terra ou de sensoriamento remoto. Os satélites de coleta de dados foram completamente desenvolvidos, os SCD-1 e SCD-2, mas os satélites de sensoriamento remoto previstos à época, que seriam os SSR-1&2, não chegaram a ser desenvolvidos. A competência em satélites de sensoriamento remoto, ainda que parcial, veio posteriormente, com os satélites da série CBERS (*“China Brasil Earth Resource Satellite”*), desenvolvidos em parceria com a China.

O satélite SCD-1 foi lançado em 1993, e o SCD-2, em 1998, tendo, ambos, superado em muito a expectativa de vida útil para a qual foram projetados, estando até hoje em estado operacional. O INPE desenvolveu ainda o satélite SACI-1, lançado em 1999 junto com o CBERS-1, mas que infelizmente falhou em operação, e os satélites SCD-2A, SACI-2 e SATEC, perdidos em tentativas de lançamento dos VLS, além dos satélites CBERS 1, 2, 2B e 3, desenvolvidos em cooperação internacional com a China. Está em fase final de desenvolvimento o satélite CBERS 4 e Amazonia-1, que utilizará a Plataforma Multimissão.

O desenvolvimento de cada um destes satélites seguiu estratégias diferentes, escolhidas considerando tanto o contexto da época quanto o estágio de maturidade do INPE, como contratante, e da própria indústria relacionada ao setor espacial.

O objetivo deste capítulo é descrever as estratégias de contratação dos satélites SCD-1, 2 e 2B, SACI 1 e 2, CBERS 1&2, CBERS 2B, CBERS 3&4 e

Amazonia-1, buscando caracterizar o amadurecimento das competências no país – tanto do INPE quanto da indústria – para a concepção, projeto e desenvolvimento destes satélites e o crescimento da participação industrial nestes projetos.

Finalmente, são feitas algumas considerações a respeito da Lei Geral de Compras do governo brasileiro, a Lei 8.666/93, e outros marcos legais mais recentes que poderão impactar as contratações, parcerias e relacionamentos do Programa Espacial com o setor produtivo.

5.1 Estratégias de desenvolvimento dos satélites do INPE

a) SCD-1&2

Satélites de Coleta de Dados Ambientais com cerca de 120 kg, os SCD-1&2 foram integralmente projetados, desenvolvidos, qualificados, integrados e testados pelo INPE, seguindo a metodologia de desenvolvimento de projetos espaciais aprendida pelo INPE a partir da capacitação de seus profissionais em universidades no exterior e programas de cooperação com países com programas espaciais em estágio de desenvolvimento mais avançados.

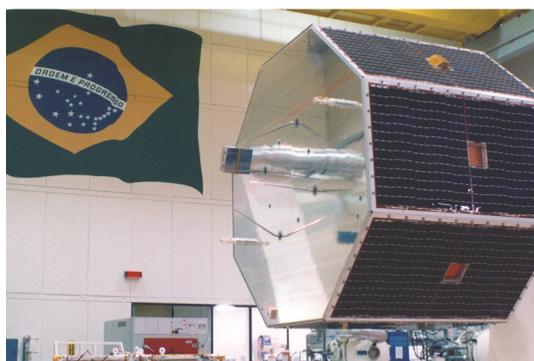


Figura 5.1 – Satélite SCD-1 em teste no LIT

Fonte: AEB (2013)

O sucesso do SCD-1, lançado em 1993, marcou o estabelecimento do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados, que consiste na retransmissão, via satélite, em direção às estações receptoras, de informações coletadas através de uma rede de mais de 1.000 Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) espalhadas por todo o território brasileiro, incluindo regiões remotas e oceano.

As PCDs são estações ambientais automáticas equipadas com sensores para obtenção de informações como nível de precipitação pluviométrica, pressão atmosférica, temperatura ambiente, composição química do ar e da água, nível de água em rios e represas, dentre outros. O satélite recebe estas informações das PCDs por meio remoto e as retransmite às estações de recepção do INPE, que realizam o tratamento dos dados e a disponibilização aos mais de 100 usuários cadastrados no Sistema Brasileiro de Coleta de Dados⁴⁰.

As PCDs foram projetadas pelo INPE, utilizando um sistema compatível com o sistema francês Argus, o que permitiu a utilização de plataformas adquiridas no exterior. Algumas PCDs foram montadas no Brasil por empresas que adquiriram sensores e transmissores no exterior, e o próprio INPE de Natal (RN) certificou-se para produzir estas PCDs. Atualmente, a Neuron fabrica um determinado tipo de PCD – bóias derivadoras – utilizando transmissores adquiridos no exterior. A empresa chegou a iniciar um projeto para internalização da tecnologia de produção destes transmissores, mas que não foi ainda concluído.

A estratégia de desenvolvimento destes satélites bem como a descrição da participação da indústria nacional nestes projetos, que ficou em torno de 10% no SCD-1 e 20% no SCD-2, segundo Costa Filho (2000) e Noronha (2010)⁴¹, encontra-se descrita na Tabela 5.1, a seguir.

⁴⁰ Disponível em: <http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/usuario.jsp>, acesso em 20/08/13 às 10h30.

⁴¹ Disponível em:

http://educacaoespacial.files.wordpress.com/2010/10/ijespacial_04_tecnologia_de_satelites.pdf, acesso em 20/08/13, às 11h15.

Tabela 5.1 – Estratégia de desenvolvimento dos Satélites SCD-1&2

DESENVOLVIMENTO DOS EQUIPAMENTOS E SUBSISTEMAS DOS SATÉLITES SCD-1&2		
Equipamentos/ Subsistemas	Estratégia de Desenvolvimento SCD1	Estratégia de Desenvolvimento SCD2
Estrutura mecânica	Projeto do INPE, fabricação na Embraer e montagem no INPE	Projeto do INPE, fabricação na Embraer e montagem no INPE
Subsistema Suprimento de Energia: PCU, PDU, Bateria de níquel-cádmio e Conversor DC/DC	Feitos pelo INPE, utilizando partes adquiridas no exterior e partes desenvolvidas no INPE	Feitos pelo INPE, utilizando partes adquiridas no exterior e partes desenvolvidas no INPE
Painel Solar (8 painéis laterais e um superior)	Parte mecânica feita pela Embraer (própria estrutura) foi enviada à Alemanha para colagem das células solares.	SCAs e módulos (faixas de células em série) comprados da Alemanha e Digicon fez a colagem (<i>laydown</i>) das células nos painéis.
Controle de atitude por rotação (bobina magnética, sensores solares, amortecedores e magnetômetro)	Sensor solar digital desenvolvido na USP, bobina e amortecedores feitos pelo INPE. Magnetômetro adquirido no exterior. Montagem e testes no INPE.	Sensor solar digital desenvolvido na USP, bobina e amortecedores feitos pelo INPE. Magnetômetro adquirido no exterior. Montagem e testes no INPE
Sistema de Supervisão de Bordo (dois computadores, UPC e UPD/C)	Caixas, placas e montagens feitas no INPE. Comprado no exterior os componentes eletrônicos.	Caixas, placas e montagens feitas no INPE. Comprado no exterior os componentes eletrônicos.
Subsistema de TT&C (codificador de telemetrias; decodificador de telecomandos, dois transponders banda S; duas antenas)	Subsistema comprado no exterior da empresa NEC, japonesa.	Feito no INPE até ME. MQ e MV fabricados na Tecnasa
Controle térmico passivo	Projeto, execução e testes no INPE.	Projeto, execução e testes: INPE
Carga útil: Transponder de Coleta de Dados (transponder PCD), antenas em UHF	Feito totalmente no INPE	Transponder feito no INPE até ME. MQ e MV fabricados na Tecnasa. Antenas totalmente feitas no INPE.
Experimentos	Experimento de células solares inteiramente desenvolvido no Brasil (INPE/USP) visando dominar a tecnologia de fabricação de células de silício no país	Experimento de células solares, feito pelo INPE em parceria com a USP, e experimento de roda de reação, feito inteiramente pelo INPE.

A expectativa de vida útil inicial dos dois satélites, de apenas um ano, foi superada em muito. Em 9 de fevereiro de 2013, o SCD-1 completou 20 anos de operação no espaço, enquanto o SCD-2, lançado em 1998, está há 15 anos em órbita. Ambos seguem retransmitindo informações importantes para a previsão do tempo e monitoramento do nível de água de rios e represas, entre outras aplicações.

b) SCD-2A

A construção do SCD-2A, com custo de US\$ 3 milhões, foi iniciada a partir de 1996. Como réplica dos SCD-1&2, o SCD-2A utilizou, em sua maioria, modelos de voo sobressalentes dos satélites anteriores, razão pela qual somente a Digicon precisou ser contratada, para fazer a montagem dos painéis solares.

Tabela 5.2 – Estratégia de desenvolvimento do Satélite SCD-2A

DESENVOLVIMENTO DOS EQUIPAMENTOS E SUBSISTEMAS DO SATÉLITE SCD-2A	
Equipamento/ Subistema	Estratégia de Desenvolvimento
Estrutura mecânica	Usou sobressalente dos satélites anteriores
Subsistema Suprimento de Energia: PCU, PDU, Bateria de níquel-cádmio e Conversor DC/DC	Usou sobressalente dos satélites anteriores
Painel Solar (8 painéis laterais e um superior)	Células compradas da Alemanha , com SCAs e coladas em faixas. Digicon fez a colagem (<i>laydown</i>) nos painéis.
Controle de atitude por rotação (bobina magnética, sensores solares, amortecedores e magnetômetro)	Usou sobressalente dos satélites anteriores
Sistema de Supervisão de Bordo (dois computadores, UPC e UPD/C)	Usou sobressalente dos satélites anteriores.
Subsistema de TT&C (codificador de telemetrias; decodificador de telecomandos, dois transponders banda S; duas antenas)	Usou um sobressalente do SCD-1 e fez outro no Brasil, com fabricação da Tecnasa.
Controle térmico passivo	Feito pelo INPE
Carga útil: Transponder de Coleta de Dados (transponder PCD), antenas em UHF	Usou sobressalente dos satélites anteriores
Experimentos	Usou sobressalente dos satélites anteriores

Construído para ser utilizado como carga útil do primeiro voo do foguete brasileiro VLS-1, o SCD-2A, foi destruído antes do lançamento, devido a acidente ocorrido com o foguete ainda em fase de preparação, na torre de lançamento do Centro de Lançamento de Alcântara, em 1997.

c) SACI-1&2

O projeto dos microssatélites científicos SACI ocorreu em paralelo ao desenvolvimento do CBERS-1, e seguiu toda a metodologia internacional de projeto de produtos espaciais, com suas fases e revisões.

O primeiro deles, o SACI-1, foi colocado em órbita através do foguete chinês Longa Marcha 4B juntamente com o CBERS-1, mas falhou em operação, sem que se saiba até hoje o que provocou a falha⁴². O SACI-2 foi perdido em 1999 na tentativa de lançamento do foguete VLS-1 V2, a partir do Centro de Lançamento de Alcântara.

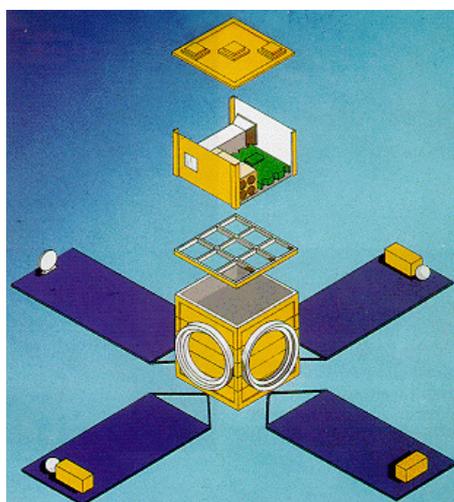


Figura 5.2 – Satélite SACI-2

Fonte: INPE (2013).

O desenvolvimento destes satélites aconteceu prioritariamente no INPE, sendo que cada subsistema foi delegado a um responsável, que avaliou, em função do contexto específico de cada subsistema, sobre como seria o seu desenvolvimento. Em algumas situações, as atividades foram integralmente realizadas pelo INPE, enquanto em outras, houve contratação de empresas para desenvolverem suas atividades dentro do Instituto.

⁴² Não se sabe ao certo o que provocou a falha do projeto SACI-1, mas há indícios de que podem ter sido pela utilização de partes e materiais tidos como qualificados para uso espacial à época e que depois foram rebaixados, segundo entrevista com o gerente do projeto, o engenheiro José Ângelo Neri, em agosto de 2013.

O desenvolvimento de cada satélite levou 2 anos e o custo foi de US\$ 4 milhões para os dois satélites, incluindo despesas de infraestrutura, projeto, fabricação e a estação de recepção instalada em Natal (RN), ainda em operação.

A Tabela 5.3 a seguir descreve a estratégia de desenvolvimento para cada subsistema dos satélites SACI-1&2.

Tabela 5.3 – Estratégia de desenvolvimento dos Satélites SACI-1&2

DESENVOLVIMENTO DOS EQUIPAMENTOS E SUBSISTEMAS DOS SATÉLITES SACI-1&2	
Equipamento/ Subsistema	Estratégia de Desenvolvimento
Plataforma com conceito Multimissão Obs.: não é a atual PMM do INPE	Desenvolvida pela empresa LEG. Dispositivo de separação desenvolvido pelo INPE.
Suprimento de Energia: células solares (AsGa) e Painel Solar	Células compradas no exterior, já coladas no painel. Conversores DC/DC comprados no exterior e chaveamento, fusíveis, distribuição feitos no INPE. Baterias compradas no exterior, mas não para uso espacial, tendo sido realizado um processo de qualificação para voo de produtos ditos “de prateleira”. Os mecanismos de abertura do painel, desenvolvidos pelo INPE, funcionaram em voo.
Supervisão de Bordo e Controle de atitude por rotação (bobina magnética, sensores solares e magnetômetro) Obs.: estabilização por <i>spin</i> , só que como o satélite foi lançado estático – e não <i>spinado</i> , como os SCDs pelo Pégasus, precisou de mecanismo para se <i>auto-spinar</i> . Operação inicial bem complexa, mas apontamento funcionou.	Bobinas magnéticas feitas no INPE com tecnologia utilizada no SCD. Sensor solar feito no INPE. Magnetômetro adquirido no exterior. Um dos experimentos do satélite era um magnetômetro de alta precisão cujos parâmetros seriam comparados com o do subsistema. Software do AOCC 100% desenvolvido no INPE e implementado com participação da UFCE (Universidade Federal do Ceará). Empresa EQE contratada para desenvolvimento do Hardware. CPUs adquiridas no exterior e placas e sistema de comunicação feitas no Brasil.
Subsistema de TT&C	Transmissores e filtros adquiridos no exterior. Obs.: posteriormente, os CBERS 2 e 2B acabaram usando os mesmos filtros deste projeto.
Controle térmico passivo	Projetado, executado, simulado e testado pelo INPE
Cargas Úteis: Experimento PLASMEX, Experimento MAGNEX, Experimento OCRAS, Experimento PHOTO	Experimentos 100% desenvolvidos no INPE. São praticamente os mesmos previstos para o satélite Lattes/ Equars, com pequenas modificações, já que depois dos SACIs, o INPE não teve nenhum outro satélite científico.

Para o segmento solo, ainda, foi utilizada uma estação especificada pelo INPE e adquirida no exterior. Merece destaque, neste item, uma experiência de “*spin-in*” com aprimoramento da tecnologia para uso no setor e que continua sendo explorada, com boas perspectivas de exploração comercial: segundo o gerente de projeto, o engenheiro José Angelo Neri, o desenvolvimento destas estações utilizou tecnologia da indústria de automação e posteriormente foi utilizada no projeto “*Brazilian Decimetric Array*” (BDA), conduzido por cientistas do INPE, indianos e norte-americanos, para aperfeiçoar a previsão do clima espacial através do monitoramento da atividade solar. A experiência de utilização desta tecnologia neste projeto retornou, posteriormente, para o desenvolvimento de estações terrenas, levando ao desenvolvimento de um protótipo de estação mais barata que as utilizadas atualmente pelo INPE. O projeto está apto para entrar na fase de desenvolvimento de produto.

d) CBERS-1&2

O Programa CBERS (sigla em inglês para “*China Brasil Earth Resources Satellite*”) teve início em 1988, com a assinatura do “Acordo de Cooperação sobre o Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres entre a Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (CAST) da China e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Brasil”.

Ao lado do aumento da complexidade tecnológica deste projeto em relação aos já realizados até então pelo INPE, as diferenças culturais e tecnológicas entre as equipes brasileira e chinesa consistiram em um grande desafio do programa. Oliveira (2009) cita que:

A língua era a primeira e maior dificuldade na relação entre as duas equipes. O inglês fora escolhido como idioma oficial do trabalho conjunto, mas falar inglês não era fácil para os chineses, enquanto a maioria dos engenheiros do INPE haviam concluído cursos de doutorado em universidades americanas ou europeias, portanto, tinham fluência em inglês. (...) Os chineses haviam estudado e trabalhado na União Soviética ou em instituições da própria China (...) e toda a documentação era preparada em chinês, com procedimentos próprios,

diferentes dos utilizados pelos grandes centros espaciais do Ocidente, como a NASA e ESA. (OLIVEIRA, 2009)

A forma encontrada pelo INPE para contornar o problema, segundo Oliveira (2009) foi a seguinte:

Os brasileiros, sentindo a necessidade de documentação em inglês para o CBERS, trouxeram três secretárias do INPE para digitar os textos. (...) Além disso, os brasileiros criaram modelos de documentos para serem preenchidos em conjunto com os colegas chineses, o que facilitou o trabalho e agradou muito os chineses. (OLIVEIRA, 2009).

Ajudou muito neste processo, ainda, segundo Oliveira (2009), a presença na delegação brasileira de uma especialista natural de Taiwan e fluente em mandarim, inglês e português.

Os custos para produção de dois satélites, estimados à época em US\$ 150 milhões, foram divididos entre Brasil e China da seguinte forma: 70% para a parte chinesa e 30% para o Brasil. Esta proporção também se manteve na divisão de responsabilidades pelo desenvolvimento dos subsistemas.

Os satélites CBERS 1&2, de porte e complexidade consideravelmente maiores que os satélites até então desenvolvidos no país, foram desenvolvidos com um aumento considerável de participação da indústria nacional, formada em boa parte por ex-profissionais do INPE que atuaram no desenvolvimento dos satélites anteriores⁴³. Segundo Furtado e Costa Filho (2006), o ingresso de ex-funcionários do INPE na iniciativa privada representou, ainda de que forma não planejada, a primeira grande transferência da capacitação das atividades espaciais para a indústria, preparando o caminho para que o INPE deixasse de lado o papel de engenharia e fabricação e passasse a se ater ao projeto e

⁴³ Para ilustrar os desafios tecnológicos e gerenciais que teriam que ser enfrentados, basta lembrar que a experiência do INPE até então consistia na construção de satélites com menos de 150 kg, e que os CBERS 1&2 eram satélites da ordem de 1500 kg, além do imageamento óptico, tecnologia completamente inédita no país.

especificação de subsistemas e equipamentos sob sua responsabilidade, indicados na Figura 5.3 abaixo.

Módulo de Serviço	Estrutura	Brasil
	Controle Térmico	China
	Controle de Órbita e Atitude	China
	Suprimento de Energia	Brasil
	Supervisão de Bordo	China
	Telecomunicações de Serviço	Brasil/China
Módulo de Carga Útil	Câmera CCD	China
	Câmera IRMSS (CBERS-1 e 2) e HRC (CBERS-2B)	China
	Câmera WFI	Brasil
	Transmissor de Dados Imagem	China
	Repetidor do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais	Brasil
	Monitor de Ambiente Espacial	China

Figura 5.3 – Subsistemas brasileiros e chineses dos CBERS-1&2

Fonte: INPE (2013)

Além dos subsistemas sob sua responsabilidade, o Brasil forneceu equipamentos para alguns subsistemas de responsabilidade chinesa, como: *Central Terminal Unit* (CTU) e *Remote Terminal Units* (RTU) para o subsistema de supervisão de bordo; SSPA para o subsistema Transmissor de Dados Imagem; *Attitude and Orbit Control Computer* (AOCC) para o subsistema Controle de Órbita e Atitude.

As figuras 5.4, 5.5 e 5.6, a seguir, ilustram o satélite e os subsistemas e equipamentos, em verde, fornecidos pelo Brasil. Ainda, indicam seus fornecedores de primeiro e segundo nível (contratados e subcontratados).

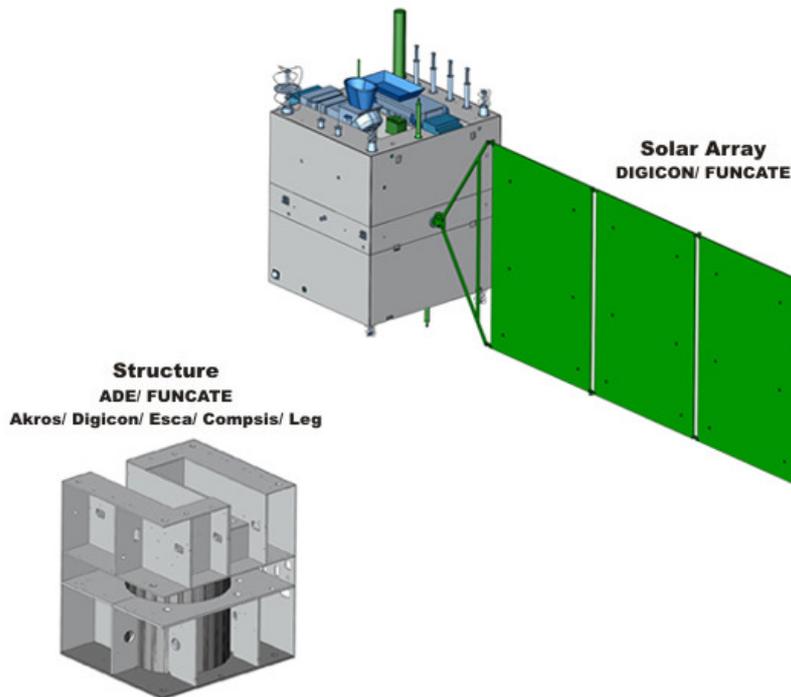


Figura 5.4 – Participação Industrial nos satélites CBERS 1&2 – Estrutura e Painel Solar.
Fonte: INPE (2013)

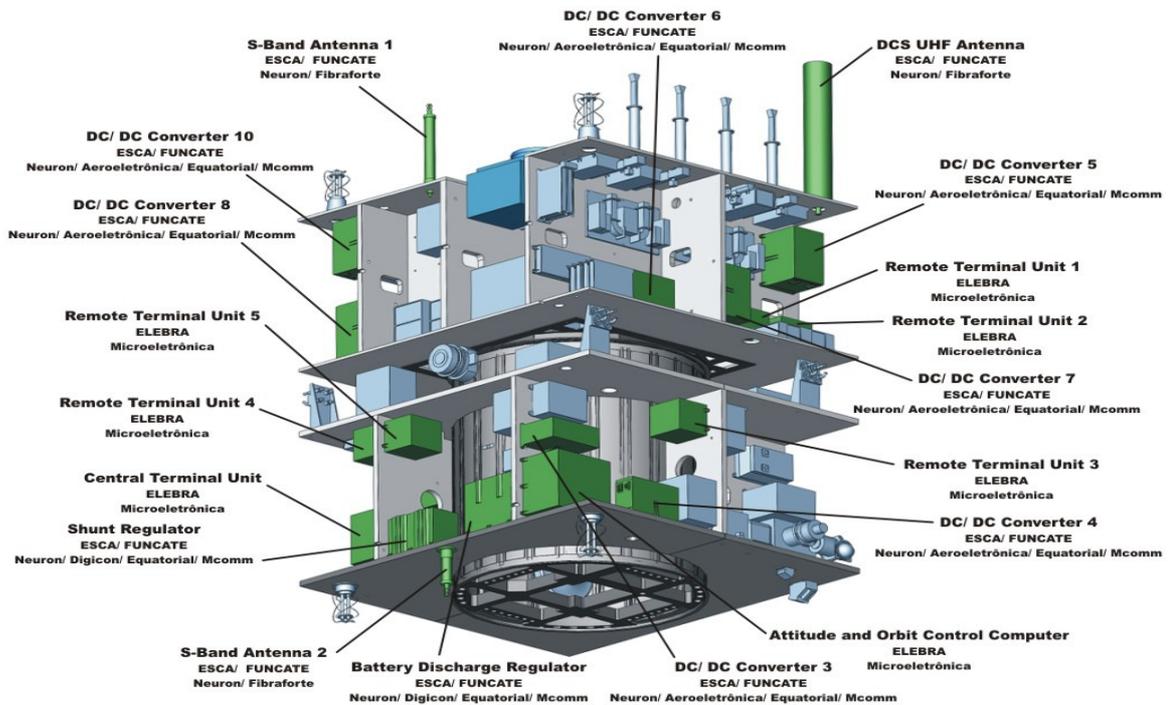


Figura 5.5 – Participação Industrial nos satélites CBERS 1&2 (A)
Fonte: INPE (2013)

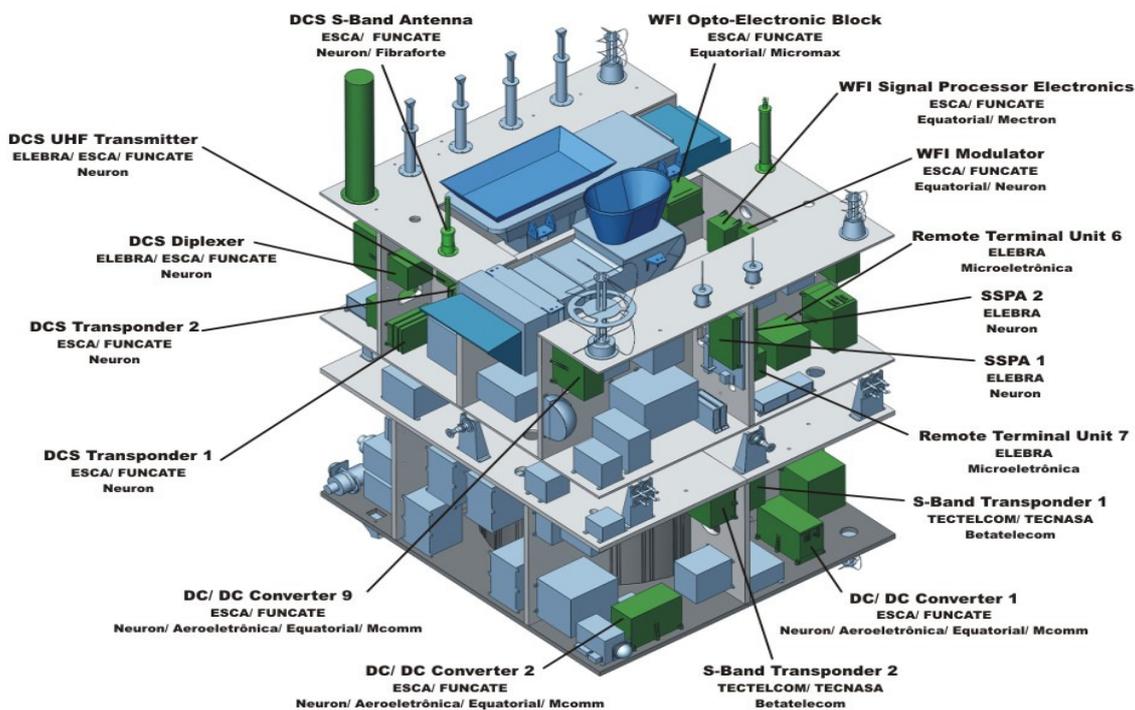


Figura 5.6 – Participação Industrial nos satélites CBERS 1&2 (B)

Fonte: INPE (2013)

Inicialmente, o acordo entre os países previa o lançamento do CBERS-1 até dezembro de 1992. Os primeiros contratos firmados com empresas brasileiras para desenvolvimento dos equipamentos e subsistemas dos CBERS 1&2, no entanto, foram firmados somente no segundo semestre de 1991. Assim, em 1993, foi acordada nova previsão de lançamento do CBERS-1 para outubro de 1996.

A falência da ESCA⁴⁴ (que havia assinado contratos com o INPE individualmente e junto com o Consórcio ADE) no primeiro semestre de 1995, no entanto, provocou novos atrasos no desenvolvimento do programa. Para dar continuidade ao desenvolvimento dos equipamentos e subsistema, foi contratada a Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Espaciais – Funcate, na condição de fundação de apoio devidamente credenciada, para

⁴⁴ O Consórcio ADE, composto pelas empresas ESCA, Akros e Digicon, foi contratado pelo INPE para o desenvolvimento de uma série de subsistemas, para o que subcontratou uma série de empresas, boa parte delas formadas por ex-funcionários do INPE qualificados pela participação em projetos de satélites anteriores.

prestar apoio institucional ao INPE neste projeto. A Funcate recontratou as mesmas empresas que já eram subcontratadas da ESCA ou do consórcio desfeito, conforme Tabela 5.4 a seguir.

Tabela 5.4 – Empresas subcontratadas pela Funcate para os CBERS-1&2

EMPRESAS PARTICIPANTES DO PROJETO CBERS 1&2 RECONTRATADAS PELA FUNCATE	
EMPRESA	EQUIPAMENTO
AKROS ENG. IND. COM.	ESTRUTURAS MECÂNICAS
AEROELETRÔNICA IND. COMP. AVIÔNICOS LTDA	CONVERSORES DC/DC
NEURON ENGENHARIA E COM. EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS	CONVERSORES DC/DC, SHUNT, BDR
	DCS, WFI, TT&C
DIGICON S/A CONTR. ELETR. P/ MECÂNICA	ESTRUTURAS MECÂNICAS, SHUNT E BDR
FIBRAFORTE COMÉRCIO ENGENHARIA LTDA	ESTRUTURA MECÂNICA
MICROMAX ELETR. LTDA	WFI
COMPSIS COMP. SIST. LTDA	ESTRUTURA MECÂNICA, GERADOR SOLAR
LEG ENG. E COM. LTDA	DIPLEXER 2, TRANSMISSOR UHF 1, TRANSPONDER PCD 1
EQUATORIAL	WFI, TESTES DE QUALIFICAÇÃO, SHUNT/BDR e CONVERSORES DC/DC
R-CUBED	PAINÉIS SOLARES
MICROELETRÔNICA LTDA	OBDAH, PCU - AOCC, PCI-LTU-PSYS
ASACELL SIST. APLIC. ENERGIA S/C LT	EQUIPO DE TESTES P/ O SHUNT/BDR
ELEBRA SIST. DEFESA CONTR. LTDA	TESTES DE ACEITAÇÃO, AOCC, CTU'S
MCOMM TECNOLG. ME	TESTES, CONVERSORES DC/DC, BDR, SHUNT
BETA TELECOM	TRANSPONDERS TMTC
ESPACIAL S/C LTDA	MONTAGEM E TESTES, PAINEL SOLAR

Costa Filho (2006) cita que o custo total do CBERS para Brasil e China atingiu o montante de US\$ 400 milhões, muito acima dos US\$ 150 milhões previstos inicialmente. Segundo Furtado & Costa Filho (2002), a participação industrial no desenvolvimento dos satélites CBERS 1&2 foi de 29% dos 30% que couberam à parte brasileira. Esta participação industrial encontra-se descrita na Tabela 5.5 a seguir:

Tabela 5.5 – Estratégia de desenvolvimento dos Satélites CBERS-1&2

DESENVOLVIMENTO DOS EQUIPAMENTOS E SUBSISTEMAS BRASILEIROS DOS SATÉLITES CBERS-1&2		
Equipamentos/ Subsistemas	Empresas que participaram do desenvolvimento efetivo do equipamento/subsistema	Estratégia de desenvolvimento
Estrutura	Akros/ Compsis/ Leg – com o desinteresse da Embraer em participar do projeto e depois de muitas tentativas com diversas empresas, o subsistema foi quase todo subcontratado com a China	A China desenvolveu o projeto técnico, e forneceu: mecanismo de acoplamento no Veículo Lançador; cilindro de carbono; liga de materiais compostos. Painéis sanduiche contratados nos EUA. O Brasil montou e ensaiou os modelos estrutural, MQ e MV.- .
Suprimento de energia	Neuron/ Aeroeletrônica/ Mcomm/ Digicon/ Equatorial/ Asacell/ Compsis	A China forneceu as células solares e baterias, os mecanismos e estrutura do painel e o INPE contratou os SCAs da Alemanha. A Digicon montou as células no painel. Outras empresas atuaram nos equipamentos eletrônicos do subsistema: shunt/ BDR/ conversores.
TT&C	Antenas – Neuron e Fibraforte Transponder Banda S – Neuron, Tecnasa, Betatelecom	Projeto completo da Neuron. Fabricação do transponder pela Tectelcom, com subcontratação da Neuron. Antenas projetadas pela Neuron e fabricadas pela Tecnasa e Fibraforte. Betatelecom efetuou testes.
Câmera WFI	Micromax/ Mectron/ Neuron/ Equatorial	Subsistema composto de três equipamentos: OEB – módulo óptico, SPE – eletrônica e MOD – modulador. A Micromax especificou a compra da óptica completa nos EUA e integrou os módulos ópticos adquiridos com a eletrônica de proximidade e estrutura mecânica que desenvolveu, compondo o OEB. A Mectron fez o SPE e a Neuron, o MOD, . Com a falência da ESCA, a Equatorial foi contratada para integrar os três equipamentos e atuar nos testes de qualificação.
Subsistema DCS	Antenas – Neuron e Fibraforte Diplexer – Neuron Transponder e Transmissor - Neuron	Utilizou projeto antigo do SCD, com pequenas modificações projetadas pela Elebra para acrescentar um transmissor de UHF.
RTUs, de subsistema chinês	Elebra/ Microeletrônica	Projeto chinês, com fabricação da Elebra. Microeletrônica fabricou PCBs.
CTUs, de subsistema chinês	Elebra/ Microeletrônica	Projeto chinês, com fabricação da Elebra. Microeletrônica fabricou PCBs
SSPAs, de subsistema chinês	Neuron	Projeto chinês, com fabricação pela Neuron
AOCC, de subsistema chinês	Elebra/ Microeletrônica	Projeto chinês, com fabricação da Elebra. Microeletrônica fabricou PCBs

A autoria de projeto de todos os subsistemas e equipamentos do CBERS 1&2 foi prioritariamente compartilhada entre INPE e CAST, contraparte chinesa para o desenvolvimento dos satélites, embora tenham existido situações em que a indústria projetou, partindo de competências de ex-profissionais do INPE ou funcionário do INPE licenciados atuando nas empresas.

Em nível de sistema, a Integração e testes finais do satélite CBERS-1 foram feitos pela CAST com a participação dos engenheiros do INPE, enquanto o CBERS-2 foi integrado e testado no Brasil.

O programa CBERS não previa a transferência de conhecimento entre as partes brasileira e chinesa, mas tão somente a divisão de tarefas que permitissem alcançar o objetivo final em comum. A parceria, no entanto, permitiu ao Brasil dar um salto considerável na complexidade de seus projetos espaciais em relação aos projetos que havia desenvolvido até então. Para o lado chinês, a parceria foi também muito proveitosa, sobretudo para capacitação quanto às metodologias de desenvolvimento de projetos espaciais utilizados pelas principais agências espaciais ocidentais.

O satélite CBERS 1 foi lançado com sucesso em 14 de outubro de 1999, tendo operado até agosto de 2003 por quase 4 anos, superando em muito sua vida útil projetada, de 2 anos. O feito se repetiu no CBERS-2, lançado em outubro de 2003 também com vida útil projetada de 2 anos e operado por mais de 5 anos, até janeiro de 2009.

e) CBERS-2B

O acordo para desenvolvimento do satélite CBERS 2B foi firmado em 2004, com o principal objetivo de garantir o fornecimento de imagens para a comunidade de usuários do programa no período de tempo compreendido entre o fim da vida útil do satélite CBERS 2, lançado em 2003 e projetado para operar até 2005, e o início da operação do CBERS 3, cujo lançamento era, na época, previsto para 2008. Com o atraso no desenvolvimento do CBERS 3 (previsto para ser lançado em final de 2013) e o encerramento das operações do CBERS-2B em 2010, no entanto, com o este objetivo não foi atingido. Desta maneira, desde janeiro de 2009, quando o CBERS-2 deixou de operar, a comunidade de usuários das imagens do CBERS vem sendo atendida através de imagens cedidas ou adquiridas de outros satélites estrangeiros.

O acordo para desenvolvimento do CBERS 2B previa a manutenção da divisão de responsabilidades entre Brasil e China: 30% para o lado brasileiro e 70%

para a China. O satélite CBERS 2B foi muito parecido com os dois anteriores, porém possuía uma câmera HC (câmera pancromática de alta resolução) no lugar do IRMSS, além de um receptor GPS e um sensor de estrelas para apoiar os mecanismos de controle de atitude (OLIVEIRA, 2009).

Para desenvolvimento do CBERS-2B, foram utilizados equipamentos e subsistemas sobressalentes dos satélites anteriores. Os subsistemas sob responsabilidade brasileira foram retrabalhados ou atualizados com participação da indústria nacional, conforme indicado na Tabela 5.6 abaixo, já que a maioria dos equipamentos reaproveitados estavam prontos desde 1998 para, se necessário, serem utilizados ainda no satélite CBERS-1.

Tabela 5.6 – Estratégia de desenvolvimento do Satélite CBERS-2B

DESENVOLVIMENTO DOS EQUIPAMENTOS E SUBSISTEMAS BRASILEIROS DOS SATÉLITES CBERS 2B		
Equipamentos/ Subsistemas	ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO (Retrabalho/ Contratação nova)	EMPRESA CONTRATADA
Estrutura	Retrabalho no Módulo de Serviço do Subsistema estrutura	FUNCATE
Suprimento de energia	Contratação nova para execução da parte elétrica do SAG e módulos solares	Orbital engenharia
TT&C	Contratação para retrabalho nos transponders TT&C	Beta Telecom
Câmera WFI	Retrabalho no equipamento de transmissão de dados	Feito pelo próprio INPE
Subsistema DCS	Utilização de Modelo de Qualificação, com retrabalho feito pelo próprio INPE	-
RTUs, de subsistema chinês	Contratação para atualização das RTUs	Omnisys
CTUs, de subsistema chinês	Contratação para atualização das CTUs	Omnisys
SSPAs, de subsistema chinês	Como a câmera IRMSS foi substituída por outra carga útil, este equipamento foi retirado do satélite.	-
AOCC, de subsistema chinês	Contratação para atualização do AOCC	Omnisys

O tempo de desenvolvimento do CBERS-2B foi de cerca de 2 anos, já que os contratos firmados com a indústria nacional para retrabalho ou atualização dos equipamentos brasileiros foram assinados ao longo de 2005 e o satélite foi lançado em 19 de setembro de 2007.

f) CBERS-3&4

Três anos após o lançamento do CBERS-1, Brasil e China assinaram novo acordo para dar continuidade ao programa de cooperação espacial entre os dois países, através do desenvolvimento e produção de mais dois satélites, os CBERS 3&4. Para esta nova geração de satélites, a responsabilidade brasileira foi ampliada para 50%, o que elevou em muito o conteúdo tecnológico produzido no Brasil, conforme Tabela 5.7 abaixo, que destaca, em negrito, os itens produzidos no Brasil nas duas gerações dos satélites CBERS.

Tabela 5.7 – Responsabilidades Brasil e China: CBERS 1&2 e CBERS 3&4:

	SUBSISTEMA	CBERS-1&2 Responsabilidade	CBERS-3&4 Responsabilidade
Módulo de Serviço	Estrutura	Brasil, mas foi praticamente todo subcontratado da China	Brasil
	Controle Térmico	China	China
	Controle de Órbita e Atitude	China, mas computador brasileiro	China
	Suprimento de Energia	Brasil , mas com células, baterias e parte mecânica do painel fornecidas pela China	Brasil , mas com células e baterias fornecidas pela China. Os SCAs foram feitos pelo Brasil, com tecnologia diferente (Tripla Junção). A estrutura do painel solar do CBERS 3 foi chinesa e, para o CBERS-4, foi feita no Brasil.
	Supervisão de Bordo	China, mas CTUs e RTUs brasileiros	China, mas CTUs e RTUs brasileiros
	Telecomunicações de Serviço	Brasil	Brasil
	Cablagem	China	China
Módulo de Carga Útil	Imageador 1	Câmera CCD – China	Câmera PAN - China
	Imageador 2	Câmera IRMSS – China	Câmera IRS - China
	Imageador 3	-	Câmera MUX - Brasil
	Imageador 4	Experimento WFI - Brasil	Câmera WFI - Brasil
	Transmissor de Dados de Imagens	China	PAN e IRS – China MUX e WFI - Brasil
	Subsistema de Coleta de Dados	Brasil	Brasil
	Gravador Digital de Dados	-	Brasil
	Monitor de Ambiente Espacial	China	China

Embora os projetos dos equipamentos e subsistemas dos CBERS 1&2 tenham sido utilizados como base para os satélites CBERS 3&4, as diferenças tecnológicas entre um e outro projeto são consideravelmente grandes, motivadas, segundo Chagas Jr. (2006) pela evolução das necessidades dos usuários das imagens dos satélites CBERS 1, 2 e 2B nos dois países.

Embora a diferença central esteja na melhor resolução geométrica e espectral dos instrumentos ópticos, diversos subsistemas precisaram ser melhorados para dar suporte ao aumento de resolução dos imageadores e conseqüente aumento na taxa de dados a serem armazenados e transmitidos, conforme ilustra a Tabela 5.8 a seguir.

Tabela 5.8 – Diferenças tecnológicas entre os CBERS 1&2 e CBERS 3&4

SUBSISTEMA	CBERS-1&2	CBERS-3&4
Estrutura	1450kg	Massa aumentada, em função das câmeras. Cerca de 2000kg
Controle Térmico		Maior potência térmica dissipada, em função da maior potência elétrica
Controle de Órbita e Atitude		Aumento dos requisitos de precisão de apontamento para manter o foco da imagem, em função da resolução melhorada
Suprimento de Energia	Potência gerada de 1100W	Aumento da potência elétrica para 1500W
Supervisão de Bordo		
Telecomunicações de Serviço		
Cablagem Imageador 1	Câmera CCD, com resolução de 20m – China	Câmera PAN com resolução entre 5m/10m- China
Imageador 2	Câmera IRMSS, com resolução de 80m/100m – China	Câmera IRS, com resolução de 40m/80m - China
Imageador 3	-	Câmera MUX, com resolução de 20m - Brasil
Imageador 4	Experimento WFI, com resolução de 260m - Brasil	Câmera WFI, com resolução de 64m- Brasil
Transmissor de Dados de Imagens	China	PAN e IRS – China MUX e WFI – Brasil. WFI – de 1,1 para 50 Mbit/s. MUX – 68Mbit/s.
Sistema de Coleta de Dados		
Gravador Digital de Dados		Brasil: WFI – de 1,1 para 50 Mbit/s. MUX – 68Mbit/s.
Monitor de Ambiente Espacial		

Fonte: baseado em Chagas (2006)

Também, em razão do aumento de maturidade tanto do INPE quanto das empresas do setor, foi possível elevar o conteúdo repassado à indústria. Se nos CBERS 1&2 a participação industrial foi de 29% dos 30% que ficaram a cargo do Brasil, no caso dos CBERS 3&4, a participação de fornecedores brasileiros foi de cerca de 62% do total de recursos empregados pelo país para desenvolvimento dos 50% que lhe coube. Esta participação industrial se deu

por meio de 13 contratos firmados para desenvolvimento e fornecimento de equipamentos e subsistemas dos satélites CBERS-3&4, conforme detalhado na Tabela 5.9, a seguir.

Tabela 5.9 – Contratos firmados com indústria nacional para desenvolvimento da parte brasileira dos satélites CBERS 3&4

Subsistema	Responsabilidade	Contratos firmados com a Indústria Nacional
Estrutura	Brasil	1. Estrutura dos satélites – Consórcio CFF – Genic/ Fibraforte
Controle Térmico	China	-
Controle de Órbita e Atitude	China	2. AOCC – Computador do Subsistema de Controle de Atitude e Órbita - Omnisys
Suprimento de Energia	Brasil	3. EPSS – Suprimento de Energia - Aeroeletrônica 4. Geradores Solares - Orbital 5. Estrutura para os Geradores Solares pro CBERS 4 (a estrutura do painel do CBERS-3 foi fornecida pela China) - Genic
Cablagem	China	-
Supervisão de Bordo	China	2. OBDH – <i>On Board Data Handling Computer</i> (*) - Omnisys (*) mesmo contrato do AOCC
Gravador Digital de Dados	Brasil	6. DDR – <i>Digital Data Recorder</i> - Mectron
Telecomunicações de Serviço	Brasil	7. TTCS – <i>Telecommand and Telemetry Control Subsystem</i> – Consórcio TTCS – Mectron, Neuron e Betatelecom 8. Antena dos subsistemas DCS e TTCS – Omnisys/ Neuron
Câmera PAN	China	-
Câmera MUX	Brasil	9. Câmera MUX – Opto Eletrônica
Câmera IRS	China	-
Câmera WFI	Brasil	10. Câmera WFI – Equatorial/ Opto Eletrônica
Transmissor de Dados da PAN e da IRS	China	-
Transmissor de Dados das câmeras MUX e WFI	Brasil	11. MWT – <i>MUX e WFI Transmitter</i> – Omnisys/ Neuron 12. Antena do subsistema MWT – Omnisys/ Neuron
Sistema de Coleta de Dados	Brasil	13. DCS – <i>Data Collection Subsystem</i> – Omnisys/ Neuron
Monitor de Ambiente Espacial	China	-

Os contratos acima descritos, cujo conteúdo previa o desenvolvimento, fabricação e testes dos subsistemas e equipamentos sob responsabilidade

brasileira, foram firmados com empresas licitadas com base na Lei nº 8.666/1993, modalidade técnica e preço, e a partir de especificações constantes em documentos denominados Descrição Detalhada de Trabalho (DDT) ou “*Statement of Work*” (SOW). Estes documentos foram elaborados por engenheiros especialistas em cada subsistema e que posteriormente ficaram encarregados do acompanhamento técnico das atividades contratadas.

Além dos requisitos técnicos e especificações, as DDTs continham o detalhamento de como as atividades seriam desenvolvidas, seguindo metodologia de gerenciamento de projetos de engenharia com ênfase em sistemas espaciais, que gerencia programas e projetos por meio de fases e “*decision gates*” que autorizam o projeto a passar para a fase seguinte.

Estas fases foram então associadas a marcos contratuais a fim de permitir ao corpo técnico do INPE acompanhar a evolução do projeto e entregas correspondentes, atribuindo a cada etapa um percentual de pagamento do valor total contratado em razão da complexidade das atividades de engenharia a serem realizadas e das entregas a elas relacionadas.

As Revisões de Projeto que de maneira geral constaram dos cronogramas físico-financeiros dos contratos foram: *Management Design Review* (MDR); *Preliminary Design Review* (PDR); *Critical Design Review* (CDR); *Qualification Review* (QR); e *Acceptance Review* (AR). Juntamente com a CDR ocorre a entrega dos Modelos de Engenharia dos subsistemas ou equipamentos. As próximas fases marcam as entregas dos Modelos de Qualificação e Modelos de Voo.

Se no caso dos primeiros satélites, as contratações industriais contemplavam tão somente a fabricação, ficando toda a concepção a cargo do INPE e CAST, no caso dos satélites CBERS 3&4 a autoridade de projeto de diversos subsistemas foi concebida para ser compartilhada entre o INPE e a Indústria.

No entanto, para a grande maioria dos subsistemas e equipamentos, a autoria de projeto ficou integralmente a cargo da indústria, tanto em razão do

incremento tecnológico dos CBERS-3&4 em relação aos anteriores quanto, ou sobretudo, em função das constantes alterações de projeto que se fizeram necessárias para contornar os pesados embargos internacionais para fornecimento dos componentes com qualificação espacial que estavam previstos nos projetos, por terem sido utilizados nos satélites CBERS 1&2.

Para todos os contratos, o INPE ficou responsável pela aquisição, verificação do atendimento aos rigorosos requisitos de aceitação e fornecimento das partes e materiais com qualificação espacial para fabricação dos MQs (Modelos de Qualificação) e MVs (Modelos de Voo).

O satélite CBERS 3, infelizmente, foi perdido numa falha de lançamento em dezembro de 2013, quando o foguete chinês Longa Marcha 4B, embora tenha alcançado a altitude correta, não conseguiu impulsioná-lo com velocidade suficiente para mantê-lo em órbita. Nos poucos instantes em que permaneceu no espaço, o painel solar do satélite foi aberto com sucesso e os sinais emitidos indicavam que seus equipamentos e subsistemas estavam funcionando adequadamente.

Em função deste acidente, o satélite CBERS 4, que estava previsto para ser lançado em 2015, deverá ter seu lançamento antecipado ainda para 2014, para compensar a ausência dos serviços que seriam disponibilizados pelo CBERS 3.

g) PMM/ AMAZONIA-1

A Plataforma Multimissão (PMM) é uma plataforma genérica de satélites que reúne em si todos os equipamentos que desempenham funções necessárias à sobrevivência de um satélite, oferecendo recursos capazes de suportar o funcionamento de diferentes cargas úteis – como, por exemplo, meteorológicas, científicas ou de imageamento – para compor um satélite na classe de 500kg. Assim sendo, denomina-se multimissão, por, atender aos requisitos necessários para operar em diferentes tipos de órbitas e apontamento, sendo portanto aplicável a diferentes tipos de missões.

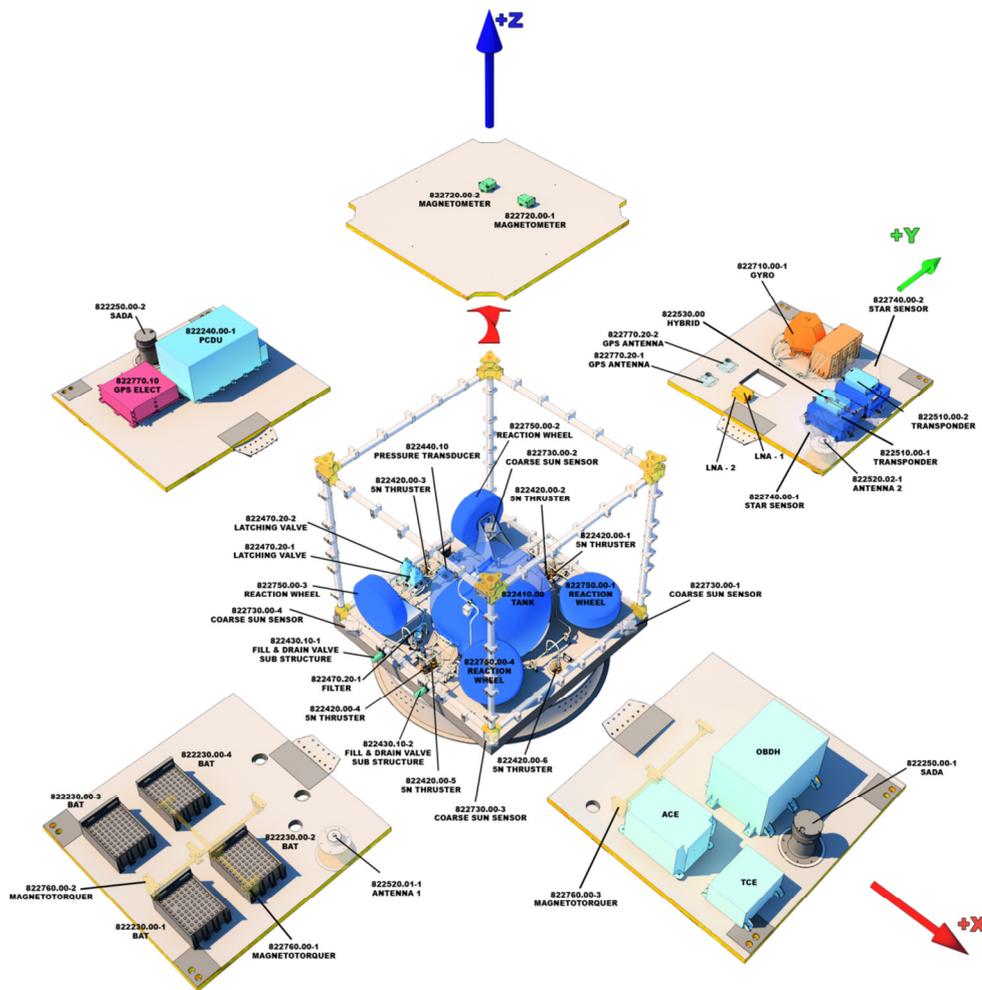


Figura 5.7 – Vista aberta da Plataforma Multimissão (PMM)

Fonte: imagens cedidas pelo INPE (2013)

O conceito consiste em desenvolver separadamente o satélite em uma plataforma (módulo de serviço), que provê serviços básicos – suporte, operação, potência para alimentação, navegação e orientação e programação para realizar as funções no lugar e momento corretos – e a carga útil “cliente” desses serviços.

As vantagens de uma plataforma multimissão são, fundamentalmente, a redução de custos e de prazos, pela redução do longo e dispendioso processo de desenvolvimento e qualificação característicos de projetos espaciais, onde para fabricação de um único modelo de voo é necessário a construção de vários modelos (modelos de engenharia e de qualificação) antes da fabricação

do modelo que efetivamente será posto em órbita (modelo de voo). Assim, embora o projeto de uma plataforma multimissão não seja otimizado para nenhuma missão e tenha seus requisitos definidos, principalmente, em “envelope” o que pode tornar a qualificação da primeira plataforma mais trabalhosa e com custo mais elevado, nas missões seguintes haverá um ganho considerável de prazos e custos, pela eliminação de custos não recorrentes, pois o módulo de serviço estará qualificado para o envelope de requisitos inicialmente definidos.

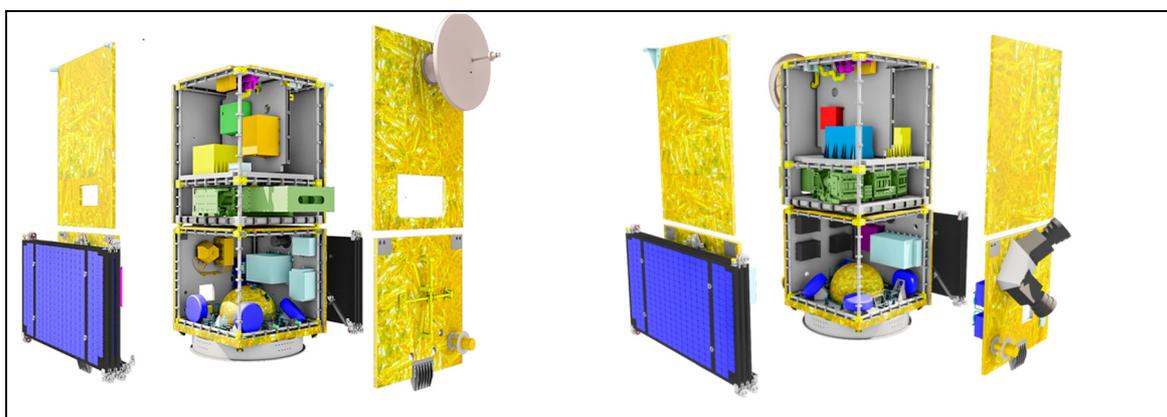


Figura 5.8 – PMM acoplada com Módulo de Carga Útil – Satélite Amazonia-1

Fonte: imagens cedidas pelo INPE (2013)

O projeto PMM iniciado em 2001, teve uma abordagem de desenvolvimento mais ousada do que a dos satélites CBERS 3&4, já que repassou para a indústria recém saída da experiência de desenvolvimento dos CBERS 1&2, o desenvolvimento de alguns subsistemas (Telemetria e Telecomando, Suprimento de Energia, Estrutura e Propulsão) com a responsabilidade de projeto em nível de subsistema; da especificação, aquisição e controle de partes e materiais com qualificação espacial; e pelas atividades de garantia do produto, que seriam submetidas a vistorias pelo INPE ao longo do desenvolvimento e nas revisões de projeto previstas em normas espaciais internacionais.

Portanto, o INPE definiu a concepção, a arquitetura da plataforma, fez o projeto de sistema, especificou e contratou o desenvolvimento dos subsistemas e

equipamentos (para o subsistema de Controle e Navegação), e, finalmente, realizará a integração e testes em nível de sistema.

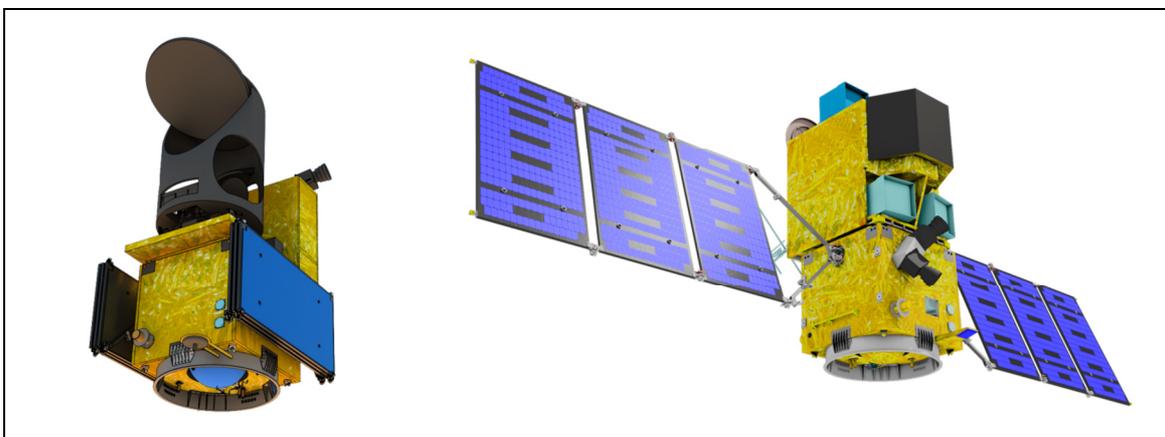


Figura 5.9 – Diferentes Missões utilizando a PMM: GPM e Lattes

Fonte: imagens cedidas pelo INPE (2013)

Assim, o projeto, desenvolvimento, fabricação e testes dos subsistemas Estrutura, Potência, Propulsão e Telemetria e Telecomando da PMM foram contratados em 2001 diretamente pela Agência Espacial Brasileira – AEB junto ao Consórcio PMM, formado inicialmente pelas empresas Mectron, Equatorial e Atech, sob gerenciamento desta última. Posteriormente, a empresa Equatorial foi substituída pela Cenic no consorcio.

Ficou pendente, portanto, a contratação do subsistema de controle de atitude e supervisão de bordo, já que as capacitações tecnológicas para desenvolvimento autônomo deste subsistema ainda estavam em construção no próprio INPE e este seria um desafio muito grande para propor para a indústria naquela época.

Em torno de 2004 o INPE iniciou a aquisição no exterior de equipamentos para uso no subsistema de controle de atitude e órbita da PMM – rodas de reação, giroscópios, etc. – na intenção de realizar o desenvolvimento deste subsistema “*in-house*”.

Em 2008, porém, com a definição da primeira missão a utilizar a Plataforma Multimissão – o satélite Amazonia-1 – passou a ser mandatório encaminhar a

disponibilização do subsistema de controle de atitude e supervisão de bordo. O INPE, então, abandonou a ideia de realizar o desenvolvimento “*in-house*” e partiu para a tentativa de contratação do subsistema completo através de concorrência internacional que permitisse a formação de consórcio entre empresas estrangeiras e empresas nacionais, visando a capacitação industrial nacional nesta tecnologia crítica.

Depois de várias tentativas mal sucedidas de contratação, o INPE, no final de 2009, decidiu pela contratação da empresa Argentina INVAP, via cooperação internacional, para a “assistência técnica, transferência de tecnologia de projeto, fabricação e validação, e fornecimento de hardware e software de um sistema de navegação, controle e supervisão de bordo para a PMM”. Nesta modalidade de contrato, o INPE teve, até o momento, um programa de capacitação de profissionais que soma 160 homens/mês de trabalho conjunto, nas dependências da INVAP.

O desenvolvimento, fabricação e testes da carga útil da missão Amazonia-1, a Câmera AWFI (“*Advanced Wide Field Imaging*”), foi contratada no final de 2008. Utilizando como base os conhecimentos adquiridos nos projetos das Câmeras MUX e WFI dos Satélites CBERS 3&4, a câmera AWFI possui melhorias significativas em relação a resolução espacial e bandas espectrais, como, por exemplo, a resolução espacial de 40m, enquanto a WFI do CBERS 3&4 tem resolução de 60m.

Em 2010, foram contratados com a indústria nacional os subsistemas de Estrutura do Módulo de Carga Útil, Transmissor de Dados Banda X (AWDT), Gravador Digital de Dados, Antena Banda X do AWDT. Todos estes subsistemas foram contratados como fabricação, assumindo que teriam como base os projetos já qualificados utilizados para os satélites CBERS 3&4 e que seria necessário apenas adaptação aos requisitos do satélite Amazonia-1.

O desenvolvimento dos subsistemas da PMM e Satélite Amazonia-1, bem como o estágio de desenvolvimento de cada um deles, encontram-se descritos na Tabela 5.10 a seguir.

Tabela 5.10 – Estratégia de desenvolvimento da PMM/ Missão Amazonia-1

DESENVOLVIMENTO DOS EQUIPAMENTOS E SUBSISTEMAS BRASILEIROS DA PMM/ MISSÃO AMAZONIA-1			
Equipamentos/ Subsistemas	EMPRESA CONTRATADA	ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO	ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO
Estrutura	Consórcio PMM/ Cenic	Fibraforte subcontratada para fabricar os containers e alguns EGSEs e MGSes	Modelo de Voo disponível
Suprimento de Energia	Consórcio PMM/ Mectron	Mectron responsável pela parte elétrica do subsistema. Orbital subcontratada para fabricar o gerador solar e, Fibraforte, a parte mecânica do gerador, incluindo mecanismos de abertura dos painéis, que nos CBERS foram adquiridos da China	Software em fase de qualificação – passando por testes ambientais. Hardware qualificado.
Propulsão	Consórcio PMM/Equatorial, inicialmente. Fibraforte, depois.	Novo desenvolvimento com equipamentos principais comprados no exterior.	Modelo de Voo em fabricação
Telecomunicações de Serviço	Consórcio PMM/ Mectron	Desenvolvimento novo. Incluindo antena, tudo feito pela Mectron, com pequena subcontratação da Neuron.	Em qualificação – passando por testes ambientais.
Controle Térmico	-	Responsabilidade integral do INPE	-
Controle de Órbita e Atitude e supervisão de bordo	INVAP	Contratação com transferência de tecnologia e 160 homens/hora de trabalho em conjunto para capacitação de profissionais do INPE.	Em fabricação de Modelos de Voo.
Cablagem do satélite completo	-	Projeto do INPE e execução a ser contratada da indústria	O INPE está tentando contratar este subsistema desde 2011, ainda sem sucesso.
Câmera AWF1	Opto Eletrônica	Baseado nos projetos das câmeras do CBERS 3&4. Possui melhorias de resolução espacial e bandas espectrais em relação à WFI do CBERS	Modelo de Engenharia fabricado. Próxima etapa: qualificação.
Transmissor de Dados da Câmera AWF1	Omnisys	Baseado no projeto do MWT do CBERS 3&4 com ajustes para os requisitos da missão Amazonia-1	Fabricação do Modelo de Engenharia.
Antena Banda X do AWDT	Omnisys	Baseado no projeto das Antenas MWT do CBERS 3&4 com ajustes para os requisitos da missão Amazonia-1	Fabricação de Modelo de Voo
Gravador Digital de Dados	Equatorial	Inicialmente baseado em projeto do CBERS 3&4, mas teve alterações importantes	Em fase de Projeto Preliminar

O Satélite Amazonia-1 está previsto para ser lançado em 2016.

5.2 Resumo da participação industrial nos projetos de satélites do INPE

O objetivo desta seção é resumir a participação industrial nos projetos dos satélites SCD-1, 2 e 2B, SACI 1 e 2, CBERS 1&2, CBERS 2B, CBERS 3&4 e Amazonia-1, descritas nas sessões anteriores. A Tabela 5.11, a seguir, apresenta, para cada um dos subsistemas que compõem um satélite, as empresas que já atuaram e a forma de participação de cada uma delas.

Tabela 5.11 – Participação industrial nos projetos de satélites do INPE por subsistema (A)

Subsistema	Empresas com as quais o INPE atuou	Resumo da Participação Industrial
Estrutura	Embraer, LEG, Consórcio ADE (Akros, Digicon, Esca), Compsis, Cenic, Fibraforte	<ul style="list-style-type: none"> - A Embraer atuou no SCD-1 e 2, mas não teve interesse em atuar no projeto dos satélites CBERS 1&2. - A LEG atuou no SACI-1&2 e CBERS 1&2; - No CBERS 1&2 o Modelo de Engenharia foi desenvolvido e testado no Brasil, mas o Modelo de Qualificação e Modelo de Vão foram subcontratados da China. - A Cenic e Fibraforte atuaram com sucesso nos projetos dos CBERS 3&4 e PMM/ Amazonia-1.
Controle de Órbita e Atitude	EQE, Omnisys	<ul style="list-style-type: none"> - A EQE atuou no projeto do SACI, apoiando o INPE no desenvolvimento do hardware. - A Elebra, que posteriormente se tornou a Omnisys, fabricou as RTUs, CTUs, AOCC e SSPA do CBERS 1&2; - No projeto dos CBERS 3&4, a Omnisys desenvolveu as RTUs, CTUs e AOCC, embora o AOCC ao final tenha sido chinês, por causa de grandes alterações que o subsistema precisou sofrer em função das falhas do CBERS-2B; - Existe projeto de P&D para desenvolver esta tecnologia no Brasil, mas as informações não foram apuradas para esta defesa preliminar;
Supervisão de Bordo	Omnisys	<ul style="list-style-type: none"> - Para o CBERS 1,2,2B, 3 e 4, a Omnisys desenvolveu e fabricou as RTUs, CTUs e LTUs; - Na PMM, o subsistema foi contratado da INVAP.
Telecomunicações de Serviço	ESCA, Tectelcom, Tecnasa, Betatelecom, Fibraforte, Mectron, Neuron, Omnisys	<ul style="list-style-type: none"> - O TT&C dos satélites SCD e SACI foram feitos pelo INPE; - No CBERS 1&2, participaram as empresas Tectelcom. Tecnasa e Betatelecom e as antenas foram feitas pela Neuron e Fibraforte - No CBERS 3&4, o TTCS foi desenvolvido pelo consórcio formado pelas empresas Mectron, Neuron e Betatelecom, com antenas feitas pela Neuron; - Na PMM, todo o subsistema, inclusive antena, foi feito pela Mectron.
Cablagem	-	<ul style="list-style-type: none"> - Realizado pelo INPE para os SCD e SACI e feitos pela China para os CBERS 1&2, 2B e 3&4. O INPE está tentando contratar a fabricação para a PMM, projetada pelo Instituto, mas ainda não conseguiu
Controle Térmico	-	<ul style="list-style-type: none"> - Sem participação industrial neste subsistema

(Continua)

Tabela 5.11 – Conclusão

Subsistema	Empresas com as quais o INPE atuou	Resumo da Participação Industrial
Suprimento de Energia	Aeroeletrônica Orbital, Digicon, Cenic, Fibraforte	<ul style="list-style-type: none"> - A Orbital e Digicon foram qualificadas no projeto dos satélites SCD-1&2 e SATEC para a montagem de painéis solares; - A Digicon e Aeroeletrônica participaram do projeto dos satélites CBERS 1&2. A Digicon vendeu o acervo de sua participação nestes projetos para a Aeroeletrônica; - A Orbital participou do CBERS-2B; - Para os satélites CBERS 3&4, a Aeroeletrônica desenvolveu o subsistema de suprimento de energia, tendo a Orbital fabricado a parte elétrica dos geradores solares e a Cenic, a parte mecânica, para o CBERS-4; - Para os satélites CBERS 1, 2, 2B e 3, a parte mecânica do gerador solar foi fornecida pela China e pro CBERS 4, foi feita no Brasil; - Nos CBERS 1&2, o Brasil só fez o laydown dos SCAs e módulos fabricados na Alemanha. No CBERS 2B, o Brasil fabricou os SCAs, porém com células de silício e fez os módulos e laydown. Para os CBERS 3&4, o Brasil fabricou os SCAs, com células de tripla junção, bem mais complexas, os módulos, interconectores e laydowns; - O suprimento de energia da PMM foi feito pela Mectron, tendo a Orbital sido subcontratada para fazer a parte elétrica do SAG e a fibraforte, a parte mecânica.
Gravador Digital de Dados	Mectron, Equatorial	<ul style="list-style-type: none"> - O DDR dos CBERS 3&4 foi desenvolvido e fabricado pela Mectron e, no caso da PMM, pela Equatorial;
Câmeras Imageadoras	Opto Eletrônica, Equatorial	<ul style="list-style-type: none"> - Os SCD e SACI não tiveram câmeras imageadoras; - O experimento WFI dos CBERS 1, 2 e 2B foram feitos pela Micromax, Mectron, Neuron e Equatorial; - No CBERS 3&4, há duas câmeras: a MUX, desenvolvida integralmente pela Opto Eletrônica e a WFI, desenvolvida em consórcio pela Equatorial e Opto; - Para o satélite Amazonia-1, a câmera AWFI está sendo desenvolvida pela Opto Eletrônica.
Transmissor de Dados de Câmeras Imageadoras	Omnisys, Neuron	<ul style="list-style-type: none"> - Subsistema que passou a existir para os satélites CBERS 1&2, 3&4 e Amazonia-1. - Nos satélites CBERS 1 &2, foi feito... e as antenas, pela Neuron e Fibraforte; - Para os satélites CBERS 3&4, foram feitos pela Omnisys e Neuron, inclusive antenas; - No caso da PMM, está sendo feito pela Omnisys, com pequena subcontratação da Neuron.
Sistema de Coleta de Dados	Omnisys, Neuron	<ul style="list-style-type: none"> - A Neuron atuou em todos os projetos de DCS de todos os satélites, com participação também da Omnisys.
Atividades de Sistema	Atech	<ul style="list-style-type: none"> - Gerenciadora de interfaces entre os subsistemas da Plataforma Multimissão.

Além dos projetos de satélites, existem alguns casos de participação de empresas em projetos de P&D que são desenvolvidos em paralelo pela engenharia espacial do INPE, com apoio de Agências de Fomento e Fundos Setoriais, como é o caso da participação da Compsis no projeto SIA, para o desenvolvimento de softwares de controle de atitude e órbita, e a Optovac,

qualificada para a fabricação de objetivas ópticas para sensores de estrelas. Como o objetivo da Tese, no entanto, é capturar as capacitações industriais resultantes do exercício de compras governamentais, estas participações industriais não foram consideradas.

A Tabela 5.12, na página seguinte, ilustra o adensamento tecnológico ocorrido ao longo do tempo nos programas de satélites desenvolvidos pelo INPE, relacionando as competências adquiridas em função dos subsistemas convencionais de um satélite. É importante mencionar, no entanto, que mesmo nestes subsistemas onde hoje o Brasil tem competência de projeto e desenvolvimento com a indústria nacional, ainda existem dependências tecnológicas importantes do exterior, sobretudo em relação a partes e materiais com qualificação espacial, como componentes eletrônicos, por exemplo. Apesar desta ressalva, verifica-se ter ocorrido um aumento significativo tanto do conteúdo tecnológico de uma geração para outra de satélites quanto um aprofundamento crescente do conteúdo repassado à indústria nacional que atuou nestes projetos de satélites, conforme ilustra a Figura 5.10 a seguir.



Figura 5.10 – Aumento do conteúdo tecnológico repassado ao setor privado
Fonte: elaboração própria, com base em Costa Filho, 2000 e Chagas, 2006

A maturidade tecnológica de um país, segundo Chagas (2009), está fortemente relacionada à capacidade de suas organizações passarem do domínio de tecnologias simples para tecnologias complexas e seus crescentes desafios. No caso dos projetos de satélites conduzidos pelo INPE, os indícios parecem apontar que o caminho está sendo percorrido nesta direção.

Tabela 5.12 – Participação industrial nos projetos de satélites do INPE por subsistema (B)

SUBSISTEMA/ EQUIPAMENTO	SCD-1, 2 e 2A	SACI-1 e 2	CBERS 1, 2 e 2B	CBERS 3&4	PMM/ AMAZONIA-1
Estrutura	Projeto e fabricação da Embraer	Projeto do INPE e execução pela LEG	Tentativa de desenvolver no Brasil, mas acabou sendo subcontratado da China	Desenvolvimento inteiro na indústria nacional, inclusive projeto.	Desenvolvimento inteiramente novo na indústria nacional, inclusive projeto.
Suprimento de Energia	Células compradas no exterior, já coladas no painel. Baterias compradas no exterior. Montagem feita pelo INPE.		Para os CBERS 1&2, o Brasil só fez o laydown. Para o CBERS 2B, fabricou os SCAs, com células de silício, módulos, e fez laydown	Desenvolvimento na indústria nacional, incluindo parte mecânica do CBERS 4, fabricação de SACs, com células de tripla junção, e módulos. A China forneceu mecanismos de abertura dos painéis e baterias.	Desenvolvimento novo da indústria nacional, inclusive mecanismos de abertura dos painéis. Baterias e células ainda compradas no exterior.
Propulsão	Não tiveram o subsistema		De responsabilidade da China		Desenvolvimento novo, com equipamentos adquiridos no exterior.
Telecomunicações de Serviço	Comprado da NEC, japonesa	Transmissor e equipamentos comprados no exterior. Montado no INPE.	Projeto do INPE e CAST e fabricação compartilhada entre indústria brasileira e China	Desenvolvimento inteiro na indústria nacional, inclusive projeto (adaptado do CBERS 1&2). Componentes eletrônicos qualificados adquiridos no exterior.	Desenvolvimento completo na indústria nacional, com componentes eletrônicos qualificados adquiridos no exterior.
Controle Térmico	Sem participação industrial nacional. Feitos pelo INPE.		Subsistema chinês, embora o projeto térmico do compartimento das baterias tenha ficado sob responsabilidade do INPE		Feito pelo INPE.
Controle de Órbita e Atitude e supervisão de bordo	Sem participação industrial nacional. Equipamentos adquiridos no exterior e montados pelo INPE.		RTUs, CTUs e SSPA feitos pela Elebra (Omnisys)	Subsistemas chineses, porém RTUs, CTUs, LTUs e AOCC feitos no Brasil. AOCC usado no satélite foi Chinês, em função das mudanças que o subsistema sofreu ao longo do tempo.	Subsistema contratado na INVAP com transferência de conhecimento e 160 homens/hora de trabalho em conjunto, até o momento..
Cablagem do satélite completo	Sem participação industrial nacional				Em processo de contratação da fabricação, com projeto fornecido pelo INPE.
Câmeras Imageadoras	Não tiveram câmeras		Experimento do WFI.	Duas câmeras integralmente desenvolvidas pela indústria, inclusive projeto.	Desenvolvimento novo da indústria, baseado nos projetos das câmeras dos CBERS 3&4
Transmissor de Dados das Câmeras, incluindo antenas	Não tiveram imageadores		De Responsabilidade da China	Desenvolvimento integral na indústria, inclusive projeto.	Baseado no projeto do MWTe antenas MWT do CBERS 3&4 com ajustes para os requisitos da missão Amazonia.
Subsistema DCS, incluindo antenas	Transponder feito no INPE até ME e fabricação da Indústria	Não tiveram DCS	Projeto do INPE e fabricação na indústria	Desenvolvimento integral na indústria, com projeto muito baseado no CBERS 1&2, mas com adaptações pela indisponibilidade de componentes.	Não tem subsistema DCS.
Gravador Digital de Dados	Não tiveram DDR		Subsistema chinês	Desenvolvimento integral na indústria, inclusive projeto.	Inicialmente seria baseado no projeto do DDR do CBERS 3&4 com ajustes para os requisitos da missão, mas será um projeto novo.

5.3 Considerações legais relacionadas às contratações para projetos de satélites

Já foi dito anteriormente que a capacitação industrial é um dos objetivos expressos do Programa Espacial Brasileiro e que, no caso do INPE, esta orientação vem sendo implementada, prioritariamente, através de contratações industriais firmadas com empresas nacionais para desenvolvimento de equipamentos e subsistemas para seus programas de satélites. Como órgão público da Administração Direta, no entanto, o campo de atuação do INPE em relação às contratações para seus programas de satélites está limitado às possibilidades previstas nos marcos legais relacionados às compras governamentais, tema que é objeto de reflexão desta seção.

62% dos recursos federais destinados para os programas CBERS entre 2005 e 2013 (satélites CBERS 2B, 3 e 4), foram investidos em contratações industriais nacionais, conforme indicado na Tabela 5.13, a seguir.

Tabela 5.13 – Percentual de investimentos para desenvolvimento do CBERS 3&4 repassados à indústria

Projetos	Valor investido em Contratações Industriais Nacionais (2005-2013)*	Valor descentralizado pelo Governo Federal (2005-2013)*	% repassado à Indústria
CBERS 2B e 3&4	R\$ 450 milhões (*)	R\$ 730 milhões	62%

Fonte: elaboração própria, a partir de consultas a documentos do INPE.

Obs.: (*) Valores atualizados pelo IGP-DI para 2013.

Para a Plataforma Multimissão e satélites Amazonia-1 e Lattes, este percentual, para o período entre 2008 e 2013, corresponde a 77%, conforme Tabela 5.14.

Tabela 5.14 – Percentual de investimentos para desenvolvimento da PMM/ Amazonia-1 repassados à indústria

Projetos	Valores investidos em Contratações Industriais Nacionais (2008-2013)	LOA PMM, AMZ e Lattes (2008-2013)	% repassado à Indústria
PMM, Amazonia-1 e Lattes	R\$ 165 milhões	R\$ 216 milhões	77%

Fonte: elaboração própria, a partir de consultas a documentos do INPE.

O restante dos recursos, que não foram investidos em contratos com a indústria nacional, custearam despesas como: contratos internacionais para aquisição de equipamentos especiais e partes e materiais com qualificação espacial; contratos de lançamento por foguetes estrangeiros; diárias e passagens para envio de funcionários ao exterior para acompanhar as atividades relacionadas ao projeto, dentre outras.

Os percentuais praticados nos projetos CBERS 3&4 e Amazonia-1 indicam ter havido um aumento considerável na participação da indústria brasileira nestes projetos em relação a projetos anteriores, conforme indica a Figura 5.11. Os valores indicados na Figura referem-se ao percentual do total de investimentos nos satélites que foi direcionado para contratos firmados com a Indústria nacional.



Figura 5.11 – Aumento da participação industrial

Fonte: elaboração própria, baseada em Costa Filho (2000) e Chagas (2006)

Os contratos industriais nacionais nos quais estes recursos foram investidos foram assinados entre 2004 e 2005 para os satélites CBERS 3 e 4, entre 2001 e 2008 para a Plataforma Multimissão e entre 2008 e 2010 para os Satélites Amazonia-1 e Lattes.

Todos estes contratos foram regidos pela lei geral de licitações e contratos da Administração Pública, a Lei nº 8.666/93, sendo que os contratos para desenvolvimento, fabricação e testes de subsistemas e equipamentos para os satélites CBERS 3&4 foram todos licitados através de concorrência pública do

tipo técnica e preço, enquanto os da Plataforma Multimissão e dos satélites Amazonia-1 e Lattes variaram entre concorrências do tipo técnica e preço e do tipo menor preço, mediante demonstração de experiência anterior, exigida ainda na fase de habilitação da licitação. Alguns contratos do Amazonia-1 e Lattes foram feitos com o escopo de “fornecimento”, buscando aproveitar o desenvolvimento que já havia sido feito para os satélites CBERS 3&4 e, assim, não repetir algumas etapas de projeto e encurtar tanto o tempo de fornecimento quanto os custos associados.

Durante a execução destes contratos, geralmente de longa duração, grande complexidade e elevado conteúdo tecnológico e inovador, conforme caracterizado no capítulo anterior, é comum surgirem necessidades de ajustes, muitas vezes somente de prazo, algumas vezes impactando em preço, em relação ao pactuado inicialmente.

A metodologia de desenvolvimento de projetos espaciais, como dito anteriormente, prevê a existência de revisões de verificação para cada etapa de projeto, e nestas revisões, é comum surgirem oportunidades ou necessidades de melhorias que podem afetar a condução das atividades subsequentes, exigindo, desta forma, ajustes contratuais para adequação do instrumento legal à realidade do projeto.

As razões que podem levar à necessidade de ajustes contratuais são as mais variadas possíveis, como, por exemplo:

- necessidade de substituição de componentes qualificados previstos no projeto em função de negativa de fornecimento por embargos internacionais (nestas hipóteses, é geralmente necessário ajustar também o projeto porque dificilmente o componente substituto disponível é perfeitamente equivalente: “*FFF – Form, Fit and Function*”);

- necessidade de retrabalhos para aumento da confiabilidade do sistema, identificadas ao longo do desenvolvimento do projeto (como, por exemplo, quando as análises de falhas do satélite CBERS-2B, cuja operação foi finalizada em 2010, apontou a conveniência de se fazer melhorias nos subsistemas de controle dos CBERS 3&4, com consequências em outros subsistemas);
- rejeição de lotes de componentes qualificados nos rigorosos testes de aceitação a que são submetidos, sendo necessário iniciar a fabricação de novo lote e aguardar o “*lead time*” de sua nova entrega, com impactos de prazos em um ou mais subsistemas onde o componente seria utilizado.

Todas estas razões ocorrem com frequência em projetos espaciais e são imprevisíveis à época da contratação. Ainda que se possa considerar, em função da frequência com que ocorrem, que estes eventos sejam previsíveis, suas consequências são imprevisíveis, sendo muito difícil planejar uma contratação de forma a contemplá-las. Antecipar a possibilidade da ocorrência de todos estes problemas durante o desenvolvimento de um projeto poderia onerar muito os contratos, razão pela qual parece mais razoável que os casos sejam tratados individualmente, na medida em que ocorrem.

Visto do ponto de vista meramente administrativo ou jurídico, a frequência da necessidade de ajustes nestes contratos pode sugerir a existência de deficiência de planejamento e/ou negligência na condução das atividades, mas ainda que muito possa ser feito para melhoria nos processos de contratações dos programas de satélite brasileiro, estatísticas apontam que dificuldades e imprevisibilidades na condução de projetos espaciais são comuns de ocorrer também em outras agências espaciais, não sendo um problema específico do Brasil.

Estudos avaliando acréscimos de prazos e custos de missões da NASA indicam variações da ordem de 35,2% no cronograma e de 30% em relação a

custos, partindo de previsões feitas na fase de planejamento preliminar (PDR), quando já existe um amadurecimento considerável dos projetos. Nos estudos em que a avaliação foi feita em relação à previsão no início formal do projeto, as variações de prazos permaneceram em torno de 36%, mas as variações de custos foram da ordem de 76% (DUBOS *et al.*, 2009; FREANER *et al.*, 2008).

Variações de prazos e custos entre as fases de projeto e execução não são sequer exclusividade do setor espacial. Estatística construída com base em cerca de 200.000 projetos de desenvolvimento de softwares e projetos de Tecnologia da Informação (STANDISH GROUP, 2001) identificou uma expansão média de custos de 45% em relação ao inicialmente previsto e uma média de 63% de acréscimo de prazo em relação ao cronograma inicialmente estabelecido.

Importante reforçar que não se pretende, com estes argumentos, afirmar que não há oportunidades de melhorias na forma como os projetos espaciais brasileiros são planejados e conduzidos, mas sim justificar que, em contratações para desenvolvimento de subsistemas e equipamentos espaciais inéditos no país ou com elevado conteúdo inovador, sempre se estará sujeito à necessidade de ajustes entre o planejamento e a condução efetiva das atividades. Por esta razão, o arcabouço jurídico relacionado a estas contratações precisa levar isto em consideração, sobretudo quando a própria capacitação industrial é objetivo da contratação, tanto quanto o recebimento do objeto contratado.

A inviabilidade da realização dos ajustes contratuais na medida em que se tornam necessários transfere todos os riscos de prazos e custos para as empresas contratadas, fazendo pesar demasiadamente sobre elas os ônus do desenvolvimento tecnológico associados a estas atividades e levando a um desequilíbrio financeiro dos contratos que eleva o risco de inexecução contratual e dificulta o estabelecimento de um setor industrial espacial saudável, rentável e atrativo para novos potenciais fornecedores.

A Lei nº 8.666/93, que rege atualmente todas as contratações dos projetos de satélites brasileiros, foi formulada de modo a permitir ajustes contratuais em diversas hipóteses previstas no §1º do Art. 57 e Art. 65. Ainda assim, sob diversos aspectos ela tem se mostrado inadequada para contratações envolvendo desenvolvimento tecnológico.

A este respeito, Miranda (2008) considera que a Lei 8.666/93 foi concebida para regulamentar a contratação de grandes obras públicas, possuindo 126 artigos com rigorosas especificações, porém aplicados indiscriminadamente, conforme ilustrado por Fernandes Jr. e Furtado (2005, citado por Miranda, 2008) na seguinte afirmação:

A Lei nº 8.666/93 regula a construção de uma usina hidrelétrica da mesma forma que a instalação de um aparelho de ar-condicionado na parede de um escritório – como se seus efeitos para o país como um todo fossem semelhantes. (FERNANDES JR. e FURTADO, 2005, citados por MIRANDA, 2008).

No intuito de resolver ou minimizar as dificuldades na legislação geral de compras no que diz respeito a contratações de objetos de conteúdo inovador, a Lei nº 8.666/93 foi recentemente alterada pela Lei nº 12.349, de 15 de dezembro de 2010, que acrescentou, em seu Art. 24, o inciso XXXI, para permitir a contratação por dispensa de licitação nas situações previstas no *caput* do Art. 20 da Lei 10.973/2004, conhecida como Lei da Inovação, que assim prevê:

Art. 20º: Os órgãos e entidades da administração pública, em matéria de interesse público, poderão contratar empresa, consórcio de empresas e entidades nacionais de direito privado sem fins lucrativos voltadas para atividades de pesquisa, de reconhecida capacitação tecnológica no setor, visando à realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento, que envolvam risco tecnológico, para solução de problema técnico específico ou obtenção de produto ou processo inovador. (LEI DE INOVAÇÃO, nº 10.973).

O contrato sob risco tecnológico previsto na Lei de Inovação admite condições especiais que parecem mais adequadas para contratações com alto grau de imprevisibilidade, tais como:

- a) realização de auditoria técnica e financeira em cada etapa do projeto ao longo de sua execução, para mensurar os resultados alcançados em relação aos esperados e indicar a necessidade de eventuais ajustes que sejam necessários;
- b) possibilidade de descontinuar o projeto contratado, se verificadas inviabilidade técnica ou econômica no seu desenvolvimento;
- c) possibilidade de que os resultados obtidos sejam diversos dos almejados, em função da incerteza tecnológica;
- d) possibilidade do contrato findar sem alcance integral ou com alcance parcial do resultado almejado, hipótese na qual o contratante poderia, a seu exclusivo critério, mediante auditoria técnica e financeira, elaborar relatório final dando-o por encerrado, ou prorrogar seu prazo de duração.

Esta modalidade de contratação, pelo inciso XXXI do Art. 24 da Lei nº 8.666/93 ainda não foi exercitada pelo INPE, apesar de tentativa sem sucesso, feita em dezembro de 2011, para contratação de tecnologias para câmeras ópticas VISWIR⁴⁵.

Sem conhecimento jurídico suficiente para fazer uma análise mais aprofundada a respeito do uso deste mecanismo legal, ousamos trazer algumas questões que nos parece ainda não muito bem resolvidas, como, por exemplo:

- a) A possibilidade de contratação baseada nas condições previstas na Lei de Inovação foi admitida na Lei 8.666/93 em um inciso de um

⁴⁵ Câmera Multiespectral VISWIR, operando em bandas espectrais do visível até o infravermelho médio do espectro eletromagnético, com aplicações em missões de observação da terra.

artigo sobre dispensa de licitação. Isto significa que só se pode contratar nestes moldes através de dispensa de licitação, mesmo que exista mais de um fornecedor com competência suficiente para a realização daquele desenvolvimento tecnológico?

- b) A contratação, apesar de fundamentada por inciso que remete à Lei de Inovação, seria regida pela Lei nº 8.666/93, que prevê sanções contratuais para as situações de mora ou inadimplemento contratual. Como estas condições seriam conciliadas com as possibilidades admitidas pela Lei de Inovação, de que o objeto final, por exemplo, poderia não ser alcançado ou poderia ter resultado diferente do almejado? Qual arcabouço legal prevaleceria neste caso?
- c) Na hipótese de contratação de desenvolvimento tecnológico baseado na Lei de Inovação, a empresa que desenvolveu o produto ou tecnologia estaria impedida de participar da licitação posterior relacionada ao mesmo produto ou tecnologia, numa analogia ao impedimento descrito na Lei 8.666/93 para que a empresa autora do projeto participe da licitação para contratação do objeto projetado?

Sabe-se que o INPE iniciou estudo mais aprofundado sobre o uso da Lei de Inovação em suas diversas possibilidades, contando para isso com o apoio de assessores jurídicos da Advocacia Geral da União. Este estudo, no entanto, ainda não foi concluído, o que deve acontecer em data próxima, abrindo novas possibilidades para as atividades de desenvolvimento tecnológico no Instituto e nos programas de satélites de modo mais específico.

Adicionalmente, cabe citar um mecanismo recentemente criado como parte do Plano Brasil Maior: o Inova Empresa, que possui uma vertente dedicada ao setor aeroespacial, de defesa e segurança – o Inova Aerodefesa.

Iniciativa da FINEP, BNDES, Ministério da Defesa e Agência Espacial Brasileira, este mecanismo visa apoiar o adensamento produtivo e tecnológico da cadeia produtiva destes setores, reservando recursos para desenvolvimento

de veículos balísticos e não tripulados, sensores, comando e controle, propulsão espacial, satélites e plataformas espaciais, plataformas tecnológicas para aeronaves mais eficientes e novos materiais, a serem investidos através das modalidades de crédito, subvenção econômica e projetos cooperativos entre empresas e Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs, categoria na qual o INPE se enquadra).

Embora este mecanismo não se enquadre precisamente como instrumento de aquisição pública de tecnologia, objeto de estudo desta tese, entendemos pertinente mencioná-lo, visto que a possibilidade de parceria entre os Institutos de Pesquisa e seus fornecedores para desenvolvimento de tecnologias de interesse do Programa Espacial Brasileiro poderá consistir numa solução para as dificuldades atualmente enfrentadas pelo setor nas contratações relacionadas a seus projetos e programas.

A tecnologia desenvolvida e amadurecida⁴⁶ através deste mecanismo teria seu grau de imprevisibilidade consideravelmente reduzido para ser, então, posteriormente contratada através dos mecanismos legais convencionais.

5.4 Conclusão do capítulo

Em função da descrição das diferentes estratégias adotadas pelo INPE para desenvolvimento de seus projetos de satélites, percebe-se que os primeiros projetos, conduzidos nos anos 1980 e 1990, serviram, sobretudo, para capacitação institucional nas tecnologias de satélites e metodologias de gerenciamento de projetos espaciais, tendo ocorrido um aumento gradual na participação da indústria brasileira no desenvolvimento destes projetos, tanto em termos quantitativos quanto em termos de conteúdo tecnológico, conforme ilustrado na Figura 5.12 a seguir.

⁴⁶ Aqui cabe uma referência ao conceito de TRL (*Technology Readiness Level*), ou Nível de Maturidade Tecnológica, abordado com mais detalhes na seção seguinte.

	SUBSISTEMAS/ EQUIPAMENTOS	SCD-1, 2 e 2A		SACI-1 e 2		CBERS 1 e 2		CBERS 2B		CBERS 3&4		PMM/ AMAZONIA-1	
		Projeto	Fabricação	Projeto	Fabricação	Projeto	Fabricação	Projeto	Fabricação	Projeto	Fabricação	Projeto	Fabricação
MÓDULO DE SERVIÇO	ESTRUTURA												
	EPSS E SAG												
	PROPULSÃO	-	-	-	-								
	TTCS												
	CONT. TÉRM.												
	AOCS/OBDH												
	CABLAGEM												
MÓDULO CARGA ÚTIL	CÂM.ÓPTICAS	-	-	-	-								
	DT+ANTENAS	-	-	-	-								
	DCS+ANTENAS			-	-							-	-
	DDR	-	-	-	-								

Experimentos células solares e rodas de reação
 Experimentos PLASMEX, MAGNEX, OCRAS, PHOTO
 Obs.: Partes e materiais comumente adquiridos no exterior

Legenda: Pelo INPE; No exterior; Pela CAST/China; Na indústria brasileira.

Figura 5.12 – Participação da indústria nacional dos projetos de satélites do INPE

Boa parte das empresas que atuam hoje no setor são formadas por ex-funcionários do INPE que foram capacitados nos primeiros projetos de satélites, enquanto algumas empresas passaram a participar das atividades do setor em função da experiência e competência adquiridas em atividades que já desenvolviam para outros setores.

Algumas das empresas que migraram de outros setores para o setor espacial desistiram de atuar nestas atividades, como a Embraer, que fabricou a estrutura dos satélites SCD-1 e 2, e a Digicon, que atuou no subsistema de suprimento de energia dos satélites CBERS-1 e CBERS-2. Outras, ainda, deixaram de atuar no setor por falência ou extinção.

Tanto em uma hipótese quanto em outra, a maioria das competências das empresas falidas, extintas ou que saíram do setor foram assumidas por empresas que continuam atuando nos projetos do INPE até hoje, seja porque os dirigentes ou funcionários são os mesmos, seja porque o acervo técnico foi comercialmente repassado.

Embora não tenha sido objetivo desta tese comparar e avaliar as diferentes estratégias escolhidas pelo INPE para desenvolvimento de seus satélites, é possível constatar que cada estratégia foi definida considerando o contexto da época, o que incluía os recursos – financeiros e de infraestrutura, por exemplo – disponíveis, apoio político, capacitação institucional do próprio INPE e a capacidade do setor privado em responder às demandas tecnológicas requeridas pelos projetos.

Avaliando sem muito aprofundamento as estratégias dos dois programas atualmente conduzidos pelo INPE – o CBERS 3&4 e Plataforma Multimissão – é possível sugerir que o modelo adotado para o CBERS 3 & 4 ponderou com mais precisão o desafio a ser proposto para o setor privado, em função do nível de maturidade industrial demonstrado pelo setor à época das contratações. Este fator, no entanto, não pode ser considerado isoladamente para uma avaliação mais geral dos programas, uma vez que o programa CBERS sempre contou com mais prioridade na alocação de recursos em relação à Plataforma Multimissão, provavelmente por tratar-se de programa proveniente de compromisso firmado internacionalmente, o que pode ter afetado também a resposta por parte do setor privado, até porque as empresas responsáveis pelo desenvolvimento dos dois programas eram as mesmas.

6. ESTUDO DE CASO: CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS E CARACTERIZAÇÃO DOS FORNECEDORES DO CBERS 3&4

Este capítulo apresenta os resultados do Estudo de Caso conduzido com empresas nacionais contratadas para desenvolvimento, fabricação e testes de subsistemas dos satélites CBERS 3&4, a fim de identificar e avaliar a capacitação industrial decorrente destas contratações.

Os resultados da pesquisa foram divididos em duas etapas distintas, sendo a primeira a caracterização da cadeia nacional de fornecimento do Programa CBERS e a segunda, os resultados industriais decorrentes das contratações firmadas para o desenvolvimento de subsistemas para estes satélites.

Este capítulo apresenta, além das considerações metodológicas que norteiam a pesquisa, os resultados da primeira etapa da pesquisa de campo, que inclui, além da caracterização dos fornecedores nacionais do programa de satélite CBERS 3&4, algumas considerações sobre a estrutura da cadeia de fornecedores nacionais dos programas de satélites – aspectos mercadológicos e nível de capacitação. Ainda, o capítulo apresenta o resultado de pesquisa conduzida do lado do contratante com a finalidade de capturar sua percepção quanto a atributos considerados desejáveis para fornecedores do programa CBERS e ao grau de implementação, por parte das contratadas, das competências identificadas como necessárias, na época da contratação, para o desenvolvimento do objeto contratado.

6.1 Considerações metodológicas da pesquisa

A finalidade do Estudo de Caso desta pesquisa foi investigar a capacitação industrial gerada a partir das relações contratuais firmadas com empresas nacionais para desenvolvimento, fabricação e testes de subsistemas e equipamentos dos satélites CBERS 3&4, bem como a ocorrência de efeitos indiretos em outros produtos ou setores nos quais as empresas eventualmente atuem.

Para captura e quantificação desta capacitação industrial, esta pesquisa utilizou uma abordagem embasada em metodologia proposta pelo BETA (“*Bureau d’Economie Théorique et Appliquée*”), da Universidade de Strasbourg, na França, para mensuração de impactos econômicos decorrentes da implantação de programas tecnológicos (COHENDET, 1997).

A escolha da metodologia do BETA, dentre outras abordagens metodológicas com finalidades parecidas⁴⁷, fundamenta-se no fato de a mesma ter sido originada com foco na avaliação do programa espacial europeu, como um arquétipo de programas tecnológicos focados em produtos finais altamente específicos e bem predeterminados, como lançadores ou satélites (COHENDET, 1997). Em decorrência deste foco no setor espacial, a metodologia foi utilizada para avaliação de impactos econômicos de programas espaciais em diversos países, incluindo o Programa CBERS 1&2 conduzido pelo INPE, conforme citado na seção 2.4 desta tese. Ainda, esta metodologia foi utilizada em estudo para avaliação do aprendizado tecnológico resultante da política de compras do COMAER (Miranda, 2008), trabalho utilizado como referência para esta pesquisa.

A metodologia do BETA propõe, segundo Cohendet (1997), que os impactos que resultam de programas tecnológicos de larga escala, como é o caso dos Programas Espaciais, sejam classificados em “Impactos Sociais” e “Impactos Industriais”, cada um deles tendo seus efeitos diretos e indiretos, conforme Figura 6.1 a seguir.

⁴⁷ Avellar (2005) realizou uma análise entre metodologias de avaliação de políticas tecnológicas das seguintes instituições: NIST (*National Institute of Standards and Technology*), EUA; Departamento de Finanças, Canada; *Joint Research Center, European Commission*, Espanha; PREST (*Policy Research in Engineering, Science and Technology*) da Universidade de Manchester, na Inglaterra; e a Escola de Políticas Públicas do *Georgia Institute of Technology*, EUA. Ribeiro et al (2013) citam ainda estudo pioneiro realizado por Mansfield, em 1991 e abordagem do Escritório de Avaliação Tecnológica (*Office of Technology Assessment – OTA*), ligado ao Congresso dos Estados Unidos.

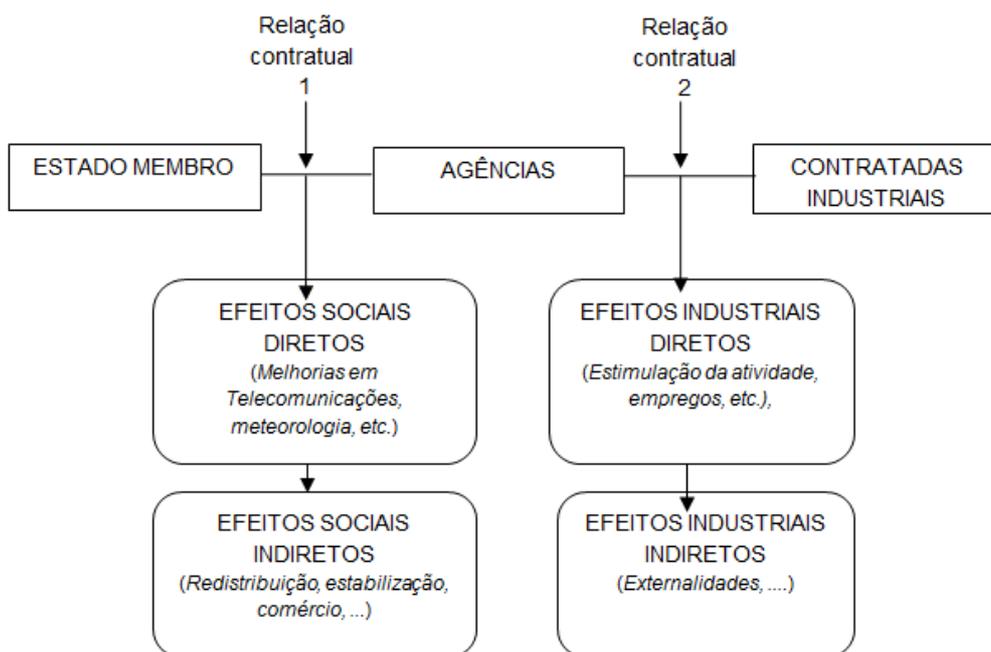


Figura 6.1 – Categorias de Impactos Econômicos de Programas Espaciais
Fonte: Cohendet (1997)

Segundo ele, os impactos sociais estão associados ao uso final do produto advindo do programa, como por exemplo, os serviços derivados de satélites meteorológicos e de telecomunicações, enquanto que os impactos industriais são aqueles que fluem das relações contratuais entre as agências espaciais e as partes contratadas (firmas e laboratórios) encarregadas do projeto, abrangendo a capacitação derivada de um programa e sua difusão através da economia.

Para desenvolvimento deste trabalho, foram considerados apenas os efeitos industriais, os quais, de acordo com Cohendet (1997), são classificados como diretos e indiretos conforme as seguintes definições:

- Efeitos Industriais Diretos – são aqueles resultantes diretamente dos contratos firmados entre a agência contratante e o grupo de contratados e derivam da formação e operação de uma infraestrutura industrial, principalmente por conta do estímulo da atividade;

- Efeitos Industriais Indiretos – são aqueles que o corpo de contratados adquire a partir de sua participação nos programas e que podem ser aplicados em outros setores nos quais também atuem, se refletindo fora do escopo do contrato e se difundindo pela economia como um todo. Correspondem aos efeitos em termos da criação de conhecimento, tecnologia, transferência de tecnologia, construção de novas competências, know-how, melhoria da qualidade, aquisição de novos processos, desenvolvimento de novos mercados, imagem da empresa, novos contratos, etc.

Destas categorias de análise dos resultados industriais diretos e indiretos foram extraídas as variáveis de análise desta pesquisa, conforme descrito a seguir.

6.1.1 Variáveis da pesquisa

Variáveis de análise de uma pesquisa, segundo Gerhardt e Silveira (2009), são “a presença e/ou ausência de um determinado fenômeno inserido em dada realidade. Essa constatação se dá para que o estudioso possa dissertar ou agir adequadamente sobre as características do fenômeno que o fato apresenta”. Assim, são dimensões observáveis e quantificáveis que o pesquisador seleciona para captura e mensuração do fenômeno que pretende investigar.

Nesta pesquisa, as variáveis para identificação e quantificação da capacitação industrial resultante das contratações dos projetos de satélites CBERS 3&4 foram extraídas a partir das categorias de análise dos efeitos industriais diretos e indiretos propostas pela Metodologia BETA, conforme Quadro 6.1 a seguir.

1. Efeitos Industriais Diretos:	
1.1 Criação e/ou ampliação de infraestrutura industrial (equipamentos, instalações prediais, salas-limpas, etc.) 1.2 Aumento no nível de produção 1.3 Criação de vagas de emprego	
2. Efeitos Industriais Indiretos:	
2.1 Efeitos Tecnológicos 2.1.1 Criação de novos produtos 2.1.2 Diversificação de produtos 2.1.3 Incremento em produtos existentes (qualidade, performance, etc.)	2.2 Efeitos Comerciais 2.2.1 Cooperação internacional 2.2.2 Cooperação com outras empresas nacionais 2.2.3 Transferência de Tecnologia (*) 2.2.4 Uso da participação no Programa Espacial como referência de marketing
2.3 Efeitos em Organizações e Métodos 2.3.1 Controle de qualidade 2.3.2 Gerenciamento de Projeto 2.3.3 Técnicas de produção	2.4 Efeitos relacionados ao Fator de Trabalho 2.4.1 Formação de uma massa crítica de especialistas 2.4.2 Incremento das habilidades da força de trabalho
2.2.3.1(*) Transferência de Tecnologia (dentro dos Efeitos Comerciais) 2.2.3.1.1 Transferência entre firmas, entre departamentos ou divisões 2.2.3.1.2 Criação de um novo departamento ou divisão dentro da firma 2.2.3.1.3 Criação de uma nova firma, como uma subsidiária, por exemplo 2.2.3.1.4 Transferência entre uma firma do setor espacial e uma firma de outro setor (licença, patente, etc.) 2.2.3.1.5 Criação de nova firma em conjunto com uma firma de outro setor (joint-venture) 2.2.3.1.6 Assistência técnica prestada pela firma do setor espacial no desenvolvimento de um produto por uma firma de outro setor	

Quadro 6.1 – Variáveis de análise da pesquisa

Fonte: baseado em Cohendet (1997).

Estas variáveis de análise foram utilizadas na elaboração dos questionários e estruturação de entrevistas da pesquisa de campo, conforme detalhamento contido em seção posterior e instrumentos, cujos exemplos constam dos **Anexos A e B** desta tese.

6.1.2 Escolha da amostra do Estudo de Caso

O Estudo de Caso realizado nesta pesquisa foi conduzido em amostra de empresas selecionadas do universo de contratos industriais nacionais firmados para fornecimento de subsistemas e equipamentos dos satélites CBERS 3&4.

Conforme descrito em capítulo anterior, o Acordo Internacional de Cooperação para desenvolvimento destes satélites previa a divisão de responsabilidades de 50% para a parte brasileira e 50% para a parte chinesa. Assim sendo, como os satélites possuíam 16 subsistemas, ficaram 8 subsistemas sob responsabilidade de cada país.

A relação de todos os subsistemas dos satélites CBERS 3&4 bem como aqueles que ficaram sob responsabilidade brasileira, destacados em negrito, constam da Tabela 6.1, a seguir.

Tabela 6.1 – Subsistemas dos Satélites CBERS 3&4 e divisão de responsabilidades Brasil-China.

Módulo	Subsistema	Responsabilidade
Módulo de Serviço	Estrutura	Brasil
	Controle Térmico	China
	Controle de Órbita e Atitude	China
	Suprimento de Energia	Brasil
	Cablagem	China
	Supervisão de Bordo	China
	Telecomunicações de Serviço	Brasil
Módulo de Carga Útil	Câmera PAN	China
	Câmera MUX	Brasil
	Câmera IRS	China
	Câmera WFI	Brasil
	Transmissor de Dados da PAN e da IRS	China
	Transmissor de Dados das câmeras MUX e WFI	Brasil
	Gravador Digital de Dados	Brasil
	Sistema de Coleta de Dados	Brasil
	Monitor de Ambiente Espacial	China

Fonte: Chagas Jr. et al. (2006)

Para desenvolvimento dos 8 subsistemas sob responsabilidade do Brasil, mais alguns equipamentos de subsistema chinês que ficaram a cargo do Brasil (AOCC e OBDH, do subsistema chinês de Controle de Órbita e Atitude), foram firmados 13 contratos junto à indústria nacional, conforme Tabela 6.2 a seguir, que já havia sido mencionada em capítulo anterior.

Tabela 6.2 – Contratos firmados com a indústria nacional – CBERS 3&4

Subsistema	Responsabilidade	Contratos firmados com a Indústria Espacial Brasileira
Estrutura	Brasil	1. Estrutura dos satélites
Controle de Órbita e Atitude	China	2. AOCC – Computador de Controle de Atitude e Órbita
Suprimento de Energia	Brasil	3. EPSS – Suprimento de Energia 4. Geradores Solares 5. Painel do Gerador Solar do CBERS-4
Controle Térmico	China	-
Cablagem	China	-
Supervisão de Bordo	China	2. OBDH – <i>On Board Data Handling Computer</i> (*) (*) mesmo contrato do AOCC
Gravador Digital de Dados	Brasil	6. DDR – <i>Digital Data Recorder</i>
Telecomunicações de Serviço	Brasil	7. TTCS – <i>Telecommand and Telemetry Control Subsystem</i> 8. Antena dos subsistemas DCS e TTCS
Câmera PAN	China	-
Câmera MUX	Brasil	9. Câmera MUX
Câmera IRS	China	-
Câmera WFI	Brasil	10. Câmera WFI
Transmissor de Dados da PAN e da IRS	China	-
Transmissor de Dados das câmeras MUX e WFI	Brasil	11. MWT – MUX e WFI Transmitter 12. Antena do subsistema MWT
Sistema de Coleta de Dados	Brasil	13. DCS – <i>Data Collection Subsystem</i>
Monitor de Ambiente Espacial	China	-

O Brasil ficou responsável por alguns equipamentos de subsistemas chineses para compensar o fornecimento, pela China, de alguns itens de subsistemas brasileiros, como baterias e células solares, por exemplo. Posteriormente, o AOCC passou a ser fornecido pela própria China, em função de alterações no subsistema chinês, ao longo do desenvolvimento do projeto.

A partir do universo de 13 contratos firmados com a indústria nacional para os satélites CBERS 3&4, a seleção da amostra foi feita segundo o critério de conteúdo inovativo em relação aos satélites anteriores da série CBERS.

A partir da definição deste critério, a escolha da amostra a ser pesquisada baseou-se em trabalho realizado por Santos et al. (2013) para classificação dos subsistemas dos satélites CBERS 3&4 em função dos níveis de maturidade tecnológica (TRL – “*Technology Readiness Level*”), na época da assinatura dos contratos, entre 2004 e 2005, conforme Tabela 6.3 a seguir.

Tabela 6.3 – Classificação dos contratos CBERS 3&4 por Maturidade Tecnológica

CONTRATO / OBJETO	TRL
Contrato 1 - Câmera MUX	2
Contrato 2 - Antenas DCS e TTCS	9
Contrato 3 - DCS	9
Contrato 4 - EPSS	9
Contrato 5 - TTCS	9
Contrato 6 - Câmera WFI	4
Contrato 7 - MWT	4
Contrato 8 - DDR	4
Contrato 9 - Antena MWT	9
Contrato 10 - OBDH	7
Contrato 11 - Gerador Solar	8
Contrato 12 - Estrutura do Gerador Solar	4
Contrato 13 - Estrutura dos Satélites	5

Fonte: Santos et al (2013)

O conceito de TRL (“*Technology Readiness Level*”) define níveis de maturidade tecnológica numa escala variando de 1 a 9, em que o nível 1 indica o mais baixo nível de prontidão tecnológica, quando os princípios básicos da tecnologia foram observados e reportados, e o nível 9, aquele em que a tecnologia foi testada com sucesso em missões operacionais (ECSS-E-ST-10 C). Assim sendo, trazendo o conceito de TRL para a classificação dos subsistemas dos satélites CBERS 3&4, tem-se que quanto menor a

classificação do subsistema em função de seu nível de maturidade tecnológica (TRL), mais esforço de desenvolvimento tecnológico precisa ser feito para desenvolvimento do subsistema.

Assim sendo, tomando como base este critério, porém levando em consideração as observações feitas a seguir, foram escolhidos 6 contratos e 8 empresas para serem pesquisados, indicados em azul na Tabela 6.4 a seguir.

Tabela 6.4 – Ordenação dos contratos CBERS 3&4 por TRL e escolha da amostra da pesquisa

CONTRATO / OBJETO	TRL	ORDEM	EMPRESAS CONTRATADAS
Contrato 1 - Câmera MUX	2	1	Opto Eletrônica
Contrato 2 - Antenas DCS e TTCS	9	-	Neuron
Contrato 3 - DCS	9	-	Consórcio: Omnisys e Neuron
Contrato 4 - EPSS	9	-	Aeroeletrônica
Contrato 5 - TTCS	9	-	Consórcio: Mectron, Neuron e Betatelecom
Contrato 6 - Câmera WFI	4	2	Consórcio: Opto e Equatorial
Contrato 7 - MWT	4	3	Consórcio Omnisys e Neuron
Contrato 8 - DDR	4	4	Mectron
Contrato 9 - Antena MWT	9	-	Consórcio: Omnisys e Neuron
Contrato 10 - OBDH	7	7	Omnisys
Contrato 11 - Gerador Solar	8	8	Orbital
Contrato 12 - Estrutura do Gerador Solar	4	5	Cenic
Contrato 13 - Estrutura dos Satélites	5	6	Consórcio: Cenic e Fibraforte

Fonte: baseado em Santos et al. (2013)

Observa-se, porém, que a escolha da amostra da pesquisa não aplicou diretamente a ordenação segundo a classificação proposta por Santos et al (2013), pelas seguintes razões:

- a) a empresa contratada para fabricar a Estrutura do Gerador Solar fez parte do consórcio contratado para desenvolver e fabricar a Estrutura principal dos satélites. Já que pela aplicação direta da classificação em função dos mais baixos TRL as duas empresas seriam pesquisadas, fez-se a opção de selecionar apenas o contrato da Estrutura, o que

permitiria identificar a capacitação industrial em dois fornecedores, simultaneamente;

- b) em função da escolha explicada no item acima, o próximo contrato a ser pesquisado seria o OBDH. Este produto, no entanto, não consiste em um subsistema completo, como os demais, mas em um equipamento de subsistema chinês, sendo, portanto, fortemente baseado em projeto chinês. Ainda, a empresa contratada para desenvolvê-lo para os CBERS 3&4 já havia atuado na fabricação dos itens principais que compõem este equipamento para os CBERS 1&2 e 2B: as RTUs (*Remote Terminal Units*) e CTUs (*Central Terminal Units*). Finalmente, esta empresa foi pesquisada em razão de haver desenvolvido o subsistema MWT. Assim sendo, optou-se por priorizar a pesquisa do próximo contrato na sequência de ordenação por critério inovativo: o Gerador Solar, o que permitiria, ainda, capturar a capacitação industrial em mais um fornecedor.

A respeito do subsistema Gerador Solar, cabe mencionar que sua classificação como TRL 8 talvez não tenha levado em consideração alguns aspectos que diferenciam sensivelmente o trabalho feito entre as gerações de satélites CBERS anteriores e atual. Nos satélites CBERS 1&2, a China forneceu as células solares e baterias e o INPE contratou da Alemanha a fabricação dos SCAs (*Sollar Cell Assembly* – cobertura de *coverglass* e montagem das células em faixas, com interconectores) e módulos, para que a Digicon fizesse a montagem no painel (atividade chamada *laydown*).

Nos CBERS 2B e 3&4, a China forneceu as células nuas e o vidro de proteção (*coverglass*), ficando a cargo do Brasil a compra das folhas de prata para fabricação dos interconectores por corte químico e fabricação dos SCAs (colagem do vidro de proteção na célula nua e soldagem dos interconectores sobre estes dispositivos). Em seguida, foi feita também a junção dos SCAs em módulos seriados para formar as faixas com as quais se fez a montagem

("laydown") na estrutura do painel. Além disso, as células solares dos CBERS 1&2 e 2B foram de silício enquanto as do CBERS 3&4 eram de Tripla Junção, tecnologia bem mais moderna e complexa de manusear. Esta diferença de tecnologia também gerou a necessidade de reprojeto. Portanto, houve uma capacitação tecnológica significativa no subsistema da parte elétrica do Gerador Solar, justificando, pois, sua escolha.

Finalmente, do ponto de vista da representatividade da amostra escolhida, tem-se que a mesma representou 46% do número de contratações firmadas para desenvolvimento de equipamentos ou subsistemas para os satélites CBERS 3&4, e que, em termos de investimentos financeiros, os 6 contratos pesquisados totalizam cerca de R\$ 295 milhões, em valores atualizados para 2013, representando cerca de 80% do volume total de recursos investidos em contratos firmados com a indústria nacional para o desenvolvimento destes satélites (cerca de R\$ 376 milhões, em valores também atualizados).

6.1.3 Instrumentos de pesquisa

O primeiro passo para início da pesquisa de campo foi a identificação das competências (nos instrumentos de coleta de dados da pesquisa de campo denominados como requisitos), avaliadas como necessárias para a consecução do objeto contratado, para cada um dos subsistemas pesquisados. Estas competências foram extraídas de documentação contratual relacionada a uma das primeiras etapas previstas no cronograma físico financeiro de execução contratual: a MDR (*Management Design Review*). Os ciclos de vida de projetos espaciais geralmente não contemplam uma revisão de caráter gerencial como o INPE considera. O termo MDR, que o INPE propõe em seus contratos como revisão de avaliação das condições gerais de exequibilidade do objeto contratado, é referenciado nos padrões NASA e ECSS como "*Mission Definition Review*".

Esta é, portanto, uma etapa de projeto específica, elaborada particularmente pelo INPE, que prevê a entrega, por parte da contratada, de relatórios

detalhando as competências necessárias para o desenvolvimento do subsistema contratado para cada uma das seguintes categorias: Plano de Recursos Humanos, Plano de Infraestrutura, Plano de Gerenciamento e Plano de Exequibilidade (tecnológica). A lista completa das competências identificadas na pesquisa documental relacionada à fase MDR encontra-se disponível no **Anexo C**.

Esta forma de estruturação da documentação da MDR coincide com a categorização de benefícios industriais proposta pela metodologia BETA, o que facilitou em muito o agrupamento e tratamento das competências de acordo com as variáveis de análise desta pesquisa.

Uma vez que as competências variavam entre os diferentes subsistemas, os questionários foram elaborados especificamente para cada subsistema, conforme esquema ilustrado na Figura 6.2 a seguir.

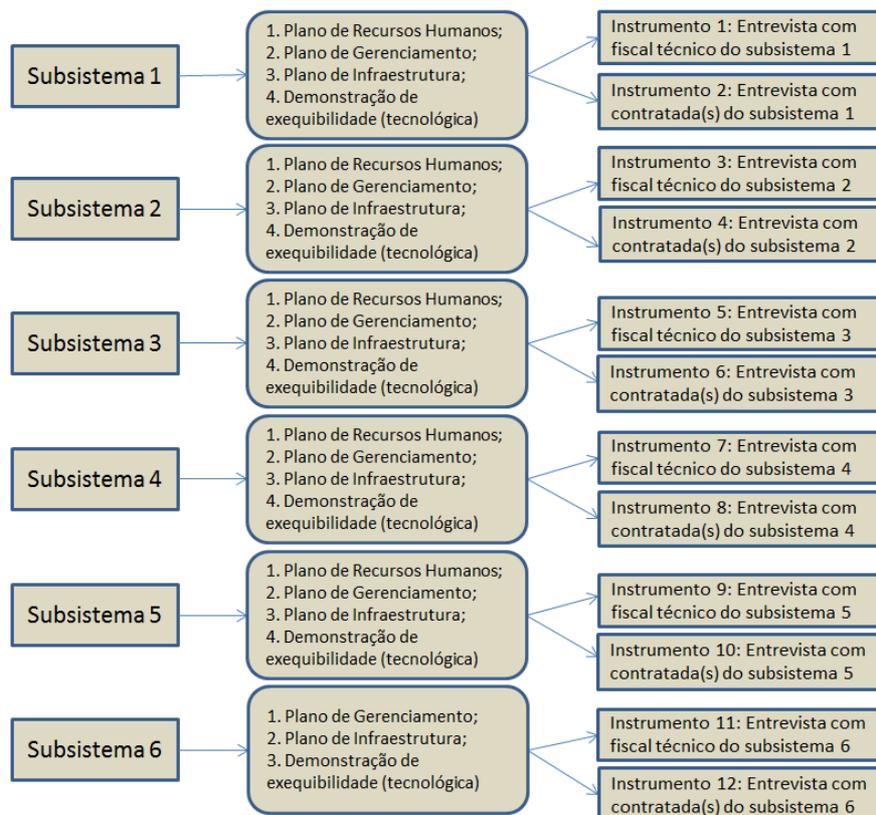


Figura 6.2 – Esquematização da pesquisa documental para elaboração dos questionários da pesquisa de campo

As entrevistas estruturadas realizadas do lado do contratante foram feitas com os servidores designados para fiscalizar e acompanhar tecnicamente o desenvolvimento de cada subsistema. A pesquisa nesta etapa tinha como objetivo capturar a percepção do contratante quanto ao perfil das contratadas, com relação a diversos atributos desejáveis e avaliar, também sob a perspectiva do contratante, o grau de implementação das competências definidas à época da MDR como necessárias para que a empresa conseguisse realizar o objeto contratado (conforme **Anexo C**).

Um exemplo de um dos questionários aplicados com os fiscais técnicos consta do **Anexo A** desta tese.

As entrevistas estruturadas realizadas do lado das empresas contratadas foram realizadas junto aos dirigentes das empresas que atuaram como responsáveis técnicos pelos contratos, e, portanto, possuíam autoridade suficiente para responder por todas as questões que lhes foram feitas. Estes questionários foram aplicados com duas finalidades: caracterizar a empresa, sob diversos aspectos, como tamanho, perfil quanto à P&D, etc. e capturar os benefícios industriais diretos e indiretos resultantes da contratação para desenvolvimento do subsistema dos satélites CBES 3&4. Um exemplo de um dos questionários aplicados com as empresas encontra-se no **Anexo B** desta tese.

Os questionários, estruturados, porém semiabertos, a fim de possibilitar a captura de informações ou detalhes específicos que poderiam passar despercebidos em caso de rigidez do instrumento, foram elaborados com inspiração na Pesquisa PINTEC 2008, (IBGE, 2010), e em pesquisas realizadas por Silva (2009) e Mattos (2005).

6.1.4 Diretrizes e contornos metodológicos

Hertzfeld (1992) e Avellar (2005) fizeram observações a respeito das dificuldades em avaliar os retornos dos investimentos governamentais em programas tecnológicos e consideraram que parte desta dificuldade está no fato

de que a geração da inovação é um processo dinâmico, envolvendo relações de curto e de longo prazo, relacionado não apenas com a geração de novos produtos, mas com a criação de um ambiente institucional adequado à inovação e com a geração de novas capacidades e de aprendizado pelos agentes econômicos.

Assim sendo, embora a identificação dos benefícios industriais tenha sido feita da forma mais exaustiva possível, muitos dos efeitos podem não ter sido avaliados, por várias razões, dentre as quais confidencialidade, impossibilidade metodológica, humana ou material. Por esta razão, esta Tese propõe a avaliação dos “resultados mínimos” derivados dos efeitos industriais da política de compras do Programa de Satélites CBERS 3&4, característica comum aos estudos baseados na metodologia BETA.

A metodologia BETA não foi aplicada de modo completo, mas parcialmente, porque não foi objetivo desta pesquisa calcular os impactos econômicos resultantes dos investimentos realizados no programa CBERS 3&4. Como o foco central do estudo esteve na identificação e avaliação da capacitação industrial gerada a partir da política de contratações relativas ao programa, optou-se por medir a capacitação a partir de uma relação de competências necessárias para o desenvolvimento destes satélites, seguida por uma avaliação da aplicabilidade destas competências para outras atividades de outros setores, nos quais os fornecedores dos CBERS 3&4 também atuam.

Ainda, a avaliação se limita à identificação dos efeitos industriais gerados nos fornecedores contratados pelo INPE para desenvolvimento e fornecimento de subsistemas dos satélites CBERS 3&4, não tendo atingido eventuais fornecedores qualificados por estes e que, por sua vez, tenham obtido resultados industriais expressivos em decorrência disto. Assim, foram capturados somente os fenômenos de “criação de riqueza” que surgem inicialmente nas organizações contratadas, e não os efeitos de longo-prazo gerados na economia como um todo.

Embora a tese descreva as diferentes estratégias de contratação adotadas

para cada programa de satélites conduzidos pelo INPE, não foi objetivo da investigação fazer cruzamento dos resultados para comparação entre estas estratégias. Da mesma forma, o resultado não será extrapolado e ficará restrito ao desenvolvimento dos satélites CBERS 3&4, em razão da diferença entre estratégias industriais empregadas nos diversos projetos de satélites do INPE.

6.2 Caracterização dos fornecedores nacionais de Subsistemas e Equipamentos para os satélites CBERS 3&4

Conforme descrito anteriormente, o Estudo de Caso da presente pesquisa foi conduzido com 6 contratos firmados entre o INPE e 8 empresas nacionais, conforme Figura 6.3 a seguir.

CONTRATO / SUBSISTEMA	EMPRESAS CONTRATADAS
Câmera MUX	Opto Eletrônica
Câmera WFI	Consórcio Opto e Equatorial
MWT - Transmissor de dados das Câmeras MUX e WFI	Consórcio Omnisys e Neuron
DDR - Gravador Digital de Dados	Mectron
Gerador Solar	Orbital
Estrutura dos Satélites	Consórcio Cenic e Fibraforte

Figura 6.3 – Contratos e empresas pesquisados no Estudo de Caso

O objetivo desta seção é apresentar os resultados identificados na primeira etapa da pesquisa de campo, que visava caracterizar os fornecedores contratados pelo INPE para desenvolvimento e fornecimento de subsistemas dos satélites CBERS 3&4.

Dois dentre os 10 fornecedores que firmaram contrato com o INPE não foram pesquisados, por inacessibilidade. No entanto, como algumas informações questionadas nesta primeira etapa da pesquisa estavam acessíveis através do sítio eletrônico das empresas, procurou-se complementar, desta forma, tanto quanto possível, as informações coletadas diretamente junto aos fornecedores, de modo a que a caracterização contida nesta seção represente o universo de empresas nacionais contratadas para fornecer subsistemas e equipamentos para os CBERS 3&4, composto por 10 empresas.

As questões elaboradas com finalidade de caracterização das empresas foram elaboradas com inspiração no questionário PINTEC 2008⁴⁸ – Pesquisa de Inovação Tecnológica – conduzida pelo IBGE com o objetivo de conhecer as atividades tecnológicas da indústria e dos serviços de telecomunicações, informática e pesquisa e desenvolvimento brasileiros.

De modo geral, a caracterização pretendida visava identificar os seguintes aspectos em relação à cadeia nacional de fornecimento dos satélites CBERS 3&4: tempo de fundação; origem (nacionalidade) do capital controlador da empresa; número de funcionários; situação da empresa e mudança estrutural ocorrida nos últimos anos (se em atividade, se extinta por falência, fusão, cisão ou incorporação, por exemplo) ; classificação industrial setorial da empresa, de sua cadeia de fornecedores e clientes; produtos (bens ou serviços) mais importantes em termos de faturamento; perfil quanto à exportação e a atividades de P&D.

a) Localização geográfica

Quanto à localização geográfica, 90% dos fornecedores contratados pelo INPE para desenvolvimento e fornecimento de subsistemas dos satélites CBERS 3&4 estão situados no Estado de São Paulo, sendo 70% na cidade de São José dos Campos e os demais, a uma distância inferior aos 320km referenciados pelo Porter (1999) na definição de “*clusters*”, conforme descrito na seção 4.4 desta Tese. A única empresa situada além deste limite geográfico está localizada em Porto Alegre - RS, conforme indica a Figura 6.4 a seguir.

⁴⁸ Disponível em <http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/PUBLICACAO/Publicacao%20PINTEC%202008.pdf>, acesso em 12/09/13, às 15h50.

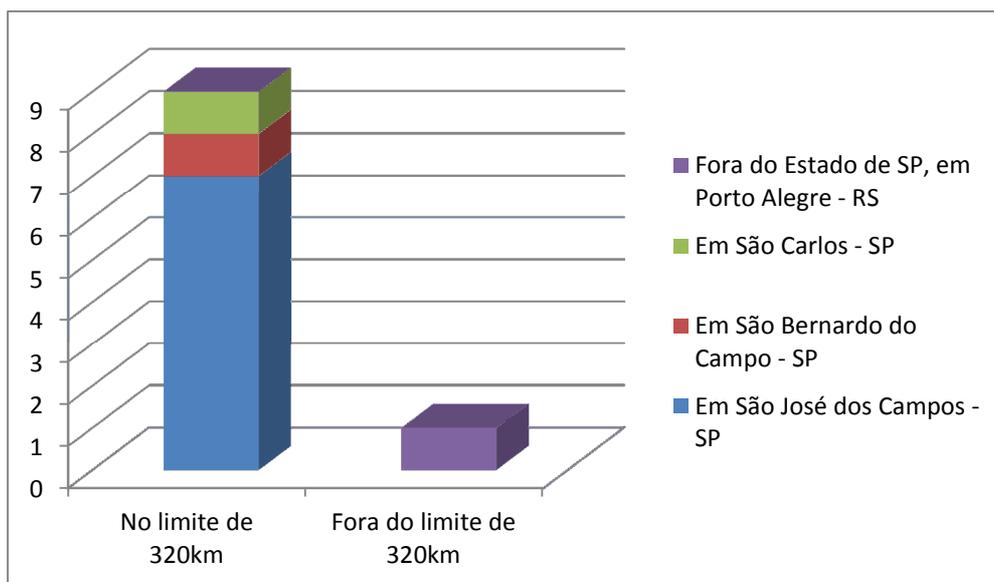


Figura 6.4 – Localização geográfica dos fornecedores nacionais dos CBERS 3&4

Esta concentração geográfica da cadeia de fornecimento na região leste do Estado de São Paulo, onde está ainda o principal cliente destas atividades (o INPE) e onde existe uma presença forte de cadeias industriais que produzem bens complementares, compartilham recursos e utilizam tecnologias similares (aeronáutica, defesa, armamentos, telecomunicações, etc.), potencializa as oportunidades de ocorrência de efeitos industriais indiretos em decorrência dos investimentos no setor espacial.

Também a compreensão e exploração destas atividades econômicas como um “*cluster*” poderia aumentar a eficiência da alocação de recursos nos setores, evitando desperdícios, redundâncias e minimizando os efeitos do baixo volume e inconstância dos investimentos no setor espacial, já anteriormente mencionado.

b) Tempo de fundação

A Tabela 6.5 a seguir apresenta a caracterização dos fornecedores contratados pelo INPE para desenvolvimento e fornecimento de subsistemas dos satélites CBERS 3&4 em relação ao tempo de fundação das empresas.

Tabela 6.5 – Tempo de fundação dos fornecedores nacionais do CBERS 3&4

TEMPO DE FUNDAÇÃO	NÚMERO DE EMPRESAS	INCIDÊNCIA
DE 0 A 9 ANOS	0	0%
DE 10 A 15 ANOS	1	10%
DE 16 A 20 ANOS	6	60%
DE 21 A 25 ANOS	2	20%
DE 26 ANOS ACIMA	1	10%

A empresa mais antiga foi fundada em 1985, como “*spin-off*” de desenvolvimento tecnológico em uma universidade, enquanto a maioria é “*spin-off*” do próprio setor espacial, já que 60% das empresas contratadas foram constituídas nos anos 1990 por ex-funcionários do INPE que se capacitaram durante as atividades da MECB. Também a empresa mais nova, fundada em 2001, é formada por ex-funcionário do INPE.

c) Número de funcionários e porte das empresas

Para análise de porte de empresas em função do número de pessoas ocupadas assalariadas, o IBGE estabelece o seguinte critério: empresas com até 9 pessoas ocupadas assalariadas são classificadas como microempresas; entre 10 e 49 pessoas, classificam-se como empresas de pequeno porte; entre 50 e 249 pessoas, empresas médias; acima de 250 pessoas, são as grandes empresas (IBGE, 2008).

No caso dos fornecedores contratados pelo INPE para desenvolvimento e fornecimento de subsistemas dos satélites CBERS 3&4, segundo a definição adotada pelo IBGE e até a época da coleta de dados, tem-se que 50% das empresas são de pequeno porte, 20% são de médio porte, 20%, de grande porte e uma empresa se enquadra como microempresa, conforme ilustrado na Figura 6.5 abaixo.

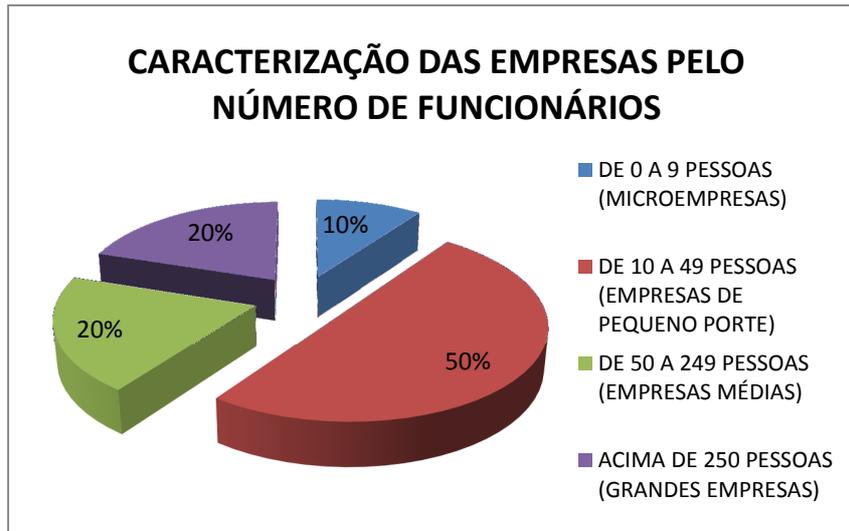


Figura 6.5 – Distribuição das empresas nacionais contratadas para desenvolver subsistemas ou equipamentos do CBERS 3&4 em função do porte/número de funcionários

Outra característica interessante de ser destacada no perfil destas empresas é a grande incidência de funcionários com formação em engenharia e profissionais atuando na qualidade e garantia do produto, conforme Figura 6.6.

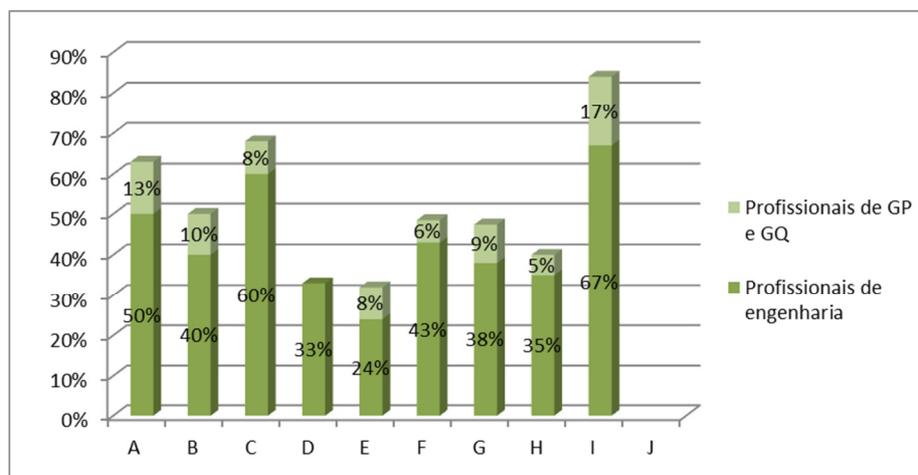


Figura 6.6 – Proporção de funcionários de engenharia e de Garantia da Qualidade e do Produto

Em uma das empresas, denominada na Figura 6.8 como “J”, não foi possível obter estas informações, razão pela qual está em branco. Em outra empresa, a “D”, só foi possível conhecer o número total de funcionários da empresa e a

quantidade de profissionais de engenharia, razão pela qual não consta informação sobre os profissionais de GP e GQ.

Outra particularidade a ser destacada a respeito da presença destes engenheiros nas empresas pesquisadas é que a grande maioria atua no desenvolvimento de produto, com conteúdo tecnológico mais rico que o campo de ação tradicional da engenharia no Brasil, geralmente dividido entre o domínio e controle das atividades produtivas, mais próximos do “chão de fábrica”, e atividades gerenciais ligadas à organização, adaptação e implementação de tecnologias (MAZZONI et al., 2013).

Esta característica bastante positiva demonstra que estes são fornecedores focados em desenvolvimento tecnológico, com cultura de qualidade e garantia do produto, atributos especialmente importantes para se lidar com produtos de alta intensidade tecnológica e gerar inovação de alto valor agregado, exatamente o perfil de empresa que o país precisa fomentar.

d) Origem (nacionalidade) do capital controlador da empresa

Das 10 empresas que atuaram no fornecimento de subsistemas ou equipamentos para os CBERS 3&4, tem-se, à época da coleta de dados, que 70% possui capital controlador 100% nacional, enquanto em 30% o capital controlador é predominante ou quase que integralmente estrangeiro. Das três empresas nesta condição, a entrada de capital estrangeiro aconteceu, respectivamente, em 2001, 2005 e 2006. Nesta época, no entanto, o percentual de participação do capital nacional oscilava entre 75%, 58% e 49%. Nos dois últimos casos, o capital estrangeiro passou a representar, entre 2010 e 2011, quase que a totalidade do capital destas empresas. A Figura 6.7 a seguir, ilustra a situação identificada na pesquisa.

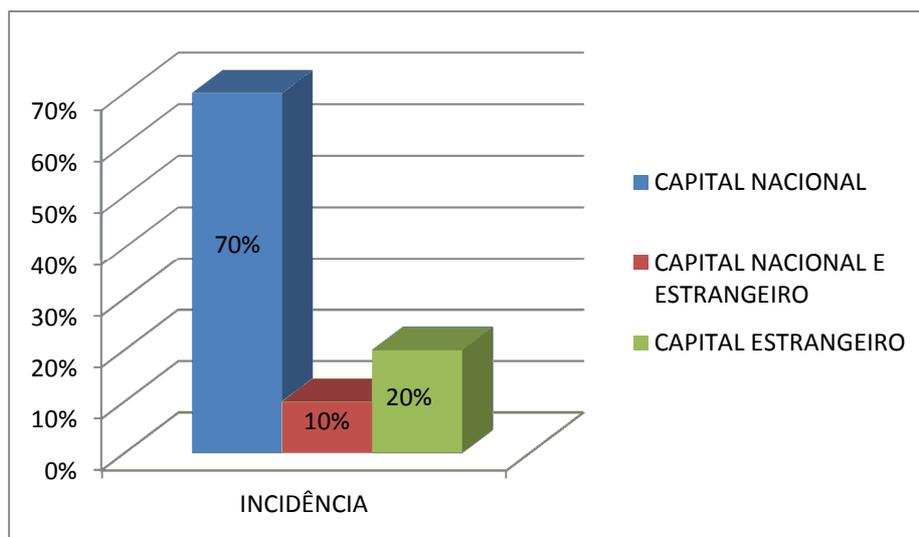


Figura 6.7 – Origem do capital controlador das empresas fornecedoras do CBERS 3&4

Já foi dito anteriormente que as empresas que atuam nos projetos de satélite do INPE são basicamente empresas de pequeno e médio porte, com alto grau de dependência financeira em relação aos projetos espaciais nos quais atuam. Da mesma forma, já foram mencionadas a escassez e inconstância de investimentos nestas atividades e o contexto legal desfavorável à implementação de ajustes contratuais para compartilhamento de riscos de prazos e custos do desenvolvimento tecnológico associado a estas atividades.

As dificuldades tecnológicas enfrentadas no processo de desenvolvimento e/ou fornecimento impedem o cumprimento dos eventos contratuais da forma como foram inicialmente planejados e modificam o fluxo de recebimento das empresas, que sendo, na maioria, de pequeno e médio porte, e tendo faturamento fortemente dependente destes projetos, passam por grandes dificuldades financeiras durante a execução de suas obrigações contratuais.

Em paralelo a este ambiente aparentemente desfavorável, tem-se uma capacitação industrial em construção, com perspectiva de exploração comercial dos produtos desenvolvidos tão logo qualificados em voo. Esta perspectiva já poderia estar se verificando, caso o lançamento do CBERS tivesse sido bem sucedido. No entanto, os outros dois próximos satélites do INPE tem data

relativamente próxima de lançamento: 2014 para o CBERS 4 e 2015 para o Amazonia-1.

Esta perspectiva, aliada à promessa de crescimento no nível de investimentos governamentais no setor anunciada no último Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) e Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE), do Ministério da Defesa, vem chamando a atenção para o Brasil de empresas estrangeiras atuantes no setor.

Assim, observa-se com certa preocupação o crescimento da participação de capital estrangeiro nas empresas do setor, que vem sendo adquiridas total ou parcialmente por empresas estrangeiras que já atuam fortemente no mercado espacial internacional.

Este fenômeno já ocorreu em pelo menos 3 das 10 empresas fornecedoras de subsistemas e equipamentos para os CBERS 3&4, bem como uma empresa qualificada em projeto de P&D desenvolvido no INPE para fornecer objetivas para sistemas ópticos, que foi adquirida por uma empresa francesa. Uma das empresas que na época da coleta de dados desta pesquisa possuía capital 100% nacional estava passando por um processo de captação de recursos, iniciando um processo de abertura de seu capital, com grandes chances de ser adquirida, total ou parcialmente, por empresas estrangeira.

Legislação criada recentemente para estabelecer normas especiais para compras, contratações e desenvolvimento de produtos e de sistemas de defesa (Lei nº 12.598, de 22/03/2012) definiu, dentre outros itens, Produto Estratégico de Defesa (PED) e Empresa Estratégica de Defesa (EED). Nesta legislação, ficam expressas as seguintes preocupações: que somente as EEDs possam participar de licitações relativas aos PEDs, que as EEDs sejam sediadas no país, que disponham no país de competência científica e tecnológica, que acionistas estrangeiros não disponham de poder de voto superior a 2/3 do exercido pelos acionistas brasileiros, que seja assegurada a continuidade produtiva no Brasil.

Considerando-se a importância estratégica do setor espacial, e a grande oportunidade de aproveitamento dos conhecimentos e tecnologias das atividades espaciais para as atividades de defesa, propõe-se uma reflexão sobre a pertinência e a oportunidade de que também os produtos espaciais e empresas atuando no setor mereçam as mesmas preocupações e tratamento, a exemplo do que acontece em muitos outros países, a fim de que sejam asseguradas a manutenção das capacitações internas e soberania e independência nestas atividades.

e) Classificação industrial setorial da empresa e de sua própria cadeia de fornecedores e clientes

O entendimento a respeito da classificação industrial setorial é relevante para análise da cadeia de fornecedores do programa CBERS 3&4 e das potencialidades de extravasamentos da capacitação industrial adquirida neste projeto em relação às cadeias industriais verticais à montante (fornecedores) e cadeias industriais verticais à jusante (clientes) relacionadas aos fornecedores do programa.

A classificação que consta na Tabela 6.6 a seguir foi obtida a partir de entrevistas com os dirigentes das empresas contratadas, que foram questionadas sobre as características da própria empresa, de seus fornecedores nacionais e de seus clientes.

A Tabela foi elaborada com base no detalhamento de atividades por setor industrial extraído da Prodlist-Indústria-2010 (IBGE, 2010) e na classificação por intensidade tecnologia proposta por Furtado e Carvalho (2005).

Tabela 6.6 – Classificação industrial setorial da cadeia de fornecimento do CBERS 3&4, por intensidade tecnológica

Setores Industriais				
Intensidade Tecnológica	Indústria	Fornecedores do CBERS 3&4	Fornecedores dos fornecedores	Clientes dos fornecedores
Baixa Intensidade	Alimentos, bebidas e fumo			
	Têxtil, confecção e calçados			
	Madeira, papel, celulose, edição e gráfica			
	Minerais não-metálicos, metalurgia básica, produtos metálicos, móveis e diversos (Ex.: produção de ferroligas; metalurgia; fabricação de estruturas metálicas; usinagem, solda, etc.)		Fornece para 50% dos fornecedores	
Média-baixa Intensidade	Refino e Outros (Ex.: refino e derivado de petróleo, álcool e biocombustíveis)			Cliente de 10% dos fornecedores
	Química, Borracha e Plástico (Ex.: produtos químicos orgânicos e inorgânicos, hidrazina; resinas; tintas, vernizes; explosivos; catalisadores; etc.)		Fornece para 20% dos fornecedores	
	Farmacêutica			
Média-alta Intensidade	Informática (componentes eletrônicos, circuito impresso, computadores, máquinas automotivas; periféricos)		Fornece para 30% dos fornecedores	
	Máquinas e Equipamentos (Ex.: fabricação de motores e turbinas, exceto para aviões e veículos rodoviários; equipamentos hidráulicos e pneumáticos, exceto válvulas; transporte e elevação de cargas e pessoas; refrigeração e ventilação; máquinas-ferramentas)		Fornece para 20% dos fornecedores	
	Instrumentos (Ex.: aparelhos eletromédicos; aparelhos, equipamentos e instrumentos de medida, teste e controle; instrumentos para uso médico, odontológico e de artigos ópticos)	20% dos fornecedores	Fornece para 30% dos fornecedores	Cliente de 10% dos fornecedores
	Veículos Automotores			
Alta Intensidade	Material e Máquinas elétricas (Ex.: Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos; baterias e acumuladores; aparelhos e equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica; fios, cabos e condutores elétricos isolados; aquecedores solares; geração, transmissão e distribuição de energia elétrica)	20% dos fornecedores		
	Eletrônica (Ex.: aparelhos eletromédicos; equipamentos transmissores de comunicação; antenas; interfones, telefones, amplificadores, receptores; óptica fina)	50% dos fornecedores		Cliente de 20% dos fornecedores
	Outro Material de Transporte (Ex.: embarcações e estruturas flutuantes, plataformas; aeronaves; turbinas, motores, peças para aeronaves; veículos militares de combate; sistemas de propulsão)	60% dos fornecedores		Cliente de 100% dos fornecedores

Além de suas atividades industriais, os fornecedores do CBERS atuam fortemente no setor de serviços, realizando atividades como: projetos estruturais para matriz de telescópios; projetos e análises estruturais para componentes de aeronaves; projetos de sistemas e componentes aeronáuticos e espaciais para outros países (sobretudo as empresas que pertencem atualmente a grandes grupos empresariais internacionais do setor

aeroespacial, mas também uma das empresas que firmou parceria internacional em decorrência do CBERS 3&4); instalação e manutenção de radares em aeroportos; instalação de equipamentos de monitoramento ambiental e adaptação às necessidades específicas dos clientes.

Da mesma forma, os fornecedores do CBERS 3&4 também possuem em sua lista de clientes os setores de serviço (clínicas médicas e hospitais), comércio (oftalmologia de consumo) e grupos de pesquisa.

A Tabela 6.6 indica ainda uma significativa concentração da classificação industrial setorial dos fornecedores do CBERS 3&4 bem como de seus fornecedores e clientes nos setores industriais classificados como de média-alta e alta intensidade tecnológica. Mesmo os insumos ou serviços que os fornecedores do CBERS 3&4 adquirem de setores comumente associados a baixa e média-baixa intensidades tecnológicas – resina, usinagem e soldagem – possuem características especiais, exigindo refinamento, precisão e rigoroso controle de processos. Desta forma, poder-se-ia justificar um enquadramento destas atividades como sendo de intensidade tecnológica superior ao tradicionalmente considerado.

Em decorrência desta exigência, foram qualificados diversos fornecedores dos fornecedores dos CBERS 3&4, como, por exemplo: fabricantes de placas de circuito impresso, fornecedor para fabricação de parafusos de titânio, serviços de soldagem e usinagem, serviços de tratamento superficial (pintura, anodização e alodinação). Estes fornecedores qualificados estão disponíveis no mercado para oferecer seus produtos e serviços com qualidade superior para outros segmentos industriais também associados a atividades de intensidade tecnológica elevada.

A maior parte dos insumos para o desenvolvimento dos subsistemas e equipamentos para os satélites CBERS 3&4, como: alumínio para estruturas espaciais, fibra de carbono, componentes eletrônicos com qualificação espacial, vidros especiais para sistemas ópticos espaciais, dentre outros, não

estão disponíveis no mercado interno brasileiro, precisando ser adquiridos no exterior.

A Figura 6.8 a seguir ilustra as cadeias de fornecimento e de clientes dos fornecedores nacionais dos satélites CBERS 3&4.

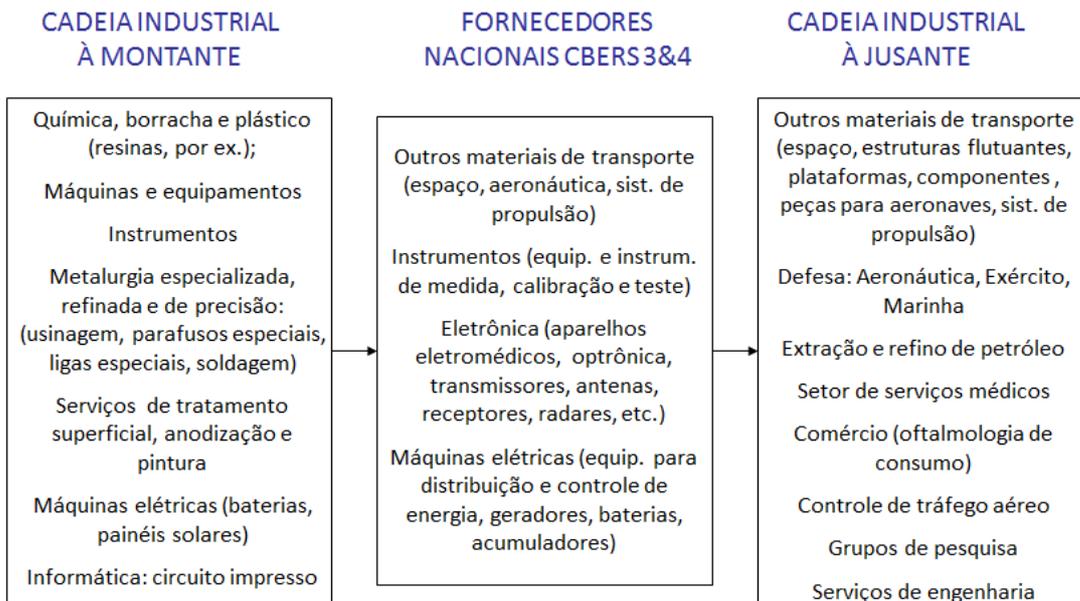


Figura 6.8: Classificação industrial setorial dos fornecedores dos CBERS 3&4 e de seus próprios fornecedores e clientes, segundo nomenclatura de “clusters”

f) Perfil quanto à exportação

Os resultados em relação ao perfil quanto à exportação são referentes às oito empresas pesquisadas. Dentre estas empresas, 62,5% exportam atualmente algum tipo de produto ou serviço, sendo que 50% estão na faixa de exportação anual entre US\$ 1 milhão e US\$ 10 milhões e uma delas, na faixa até US\$ 1 milhão, conforme Figura 6.9 a seguir. A Tabela 6.7 descreve os principais produtos exportados, bem como os segmentos a que pertencem e países destino.

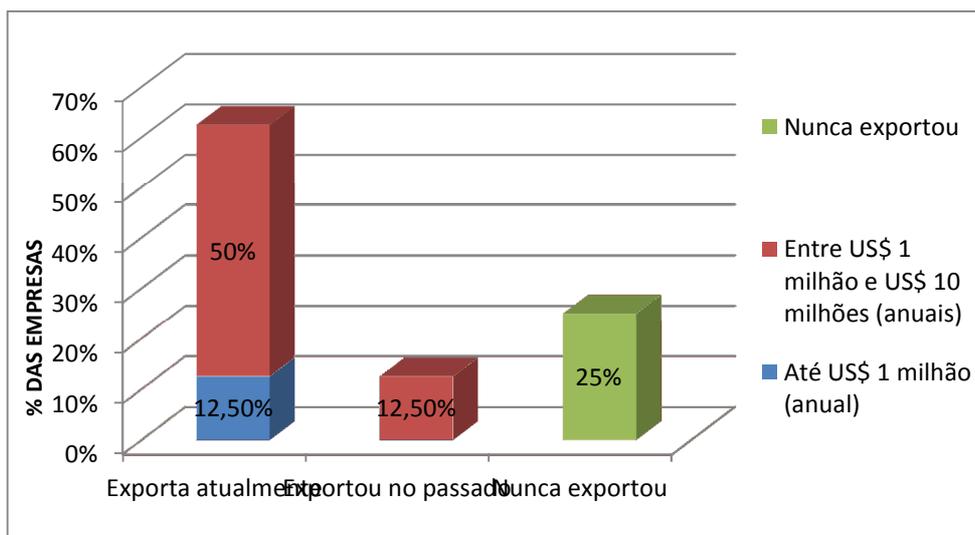


Figura 6.9 – Perfil dos fornecedores nacionais dos CBERS 3&4 quanto à exportação

Tabela 6.7 – Perfil dos produtos exportados pelos fornecedores dos CBERS 3&4

BENS OU SERVIÇOS EXPORTADOS	SEGMENTO	PAÍSES DESTINO
Armamentos inteligentes	Defesa	Paquistão
Laser para cirurgia e luz para cadeira de dentista	Aparelhos eletromédicos	Europa, EUA e Ásia
Serviço de engenharia com protótipo	Desenvolvimento de sistema aviônico para aeronaves	Espanha
Radares Banda L e Banda S	Controle de tráfego aéreo	França, Cingapura, China, Colômbia
Serviço de modernização de radares de trajetografia	Controle de tráfego aéreo	França
Instalação de radares	Controle de tráfego aéreo	México
Projeto e análise estrutural para aeronáutica	Aeronáutica	Japão
Projeto de componentes passivos para satélites geoestacionários	Espaço	Canadá
Projeto e fabricação de componentes fotovoltaicos	Espaço	Inglaterra

Das três empresas que não exportam atualmente, uma já teve uma experiência de exportação de projetos aeronáuticos de aeronaves para empresa japonesa no período entre 2001 a 2004. A empresa cliente destes serviços criou estrutura local para realizar este serviço, interrompendo, portanto, a contratação.

Dentre as duas empresas que nunca tiveram experiência de exportação, uma delas participou de licitação para fornecer painéis solares para a Turquia em parceria com outro fornecedor nacional dos CBERS 3&4, tendo encontrado dificuldades na competição em função da falta de qualificação em voo do produto ofertado.

g) Perfil quanto a atividades de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D)

Das oito empresas pesquisadas, apenas três possuem departamento de P&D formalmente estabelecido. Todas as outras empresas, porém, afirmaram realizar prioritariamente este tipo de atividade.

De fato, a pesquisa realizada identificou, nas empresas consultadas, um alto nível declarado de investimentos em P&D no ano de 2011, conforme indicado na Tabela 6.8 e ilustrado na Figura 6.10 a seguir. Uma das empresas declarou os valores praticados em 2012 e outra, indicada como “H”, não informou os valores investidos.

Tabela 6.8 – Investimentos em P&D em relação ao faturamento

Empresas	Investimento Total	Investimento próprio	Investimento Público
A	20%	7%	13%
B	40%	10%	30%
C	20%	5%	15%
D	22%	10%	12%
E	15%	6%	9%
F	5%	0,05%	2%
G	20%	2%	18%
H			
Média	20%	6%	14%

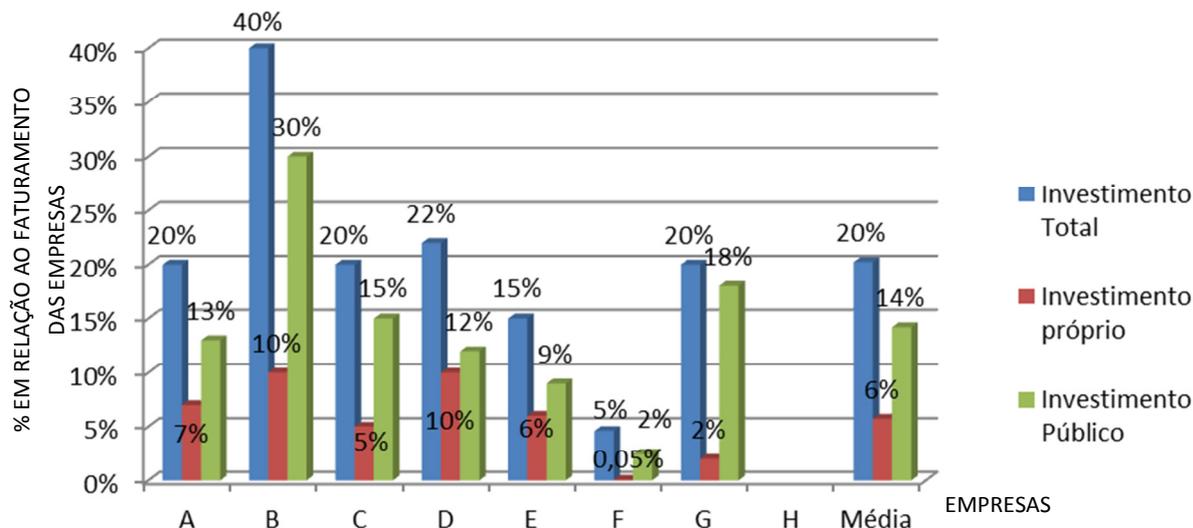


Figura 6.10 – Perfil dos fornecedores quanto aos investimentos em P&D

Para análise dos investimentos praticados em atividades de P&D pelos fornecedores nacionais do Programa CBERS 3&4, foram tomados como referência os resultados apurados na pesquisa PINTEC do IBGE nos anos 2005 e 2008, conforme Figura 6.13 abaixo.

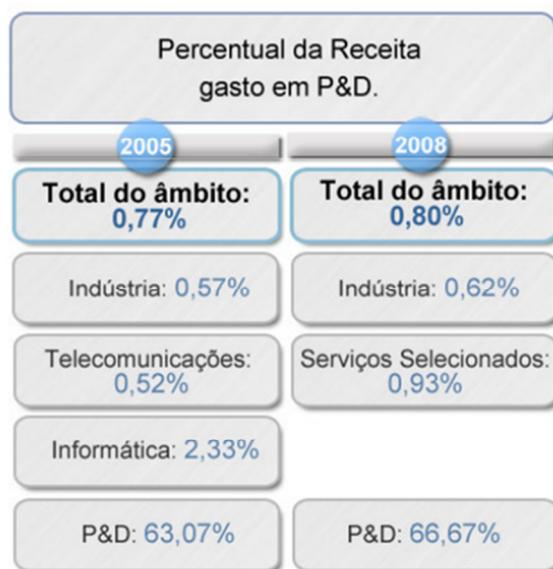


Figura 6.11 – Resultados da PINTEC 2005 e 2008 para gastos em atividades internas de P&D em diversos segmentos econômicos.

Fonte: IBGE (2010)

Esta comparação, no entanto, é imperfeita, visto que os dados do IBGE são relativos à receita das empresas, enquanto a presente pesquisa solicitou informações quanto ao percentual de investimentos em relação ao faturamento. Esta diferença metodológica certamente tem uma influência nos resultados, impedindo uma comparação direta.

Para efeito de ilustração, porém, temos que os valores médios praticados pelas empresas fornecedoras do CBERS 3&4 (20% de investimento total, sendo 6% de investimento próprio e 14% de investimentos públicos) as colocam muito acima da média dos investimentos praticados pela indústria, porém ainda abaixo dos praticados por empresas consideradas como “*de P&D*”, categoria na qual os fornecedores do CBERS 3&4 se autodenominam.

Atribuímos parte importante desta diferença ao fato de os recursos oriundos das contratações firmadas no âmbito dos projetos de satélites não terem sido considerados como *investimento* em P&D, embora as atividades que resultem destas contratações, efetivamente, sejam.

Todas as empresas pesquisadas realizaram projetos de P&D financiados por agências de fomento nos últimos 5 anos, conforme Figura 6.14.

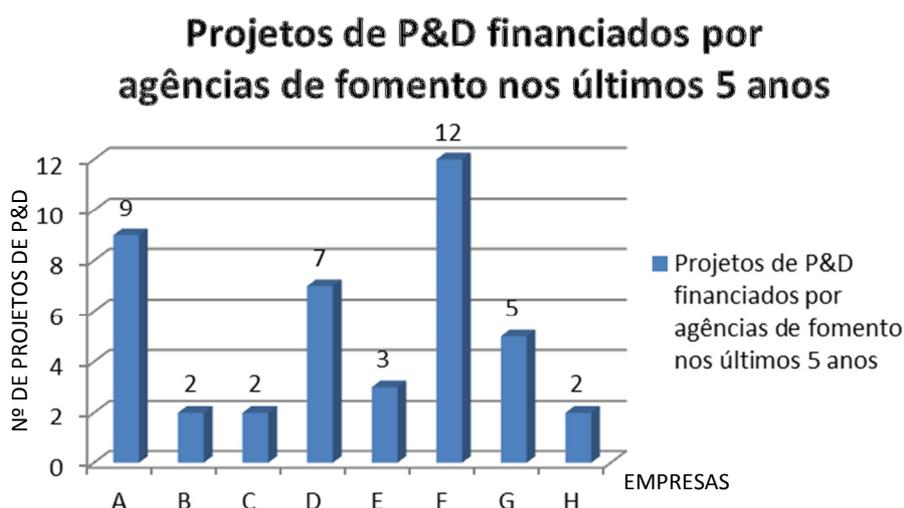


Figura 6.12 – Quantidades de Projetos de P&D desenvolvidos pelas empresas pesquisadas com financiamento por agências de fomento

Apenas uma das empresas possuem patentes concedidas nos últimos cinco anos (12 patentes, sendo duas nos EUA), sendo que uma havia depositado pedido de patente e outra pretendia solicitar em breve. As outras empresas não demonstraram interesse em relação a patentes.

6.3 Estrutura da cadeia de fornecedores nacionais dos programas de satélites: aspectos mercadológicos e nível de capacitação

Em complemento à caracterização apresentada na seção anterior, esta seção tece alguns comentários adicionais, relativos à estrutura da cadeia de fornecedores nacionais dos programas de satélites do Programa Espacial Brasileiro com relação aos seguintes aspectos: mercadológicos e nível de capacitação.

6.3.1 Aspectos mercadológicos:

Com relação aos aspectos mercadológicos do setor espacial brasileiro, subproduto satélites, trata-se de mercado ainda estritamente governamental, iniciando-se uma perspectiva de aumento da participação de clientes privados a partir do interesse crescente na utilização e desenvolvimento de microsatélites e experimentos de micro gravidade e no desenvolvimento de sistemas espaciais de defesa e telecomunicações. Também, a expectativa de qualificação em voo dos equipamentos e subsistemas dos satélites desenvolvidos pelo INPE (satélites CBERS-4, previsto para lançamento em final de 2014 e satélite Amazonia-1, previsto para 2015) abre uma nova, embora difícil, porque concorrida, perspectiva de fornecimento destes itens no mercado internacional.

Aldrin (2013) propõe um modelo para retratar a estratégia industrial em relação a mercados espaciais, em situações em que há dominação do mercado comercial ou quando a dominação é do mercado governamental, conforme Quadro 6.2 a seguir.

	Muitos fornecedores nacionais	Poucos fornecedores nacionais
Dominação do mercado comercial	Mão invisível (muitos provedores, muitos compradores)	Campeão nacional (único fornecedor dedicado)
Dominação governamental	Competição nacional (demanda governamental suficiente para competição entre muitos fornecedores)	Arsenal (governo como cliente/proprietário)

Quadro 6.2 – Modelos de política industrial para mercados espaciais.

Fonte: Aldrin, 2013.

Neste modelo, quando há dominação do mercado comercial e há múltiplos fornecedores nacionais, acontece o que Aldrin (2013) chama de “mão invisível”, onde há pouca necessidade de intervenção governamental, já que as próprias forças do mercado são capazes de garantir a saúde da indústria de base. O único risco do governo nesta situação é que as necessidades comerciais e governamentais sejam tão divergentes que o governo não seja capaz de adquirir o que procura, de acordo com seus requisitos. Na prática, ele afirma, nunca houve um mercado espacial em que o setor comercial foi tão dominante a ponto de colocar este risco para o governo.

Ainda num contexto de dominação comercial, porém com poucos fornecedores nacionais, o autor considera que a abordagem mais racional é o desenvolvimento de um único fornecedor dedicado, denominado “campeão nacional” (dado o custo da alternativa de competição nacional e considerando a base industrial limitada).

Quando há dominação governamental e múltiplos fornecedores, o autor destaca a estratégia denominada “competição nacional”, que é, segundo ele, o modelo mais próximo do modo de operação padrão dos EUA, com o próprio governo responsável por manter uma demanda suficiente para sustentar a competição entre muitos fornecedores.

Finalmente, no quadro de dominação governamental e havendo poucos fornecedores nacionais, Aldrin (2013) cita a estratégia que denomina como “arsenal”, em que o governo não só atua como único cliente como pode chegar a ser o proprietário da planta industrial. Segundo ele, este é o modelo mais comum no mundo hoje, pelo menos em termos de número de países.

Em muitos casos, há um mercado comercial internacional bastante robusto, mas uma nação individual não possui a base industrial para apoiar mais que um único fornecedor. Portanto, para maximizar a penetração no mercado e evitar a perda de controle sobre o único provedor, uma nação pode exercer uma estreita relação de trabalho com um fornecedor, criando um único “campeão nacional”.

O autor esclarece que este é um modelo simplificado e que não descreve perfeitamente a situação de muitos países, podendo dentro de um mesmo país haver mais de uma situação para diferentes segmentos (lançadores e satélites de comunicações, cada um funcionando num modelo diferente). Para qualquer mercado nacional, no entanto, considera que a posição ótima depende da força da posição de mercado do fornecedor industrial, bem como da capacidade e política governamental nacional.

Seguindo a tipificação proposta neste modelo, pode-se caracterizar o mercado de satélites no Brasil como dominado pelo governo e com múltiplos fornecedores atuantes, tornando possível a existência de competição quando uma licitação é proposta pelo cliente/ governo.

Esta competição, no entanto, não chega a ser tão intensa, em função do número restrito de fornecedores por área de competência, tomando como referência o tipo de subsistema no qual possuem experiência de fornecimento anterior. Para alguns subsistemas, há poucos fornecedores com histórico de atuação em projetos de satélites anteriores. Como esta experiência anterior é uma premissa importante, ou mesmo decisiva, para que a empresa possa participar da licitação, isto restringe a competição.

Em função desta característica, e considerando a irregularidade com que o cliente-governo propõe licitações para contratação de subsistemas e equipamentos de satélites, observa-se três tipos de estratégias por parte dos fornecedores em busca de condições para competirem:

- a) Diversificação de suas áreas de competência, para que sejam capazes de atuar em mais de um tipo de subsistema;
- b) Formação de consórcios para agrupamento de competências;
- c) Parceria comercial para subcontratação de outro fornecedor do setor, quando esta possibilidade é expressamente permitida na licitação, da competência que a empresa não domina.

Alguns podem considerar que as hipóteses “b” e “c” restringem o número de competidores. No entanto, o mais comum é que estas estratégias somente sejam escolhidas pelas empresas quando estas percebem que não possuem condições de participar sozinhas, seja por razões técnicas ou por saúde financeira para enfrentar uma contratação de longo prazo na qual a relação *investimento x retorno* nem sempre é positiva, exigindo algum investimento privado durante a execução do contrato até que os retornos sejam integralmente atingidos.

Diante deste cenário, observa-se que os resultados de política industrial no setor são afetados pelo baixo nível de investimento nestas atividades, bem como pela inconstância e espaçamento entre os investimentos. Da mesma forma, o resultado pode ser comprometido pelas características específicas dos fornecedores, tais como tamanho das empresas, atuação em outros segmentos e atividades econômicas, dentre outros aspectos. Conforme a caracterização dos fornecedores apresentada na seção anterior, o número de grandes empresas atuando no segmento satélite é pequeno (apenas 2 empresas) e apenas uma empresa de porte médio, dentre estas, tem demonstrado esforço para assumir o papel de contratante principal, em função de sua participação no projeto da PMM – Plataforma Multimissão.

O objetivo desta seção não é esgotar o assunto, mas fornecer mais subsídios para a reflexão sobre estas questões. Para apoiar esta reflexão, a segunda consideração a ser feita diz respeito ao nível de capacitação dos fornecedores do programa de satélites do Programa Espacial Brasileiro.

6.3.2 Nível de capacitação:

Com relação ao nível de capacitação, segundo Bach (2006), os fornecedores podem ser classificados das seguintes formas:

- i. integradores de sistemas, também conhecidos como “*prime-contractors*”, assim considerados aqueles capazes de projetar, integrar e entregar o sistema (satélite completo, por exemplo) ao cliente (INPE, AEB, universidades e até empresas e agências espaciais de outros países);
- ii. fornecedores de subsistemas e cargas úteis, como câmeras, antenas, transmissores de dados, gravadores digitais de dados, etc.;
- iii. provedores de partes e equipamentos para serem integrados em nível de sistema e subsistema (células solares, mecanismos, componentes qualificados, software de bordo, etc.);
- iv. provedores de serviço e suporte de solo, que cercam todas as categorias anteriormente mencionadas e provêm suporte, testes e serviços para a indústria espacial assim como equipamento dedicado e software para sistemas de solo.

No caso dos fornecedores do programa de satélites do programa espacial brasileiro, a grande maioria das empresas encontra-se no segundo nível, de provedores de subsistemas. Algumas das empresas demonstram um alto grau de especialização em um único subsistema enquanto outras são capazes de fornecer diferentes subsistemas.

No desenvolvimento da Plataforma Multimissão, uma das empresas atuou como gerenciadora de um consórcio formado para desenvolvimento de 4 subsistemas. Esta experiência, no entanto, não configura uma contratação de integração de sistemas, já que a atuação da empresa se limita ao gerenciamento das interfaces entre os subsistemas.

O desenvolvimento de fornecedores com capacidade de integração de sistemas é condição importante para que a indústria brasileira possa se beneficiar comercialmente da competência adquirida ao longo dos projetos de satélites conduzidos pelo INPE, no mercado internacional.

Verifica-se atualmente um movimento interessante por parte de alguns fornecedores de subsistemas que estão buscando capacitação para atuar no terceiro nível, de fornecimento de partes e equipamentos, motivados principalmente pela dificuldade de aquisição de partes e materiais com qualificação espacial, em função de embargos comerciais internacionais.

A seguir, são relacionados alguns exemplos de esforço por parte das empresas pesquisadas para adquirirem capacitação em nível de partes e materiais:

- i. A capacitação para fabricação de mecanismos de abertura de painéis solares, que sempre foram fornecidos pela China nos satélites da série CBERS, e que para a PMM, foi desenvolvida e qualificada por fornecedor local, embora não houvesse ameaça de embargo por parte da China para fornecimento deste item;
- ii. Também para o satélite Amazonia-1, há um esforço iniciado para desenvolvimento de filtros ópticos, componente crítico para utilização em sistemas ópticos e cujo fornecimento é extremamente controlado pelos países detentores da tecnologia, em função de seu caráter dual (possibilidade de utilização tanto em missões civis quanto militares);
- iii. Projeto e fabricação de componentes passivos de RF para satélites geoestacionários, iniciativa que nasceu de parceria firmada entre

fornecedor local e empresa estrangeira em função de atividades dos satélites CBERS 3&4. Este serviço está sendo feito em base comercial entre estas duas empresas, mas passa a estar disponível também no mercado nacional;

Embora o fornecimento em nível de subsistema exija um grau de especialização maior e, portanto, agregue maior valor ao produto, desenvolver capacitação para o fornecimento de partes e equipamentos exige um esforço tecnológico e investimento financeiro consideráveis, tanto em função da infraestrutura industrial a ser criada, quanto pela baixa escala de utilização destes produtos no país, o que retarda em muito os custos de amortização do investimento inicial a ser realizado.

No entanto, a independência e soberania do programa espacial brasileiro exige iniciativas deste tipo, já que tem sido cada vez mais difícil adquirir partes e materiais qualificados do exterior sem que sejam feitas exigências que, em alguns casos, chegam a impor condições que limitam o pleno desenvolvimento das atividades espaciais no país, como por exemplo, restringir o lançamento do produto espacial construído com o item fornecido a partir da base de lançamento de Alcântara, utilizando foguete nacional ou da ACS, empresa multinacional brasileira e ucraniana.

Na categoria de provedores de serviço e suporte de solo, o país conta com uma razoável competência para o fornecimento de equipamentos de simulação e testes (EGSEs); infraestrutura de integração e testes, com destaque para o próprio LIT/INPE; e competências de projeto, desenvolvimento, fabricação e operação de sistemas e estações de solo.

6.4 Percepção do contratante quanto ao perfil da contratada e grau de implementação das competências necessárias para execução do contrato

Em complemento à caracterização dos fornecedores elaborada a partir de informações obtidas nas entrevistas conduzidas com as próprias empresas e

eventualmente complementadas com informações obtidas através dos sítios eletrônicos das empresas não entrevistadas, foram entrevistados, do lado do contratante, os engenheiros responsáveis pelo acompanhamento do desenvolvimento dos subsistemas pesquisados, denominados Fiscais Técnicos.

A principal finalidade desta entrevista foi capturar a percepção do contratante quanto ao perfil da contratada e quanto ao grau de implementação das competências tecnológicas, de infraestrutura, gerenciais e de recursos humanos definidas como necessárias para a execução do objeto do contrato.

Importante esclarecer que neste ponto da pesquisa, as empresas que participaram do programa consorciadas não foram avaliadas individualmente. Assim, os resultados aqui apresentados refletem a percepção do contratante quanto ao serviço prestado por subsistema contratado.

a) Percepção quanto ao perfil da contratada

Para captura da percepção do contratante quanto ao perfil das empresas contratadas, foram propostos diversos atributos que seriam desejáveis para um fornecedor, conforme Tabela 6.9 a seguir, tendo sido solicitado aos fiscais técnicos por cada subsistema que avaliassem o desempenho de cada contratada em relação ao atributo, de acordo com a seguinte escala:

- (0) Não apresenta
- (1) Apresenta insuficientemente
- (2) Apresenta
- (3) Apresenta satisfatoriamente
- (4) Apresenta de forma muito satisfatória

Dos 6 contratos pesquisados, somente para 5 foi possível cumprir esta etapa da pesquisa. Os atributos relacionados, bem como as notas atribuídas pelos fiscais técnicos, constam da Tabela 6.9, ilustrada pela Figura 6.13, a seguir.

Tabela 6.9 – Percepção do contratante quanto a atributos desejáveis das contratadas para o desenvolvimento de subsistemas para os CBERS 3&4

Atributo	CONTRATOS PESQUISADOS				
	A	B	C	D	E
Comprometimento	3	3	4	3	4
Qualidade	3	3	3	2	4
Repetibilidade de processos	3	3	4	3	3
Comunicação com cliente	2	4	3	2	4
Credibilidade/ transparência	3	3	4	1	4
Foco no prazo	2	2	3	3	3
Proatividade/ iniciativa na busca de	2	4	4	3	4
Criatividade	2	3	3	3	4
Capacidade de aprendizado	3	3	3	1	4
Parceria	2	3	4	1	4
Média Simples:	2,5	3,1	3,5	2,2	3,8

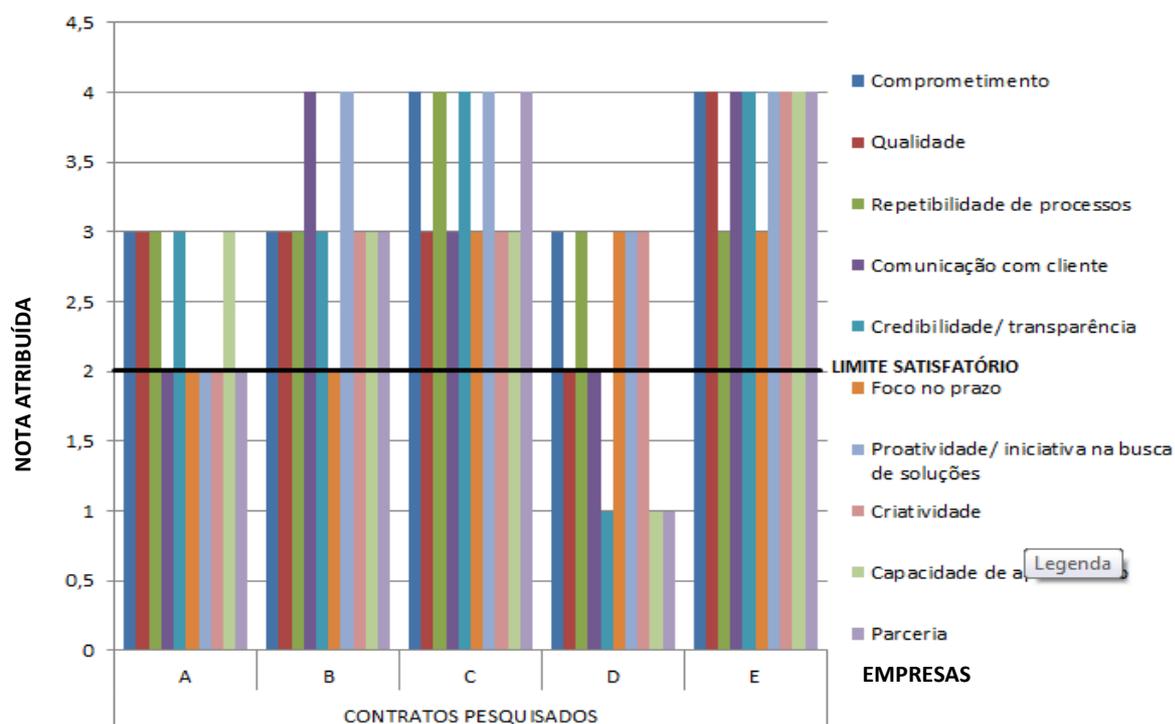


Figura 6.13 – Percepção do contratante quanto ao perfil das contratadas, em relação ao referencial satisfatório.

A média das notas atribuídas pelos representantes do contratante indica que as contratadas, na maioria dos aspectos, apresentam os atributos relacionados de forma satisfatória.

Apenas uma contratada foi avaliada, sob alguns aspectos, abaixo da nota mínima que atenderia suficientemente as expectativas do contratante. Esta avaliação foi atribuída, pelo fiscal do contrato, ao desgaste de uma relação contratual estendida muito além dos prazos estabelecidos inicialmente, o que leva ao comprometimento da rentabilidade do contrato e à alocação insuficiente de recursos para as atividades finais.

b) Grau de implementação das competências necessárias para a execução do objeto do contrato

Para avaliação do grau de implementação, sob a perspectiva do contratante, das competências definidas como necessárias para a execução do objeto contratado, foram relacionados as competências apontadas nos documentos da etapa contratual denominada como MDR, quais sejam: infraestrutura; tecnologia; gerenciamento; recursos humanos (conforme relacionado no **Anexo C**).

Para cada uma das competências relacionadas, foi solicitado a cada fiscal técnico que avaliasse seu grau de implementação segundo a seguinte escala (conforme questionário-exemplo, constante do **Anexo A**):

- (1) Não implementado
- (2) Insuficientemente implementado
- (3) Implementado
- (4) Bem implementado
- (5) Muito bem implementado
- (A) Subcontratação prevista satisfatória
- (B) Subcontratação prevista insatisfatória

Foi solicitado ainda a cada responsável pelo subsistema, por parte do INPE, que indicasse o grau de relevância de cada competência, para que fosse possível fazer uma ponderação em função do respectivo nível de importância. Tendo sido tomados estes cuidados, as médias ponderadas para cada categoria de competências encontram-se ilustradas na Figura 6.14 abaixo.

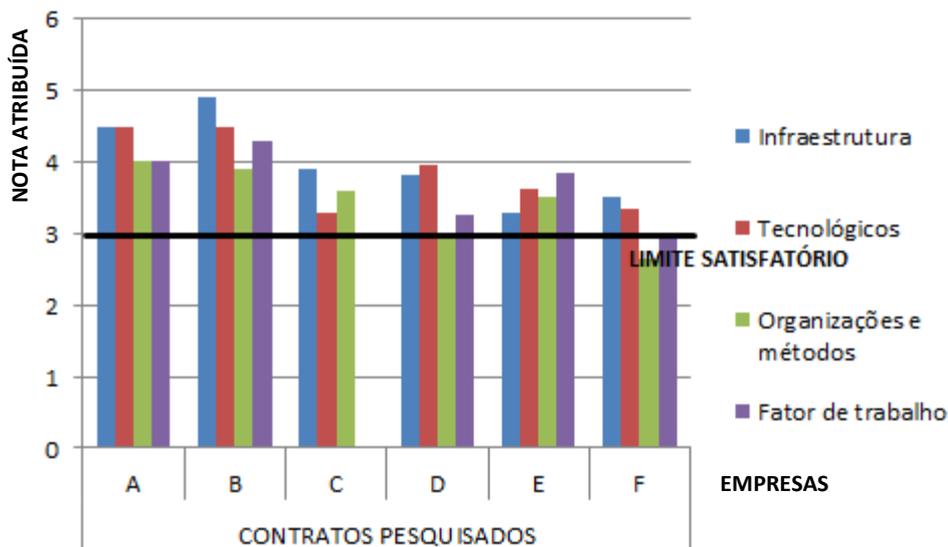


Figura 6.14 – Percepção do contratante quanto à implementação das competências definidas como necessárias para execução do objeto contratado.

Importante mencionar que existe nesta metodologia um elemento fora de controle, que é a variabilidade do grau de exigência de quem avalia. Cada fiscal técnico tem um critério próprio de excelência e por esta razão, as notas de um contrato não são diretamente relacionáveis com as de outro, embora não tenham sido identificadas discrepâncias significativas geradas por critério subjetivo.

De modo geral, verifica-se que a implementação das competências foram avaliadas entre satisfatória ou muito satisfatória.

Os fiscais técnicos dos contratos fizeram ainda algumas observações, positivas ou negativas, reproduzidas abaixo:

- as contratadas muitas vezes se limitam a fazer o que o INPE está preparado a orientar, quando poderiam buscar assessorias externas e superar as expectativas do próprio INPE;
- a empresa (uma, em específico) muitas vezes informou antecipadamente ao INPE sobre aspectos a serem melhorados no

produto e que talvez passassem despercebidos nos testes de aceitação e até mesmo em voo;

- No requisito fator de trabalho, foram feitas observações quanto ao treinamento e à falta de repetibilidade, já que algumas vezes os processos eram feitos corretamente e em outros, apresentavam problemas;
- Outra observação importante em relação ao fator de trabalho foi que aconteceram problemas durante as fases finais do contrato por que o fator de trabalho estava compartilhado com outros projetos de satélite do próprio INPE, em paralelo;
- Dentre as competências gerenciais, houve um destaque negativo para o Relatório de Progresso, muitas vezes considerado pelas contratadas como obrigação contratual e não ferramenta relevante de gestão. Dessa forma, os atrasos na elaboração e entrega dos referidos relatórios aconteceram comumente, impedindo que os mesmos relatassem com fidelidade os fatos, na medida e no tempo em que ocorriam, levando a uma perda de oportunidade do uso deste instrumento para a finalidade para a qual foi planejado.

6.5 Conclusão do capítulo

Os dados apresentados neste capítulo descrevem a cadeia de fornecimento do Programa CBERS 3&4 como sendo formada, prioritariamente, por empresas localizadas geograficamente no Estado de São Paulo, a grande maioria na própria cidade de São José dos Campos, onde está localizado também o INPE, órgão da Administração Pública responsável pela execução do projeto.

A grande maioria das empresas, fundadas entre 16 e 20 anos, portanto logo após a primeira geração de satélites desenvolvidos pelo INPE – os SCD-1 e 2, são de pequeno porte e possuem capital controlador nacional, embora algumas empresas importantes do segmento tenham sido adquiridas por empresas

estrangeiras, com possibilidade de que este fenômeno continue ocorrendo no setor.

Todas as atividades desenvolvidas pelos fornecedores dos CBERS 3&4 podem ser classificadas como de alta ou média-alta intensidade tecnológica e 62,5% das empresas exportam atualmente seus produtos ou serviços, a grande maioria na faixa entre US\$ 1 milhão e US\$ 10 milhões anuais. O investimento médio total (com recursos próprios e públicos) em atividades de P&D realizado pelo grupo de empresas pesquisado, no ano de 2011, foi de 20%, número bem acima do praticado pela indústria em geral, que segundo dados apurados pela pesquisa PINTEC do IBGE, é inferior a 1%. O mercado relativo ao setor espacial brasileiro, subproduto satélites, é estritamente governamental, iniciando-se uma perspectiva de aumento da participação de clientes privados em razão do crescente interesse na utilização e desenvolvimento de microsatélites e experimentos de microgravidade e no desenvolvimento de sistemas espaciais de defesa e telecomunicações.

As empresas que atuam no segmento são capacitadas para fornecimento de subsistemas, equipamentos e cargas úteis e serviços e suporte de solo, tendo sido identificadas algumas iniciativas de empresas em busca de capacitação para fornecer partes e materiais.

Finalmente, a pesquisa realizada do lado do contratante indicou que o INPE ficou satisfeito com a atuação das empresas no fornecimento dos subsistemas pesquisados, assim como com a implementação, por parte das empresas, das competências necessárias para a execução do objeto contratado.

7. CAPACITAÇÃO INDUSTRIAL GERADA EM DECORRÊNCIA DA POLÍTICA DE CONTRATAÇÕES DOS SATÉLITES CBERS 3&4

Em capítulos anteriores, procurou-se demonstrar que a capacitação industrial é um dos objetivos estratégicos definidos na legislação que institui as atividades espaciais no Brasil e que o INPE vem atendendo a esta diretriz, sobretudo, através de contratações firmadas junto a empresas nacionais para desenvolvimento de equipamentos e subsistemas de satélites. O produto espacial foi descrito como um produto que, em função de suas especificidades, exige um alto grau de capacitação para as empresas que com ele atuam, tanto do ponto de vista tecnológico quanto no gerenciamento da complexidade, competência importante para se lidar com produtos de alto valor agregado.

Foi apresentado ainda que esta política de contratações vem sendo formulada pelo INPE de forma a propor desafios graduais às empresas, a fim de permitir o estabelecimento e a capacitação da cadeia de fornecedores para seus programas de satélites e, ao mesmo tempo, assegurar a viabilidade do fornecimento contratado. Estes desafios graduais foram sendo respondidos também gradualmente pelas empresas participantes dos programas de satélites, gerando o adensamento produtivo e tecnológico da cadeia industrial descrito no capítulo 5 desta tese.

No entanto, para melhor análise da capacitação industrial que vem sendo gerada a partir destes projetos, torna-se necessário compreender o fenômeno sob o ponto de vista das firmas, investigando que tipo de aprendizado está sendo gerado, que tipo de competência industrial está sendo construída, e o que as firmas tem feito com este aprendizado e competência para que estes alcancem setores industriais que compartilhem da mesma cadeia de fornecimento, gerando, assim, os benefícios econômicos e sociais potenciais já mencionados em capítulos anteriores.

Para contribuir com esta avaliação, esta segunda etapa do estudo de caso⁴⁹ buscou identificar e classificar os efeitos diretos e indiretos decorrentes das contratações para fornecimento de subsistemas e equipamentos para os satélites CBERS 3&4, classificando-os em termos de novos mercados, produtos, tecnologias, processos, patentes, publicações; introdução de novos métodos de gerenciamento; mudanças na estrutura organizacional; uso da participação em projetos espaciais como uma referência de marketing; incremento da capacitação técnica dos funcionários e aprimoramento da infraestrutura industrial. Ainda, o trabalho procurou identificar a transferência do conhecimento adquirido por estas firmas contratadas para outros setores, trazendo à tona a questão crítica da transferência de tecnologia do setor espacial para outros setores e identificar elementos que permitam aprimorar a eficácia do uso de política de compras públicas como ferramenta de política industrial, no âmbito do programa de satélites do Programa Espacial Brasileiro.

Estas informações foram obtidas através de entrevistas estruturadas realizadas junto aos dirigentes das empresas contratadas, conforme etapa II do instrumento que consta do **Anexo B**.

Os resultados industriais decorrentes destas contratações encontram-se descritos neste capítulo, que distingue a capacitação industrial gerada em duas grandes categorias, seguindo abordagem proposta pela metodologia do BETA: efeitos industriais diretos e indiretos. Ainda, o capítulo trás uma seção que descreve e detalha as inovações ou incrementos em produtos, processos e/ou negócios que foram gerados em decorrência da capacitação industrial gerada a partir da política de compras dos CBERS 3&4.

Seguindo o mesmo cuidado tomado no capítulo anterior, os resultados são apresentados de forma genérica, a fim de preservar a identidade das empresas pesquisadas. Nas ocasiões em que foi preciso associar as informações às

⁴⁹ A primeira etapa foi a caracterização dos fornecedores, contida no capítulo 6 desta tese.

empresas, foram usados códigos de letras (“A” a H”), sendo que a empresa chamada de A em um determinado momento pode corresponder à empresa F em outro, para minimizar a possibilidade de correlações desnecessárias para análise do conteúdo, este sim, o que importa para a pesquisa.

Os resultados da pesquisa serão descritos e apresentados mais detalhadamente nas seções seguintes. Inicialmente, no entanto, cabe apresentar uma quantificação resumida da capacitação industrial apreendida ou implementada após a assinatura dos contratos, em comparação ao número total de competências apontadas, na revisão contratual denominada MDR (“*Management Design Review*”), como necessárias para que as empresas conseguissem desenvolver os subsistemas contratados.

Esta quantificação resumida encontra-se descrita na Tabela 7.1 abaixo, que apresenta, ainda, médias ponderadas do aprendizado ocorrido, tanto por empresa quanto pelo tipo da competência adquirida. O aprendizado por empresa foi computado através da relação entre o número total de competências requeridas – nas quatro categorias de competências, por empresa – e o número de competências implementadas pelas empresas após a assinatura do contrato. O aprendizado médio para cada tipo de competência foi computado através da relação entre o número total de competências requeridas em cada categoria (se tecnológica, de infraestrutura, de fator de trabalho ou organizações e métodos) e o número de competências (da categoria em mensuração) implementadas após a assinatura do contrato. A lista completa das competências identificadas na pesquisa documental relacionada à fase MDR encontra-se disponível no **Anexo C**.

Assim sendo, tem-se que, em média, pouco mais de um terço (34,3%) das competências necessárias para a execução dos subsistemas pesquisados foi assimilado ou implementado após a assinatura dos contratos.

Tabela 7.1 – Quantificação da competência adquirida após a assinatura dos contratos, em relação ao total de competências listadas como necessárias para a execução contratual

EMPRESA	COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS		COMPETÊNCIAS DE INFRAESTRUTURA		COMPETÊNCIAS DE FATOR DE TRABALHO		COMPETÊNCIAS DE ORGANIZAÇÕES E MÉTODOS		APRENDIZADO MÉDIO POR EMPRESA
	TOTAL	IMPLEMENTADOS APÓS CONTRATO	TOTAL	IMPLEMENTADOS APÓS CONTRATO	TOTAL	IMPLEMENTADOS APÓS CONTRATO	TOTAL	IMPLEMENTADOS APÓS CONTRATO	
A	10	9	11	9	25	13	16	9	65%
B	14	3	13	2	22	0	9	0	9%
C	10	4	10	2			18	2	21%
D	10	8	18	6	16	3	24	6	34%
E	14	3	13	3	22	12	9	1	33%
F	14	8	16	11	25	11	23	10	51%
G	20	3	13	4	17	3	24	10	27%
H	20	3	13	1	17	7	24	6	23%
TOTAL:	112	41	107	38	144	49	147	44	
APRENDIZADO POR CATEGORIA:	36,6%		36,5%		34,0%		29,9%		

A Figura 7.1 ilustra a quantificação das competências adquiridas por empresa e para cada categoria de análise – se tecnologia, recursos humanos, infraestrutura ou organizações e métodos, sendo possível perceber que para alguns subsistemas o aprendizado não foi tão significativo quanto para outros.

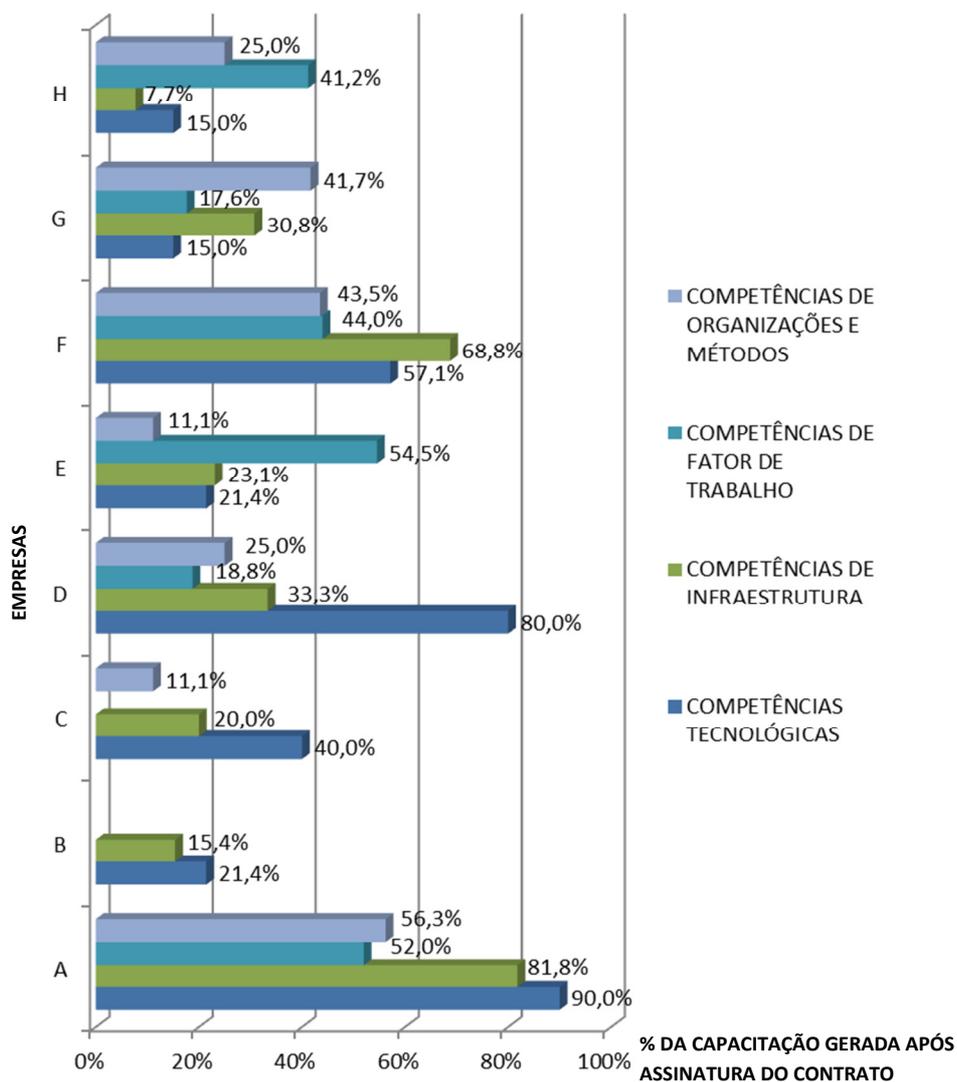


Figura 7.1 – Capacitação adquirida após assinatura dos contratos, em relação ao número total de competências necessárias para realização do objeto contratado.

Os contratos que apresentaram aprendizado menos relevante são aqueles em que as empresas tinham participação anterior em projetos ou programas de satélites, nos quais foram qualificadas ou implementaram os recursos humanos ou de infraestrutura necessários para executar o objeto contratado. Os contratos onde a capacitação industrial foi mais significativa, por outro lado, são aqueles relacionados às câmeras imageadoras ópticas MUX e WFI e o Gravador Digital de Dados, subsistemas que fazem parte do módulo de carga

útil dos satélites, onde estão os maiores diferenciais tecnológicos, em comparação com os satélites anteriores da série CBERS.

7.1 Efeitos Industriais Diretos

Conforme definição mencionada anteriormente, os efeitos industriais diretos são aqueles resultantes diretamente dos contratos firmados entre a agência contratante e o grupo de contratados.

O Quadro 6.1, disposto e comentado no Capítulo anterior, apresentou as variáveis selecionadas para aferir os efeitos industriais diretos nesta pesquisa. Para facilitar o entendimento nesta seção, o Quadro 7.1 abaixo faz referência novamente às variáveis, porém apenas as que dizem respeito aos efeitos industriais diretos, objeto específico da seção.

1.Variáveis de Análise dos Efeitos Industriais Diretos:
1.1 Criação e/ou ampliação de infraestrutura industrial (equipamentos, instalações prediais, salas-limpas, etc.)
1.2 Aumento no nível de produção
1.3 Criação de vagas de emprego

Quadro 7.1 – Variáveis de análise da pesquisa para os efeitos industriais diretos
Fonte: adaptada de Cohendet (1997)

Assim como no capítulo anterior, os resultados são apresentados individualmente, para cada uma das empresas pesquisadas, a despeito do fato de que algumas tenham sido contratadas em consórcio com outras. Esta abordagem leva em consideração que a forma como os efeitos industriais acontecem variam de uma empresa para outra.

a) Criação/ampliação de infraestrutura industrial

Neste item, foram tomados como referência as competências de infraestrutura definidas à época da MDR, no início da contratação, como necessárias para a execução do objeto do contrato, conforme consta do questionário-exemplo, contido no **Anexo B** desta tese.

Com a listagem completa da infraestrutura necessária para desenvolvimento dos trabalhos, as empresas foram requeridas a informar quais já estavam disponíveis na época da assinatura do contrato para desenvolvimento de subsistemas ou equipamentos para os CBERS 3&4⁵⁰ e quais foram implementadas em função destes contratos.

A criação ou ampliação de infraestrutura a partir da participação nos projetos CBERS 3&4 se reflete, portanto, na infraestrutura que as empresas implementaram a partir da assinatura destes contratos. Alguns tipos de infraestrutura são comuns a todos os contratos, como salas limpas, almoxarifados de componentes com qualificação espacial, etc., enquanto outros são específicos para cada subsistema contratado.

A Tabela 7.2, bem como a Figura 7.2, nas páginas seguintes, quantificam, descrevem e ilustram as capacitações em infraestrutura criadas em decorrência das contratações firmadas para o projeto de satélites CBERS 3&4.

⁵⁰ A infraestrutura que já estava disponível em boa parte dos fornecedores era decorrente da participação das empresas em programas anteriores de satélites, portanto também são capacitação industrial gerada pela participação no Programa Espacial Brasileiro. Elas foram desconsideradas, no entanto, já que o objetivo do Estudo de Caso era identificar a capacitação gerada a partir das contratações dos CBERS 3&4.

Tabela 7.2 – Capacitação em infraestrutura em decorrência das contratações dos CBERS 3&4.

item	Capacitação industrial em Infraestrutura decorrente dos contratos relativos aos satélites CBERS 3&4	Nº de empresas capacitadas no item	% de empresas capacitadas em relação ao total pesquisado
1	Meios de informática para projeto e estações de trabalho. Softwares de engenharia dedicados e especializados (Ex.: elementos finitos para análise estrutural e térmica, análise de confiabilidade, softwares de configuração, simulação, CAD mecânicos, com modelagem de sólidos, etc.)	6	75,0%
2	Sala Limpa Classe 100.000	4	50,0%
3	Laboratório para montagem de subconjuntos ópticos e eletrônicos e circuitos eletrônicos com controle ESD, controle anti-estático, bancadas e ferramentas adequadas	3	37,5%
4	Almoxarifado dedicado, com proteção ESD, temperatura e umidade controladas e anexas às áreas de fabricação	3	37,5%
5	Sala limpa classe 10.000	2	25,0%
6	Utilização do LIT para realização de testes funcionais e ambientais	2	25,0%
7	Meios e instalações para montagem e metrologia das estruturas	2	25,0%
8	Meios e instalações para fabricação e inspeção de painéis sanduiche, utilizando "face sheet" e "honey comb" metálicos	1	12,5%
9	Meios e instalações para realização de ensaios estruturais	1	12,5%
10	Isolação de vibração com piso antivibratório auxiliado por mesas antivibração	1	12,5%
11	Sala escura para testes ópticos	1	12,5%
12	Instrumentos adicionais como espectrofotômetros, radiômetros, osciloscópios, geradores de onda AWG, condicionadores de sinal, emuladores de microprocessadores e DSP em circuito, CNC de circuitos impressos, interferômetros, autocolimadores, etc.	1	12,5%
13	Ampliação de bibliotécnica técnica, para gerência e arquivamento dos documentos gerados pelo Programa	1	12,5%
14	Ampliações, adequações em instalações já existentes	1	12,5%
15	Conjunto de máquinas e ferramentas para fabricação mecânica: fresadora e equipamentos de medida	1	12,5%
16	Calibração do instrumento medidor de MTF, Trioptics 500, e provável "upgrade", para permitir medições de sistemas ópticos com distância focal superior a 600mm, limite atual	1	12,5%
17	Equipamentos de Inspeção e testes	1	12,5%
18	Adaptação de ferramental utilizado em projetos anteriores	1	12,5%
19	Ferramentas para fabricação e inspeção eletrônica	1	12,5%
20	Limpadoras por ultra-som	1	12,5%



Figura 7.2 – Capacitação em infraestrutura em decorrência das contratações dos CBERS 3&4.

Como já mencionado anteriormente, muitas empresas já haviam participado de outros projetos de satélites do próprio INPE, razão pela qual já possuíam, na época da contratação relativa aos CBERS 3&4, alguns itens de infraestruturas essenciais. Nestes casos, houve alguma capacitação de infraestrutura mais específica para o objeto contratado acompanhada de ampliações e adaptações da infraestrutura existente.

Como esta seção tem o objetivo de descrever os efeitos industriais diretos, a criação de capacitação em infraestrutura nas empresas pesquisadas foi simplesmente descrita. Em seções posteriores, serão verificadas a utilização desta capacitação em atividades fora do escopo dos contratos relativos ao CBERS 3&4, bem como se foram gerados efeitos indiretos em decorrência desta utilização.

b) Aumento no nível de produção

A ocorrência de aumento no nível de produção em consequência da política de compras dos satélites CBERS 3&4 foi considerada como o aumento do número de itens produzidos pela empresa em relação ao período anterior à participação nestes contratos. Às empresas que sinalizaram positivamente à ocorrência do aumento do nível de produção, foi questionado ainda sobre os motivos que levaram a este aumento.

Em 37,5% as empresas pesquisadas, não houve aumento no nível de produção relacionado à participação no projeto dos CBERS 3&4, conforme Figura 7.3 a seguir. Uma delas chegou a mencionar que uma das tecnologias implementadas na participação neste projeto exigiu mais rigor no manuseio e estendeu o tempo de fabricação de seus produtos correntes. Esta empresa em específico reconhece que, sem esta tecnologia, estaria fora do mercado, mas como houve uma duplicação no tempo de fabricação, não houve aumento do nível de produção em decorrência deste projeto.



Figura 7.3 – Incidência de aumento no nível de produção em decorrência da participação no Programa CBERS 3&4.

Em 62,5% das empresas, no entanto, foi verificado um aumento no nível de produção atribuído aos motivos apresentados na Figura 7.4 a seguir, que indica ainda o percentual com que cada motivo foi apontado pelas empresas pesquisadas.

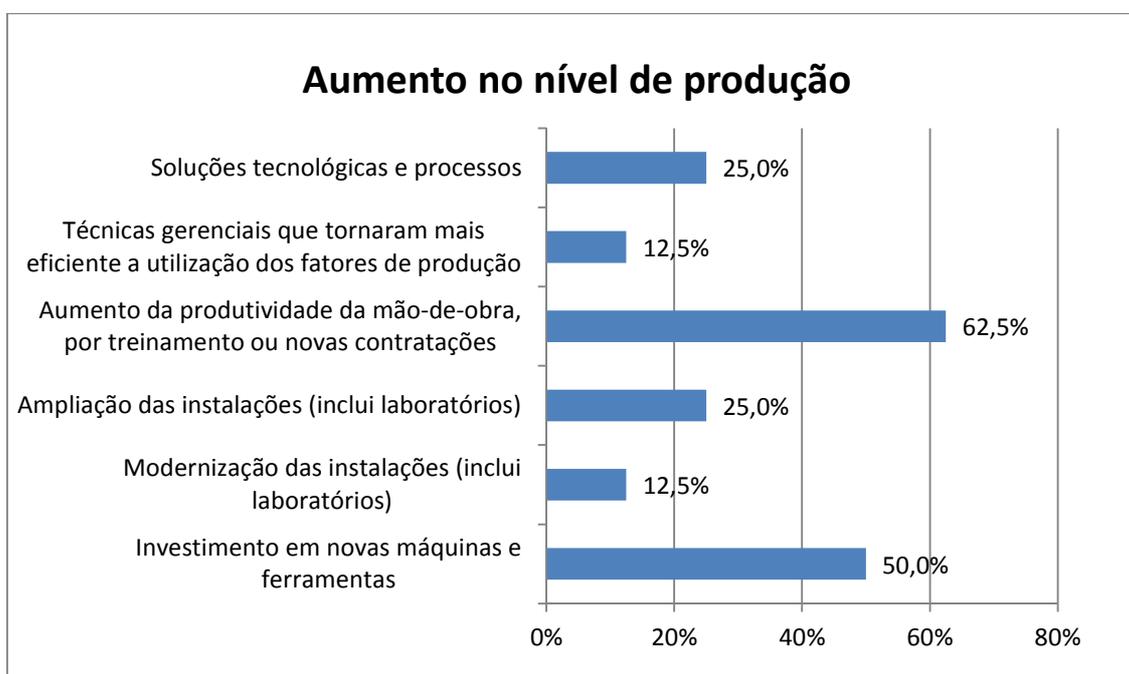


Figura 7.4 – Incidência de fatores que levaram ao aumento do nível de produção nas empresas pesquisadas

Os principais motivos apontados pelas empresas para justificar a ocorrência de aumento no nível de produção em decorrência dos contratos com o Programa CBERS 3&4 foram treinamento de mão de obra ou novas contratações, seguido por investimento em novas máquinas e ferramentas.

c) Criação de vagas de emprego

Com relação a este aspecto, o resultado identificado foi que em todas as empresas pesquisadas, exceto uma, foram criadas novas vagas de emprego em decorrência das contratações relacionadas aos CBERS 3&4, num total de 67 vagas diretas criadas nas oito empresas pesquisadas.

Na empresa em que não foram criadas vagas novas, no entanto, a assinatura do contrato para desenvolvimento de subsistema dos CBERS 3&4 permitiu a manutenção de equipe especializada que atuava na empresa desenvolvendo projetos e análises estruturais para empresa estrangeira do setor aeronáutico. A contratação do CBERS ocorreu bem quando a demanda por este serviço especializado começou a reduzir e isto permitiu à empresa manter em seu quadro de funcionários estes profissionais altamente qualificados.

A grande maioria das vagas criadas tinha perfil técnico, de engenharia e de garantia da qualidade e do produto, conforme apresentado na Tabela 7.3 e ilustrado na Figura 7.5 a seguir.

Tabela 7.3 – Criação de vagas de emprego em decorrência dos contratos dos CBERS 3&4

Criação de vagas de emprego por qualificação	EMPRESAS								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
Engenheiros e técnicos	1	1	12	13	10		3	15	55
Gerente de projeto			1		1		1		3
Garantia da Qualidade e do Produto	1	1	1	2	1		3		9
Total de vagas criadas em função do projeto CBERS 3&4:	2	2	14	15	12	0	7	15	67
Número total de funcionários atualmente nas empresas:	30	487	38	161	32	12	200	10	970
Vagas criadas em relação ao total de funcionários das empresas:	7%	0%	37%	9%	38%	0%	4%	150%	7%

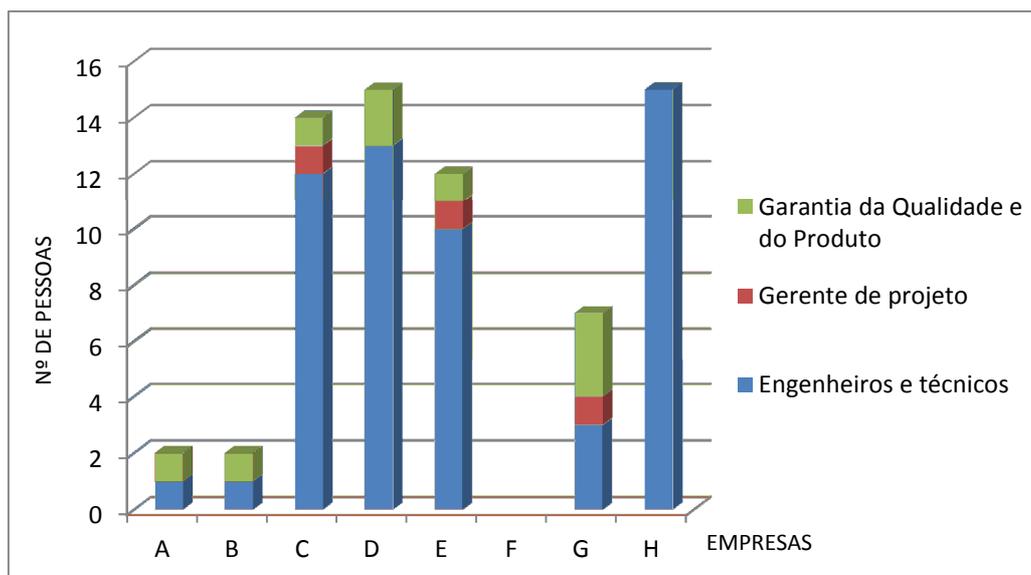


Figura 7.5 – Perfil das vagas de emprego criadas em decorrência dos contratos dos CBERS 3&4

Na ocasião da coleta de dados, algumas empresas já haviam concluído o serviço contratado para os CBERS 3&4 há mais de um ano. Algumas empresas conseguiram manter a equipe contratada, enquanto outras precisaram reduzir a equipe após a conclusão das atividades do contrato, como foi o caso da empresa denominada como “H”. Atualmente com 10 funcionários, ela chegou a ter 25 funcionários no período entre 2005 a 2010.

Na seção seguinte, que trata dos efeitos industriais indiretos, será descrita a importância da presença destes profissionais, no período em que estiveram na empresa, para o desenvolvimento dos produtos que fazem parte de seu portfólio atual e a mantém em atividade após o encerramento dos contratos do CBERS 3&4.

Além disso, cabe mencionar que a empresa, na ocasião em que necessitou reduzir a equipe, decidiu manter alguns perfis profissionais que contratou a partir das atividades relativas ao CBERS 3&4, como os profissionais de Garantia da Qualidade e do Produto, por exemplo, significando que a empresa incorporou à sua cultura organizacional uma maior preocupação com relação a estes aspectos.

Para as empresas de porte médio a grande esta influência é menor, ainda assim importante, pelo perfil altamente qualificado destes profissionais. Mas para as empresas de pequeno porte, é realmente um fator extremamente significativo. Outro exemplo para ilustrar o quanto afirmado é o caso da empresa denominada como “F”, que é aquela que, embora não tenha criado nenhuma vaga de emprego, manteve seu corpo de engenheiros especializados em função do contrato CBERS 3&4.

7.2 Efeitos Industriais Indiretos

Os efeitos industriais indiretos, conforme definição apresentada anteriormente, são aqueles sentidos fora do escopo do contrato e que se difundem pela economia como um todo. Correspondem aos efeitos em termos da criação de conhecimento, transferência de tecnologia, construção de novas competências, melhoria da qualidade, aquisição de novos processos, desenvolvimento de novos mercados, etc., gerados a partir da participação em programas espaciais e que podem ser aplicados em outros setores nos quais também atuam, gerando benefícios econômicos e sociais não previstos inicialmente.

Os efeitos industriais indiretos incluem todos os benefícios em termos de tecnologia, know-how, imagem da empresa ou novos contratos. Podem ser classificados nas seguintes categorias: efeitos tecnológicos, efeitos comerciais, efeitos em organizações e métodos e efeitos no fator de trabalho. Dentro dos efeitos comerciais, existem ainda as transferências de tecnologias.

O Quadro 6.1, disposto e comentado no Capítulo anterior, apresentou as variáveis selecionadas para aferir os efeitos industriais diretos nesta pesquisa. Para facilitar o entendimento nesta seção, o Quadro 7.2 abaixo faz referência novamente às variáveis, porém apenas as que dizem respeito aos efeitos industriais indiretos, objeto específico da seção.

2. Efeitos Industriais Indiretos:	
2.1 Efeitos Tecnológicos 2.1.1 Criação de novos produtos 2.1.2 Diversificação de produtos 2.1.3 Incremento em produtos existentes (qualidade, performance, etc.)	2.2 Efeitos Comerciais 2.2.1 Cooperação internacional 2.2.2 Cooperação com outras empresas nacionais 2.2.3 Transferência de Tecnologia (*) 2.2.4 Uso da participação no Programa Espacial como referência de marketing
2.3 Efeitos em Organizações e Métodos 2.3.1 Controle de qualidade 2.3.2 Gerenciamento de Projeto 2.3.3 Técnicas de produção	2.4 Efeitos relacionados ao Fator de Trabalho 2.4.1 Formação de uma massa crítica de especialistas 2.4.2 Incremento das habilidades da força de trabalho
2.2.3.1(*) Transferência de Tecnologia (dentro dos Efeitos Comerciais) 2.2.3.1.1 Transferência entre firmas, entre departamentos ou divisões 2.2.3.1.2 Criação de um novo departamento ou divisão dentro da firma 2.2.3.1.3 Criação de uma nova firma, como uma subsidiária, por exemplo 2.2.3.1.4 Transferência entre uma firma do setor espacial e uma firma de outro setor (licença, patente, etc.) 2.2.3.1.5 Criação de nova firma em conjunto com uma firma de outro setor (joint-venture) 2.2.3.1.6 Assistência técnica prestada pela firma do setor espacial no desenvolvimento de um produto por uma firma de outro setor	

Quadro 7.2 – Variáveis de análise da pesquisa para os efeitos industriais indiretos

Fonte: adaptada de Cohendet (1997)

A forma de condução desta etapa da pesquisa de campo seguiu os seguintes passos: para cada um das categorias de efeitos que a pesquisa considerou, em conformidade com as variáveis acima mencionadas, foram levantadas as competências definidas à época da MDR como necessárias para a execução do objeto contratado. Estas competências foram relacionadas nos instrumentos utilizados para coleta das informações apresentadas nesta seção, conforme exemplo que consta do **Anexo B** desta tese.

Assim, para cada uma das competências de cada categoria (infraestrutura, tecnológicos, comercial, de fator de trabalho), as empresas foram questionadas sobre quais já faziam parte de seu quadro de competências antes da contratação e quais foram implementadas a partir do contrato. Somente as

implementadas a partir da contratação são de interesse desta pesquisa, porque consistem em capacitação adquirida em função da participação no projeto dos satélites CBERS 3&4.

Em seguida, as empresas foram questionadas sobre a utilização de cada uma destas competências implementadas em outros produtos ou serviços nos quais eventualmente atuem, e, em caso positivo, se a utilização destas competências gerou inovações ou incrementos em relação a produtos, processos ou negócios.

Não foi objetivo desta pesquisa apurar o valor econômico gerado a partir das capacitações industriais criadas, mas identifica-las e qualifica-las, bem como aos efeitos indiretos delas decorrentes.

Durante a condução da pesquisa de campo, observou-se que além dos efeitos indiretos relacionados aos aspectos dispostos no quadro de variáveis, que são baseados na metodologia do BETA, também existem efeitos indiretos associados à criação de competência em infraestrutura, que a metodologia do BETA considera apenas como efeito industrial direto. Assim, registrada esta observação metodológica, esta pesquisa buscou apurar os efeitos industriais indiretos resultantes desta competência adquirida.

a) Efeitos indiretos decorrentes da capacitação em infraestrutura

A seção anterior descreveu a capacitação industrial em infraestrutura gerada a partir dos contratos firmados para os CBERS 3&4 e o percentual de empresas capacitadas em cada item, em relação ao total de empresas pesquisadas. Nesta seção, buscou-se apurar a utilização desta capacitação industrial em infraestrutura gerada em atividades fora do escopo destes contratos e se a utilização desta capacitação gerou alguma inovação ou incremento em relação a produtos, processos ou negócios, para as empresas contratadas.

Os resultados encontrados demonstram que, com exceção de alguns equipamentos e ferramentas muito específicos aos subsistemas contratados

(itens 16 a 20 da Tabela 7.4, utilizados especificamente nas atividades dos CBERS 3&4), todos os outros itens foram, em maior ou menor grau, utilizados pelas empresas pesquisadas em outros produtos e/ou serviços com os quais também atuam.

A Tabela 7.4 e Figura 7.6, a seguir, descrevem e ilustram, para cada tipo de capacitação industrial em infraestrutura gerada, a incidência da utilização destas competências em outros produtos e serviços do portfólio das empresas e eventuais inovações ou incrementos gerados em decorrência desta utilização, conforme segue.

Tabela 7.4 – Efeitos industriais indiretos resultantes da capacitação em infraestrutura nas 8 empresas pesquisadas

item	Capacitação industrial em Infraestrutura decorrente dos contratos relativos aos satélites CBERS 3&4	% de empresas capacitadas em relação ao total pesquisado	Uso das competências além dos CBERS 3&4	Inovações ou incrementos em relação a produtos ou processos gerados em função de cada capacitação em infraestrutura
1	Meios de informática para projeto e estações de trabalho. Softwares de engenharia dedicados e especializados (Ex.: elementos finitos para análise estrutural e térmica, análise de confiabilidade, softwares de configuração, simulação, CAD mecânicos, com modelagem de sólidos, etc.)	75,0%	100%	Melhorias em processos, Novos produtos (projeto e análise estrutural e projeto de proteção contra radiação), melhoria de desempenho de produtos (setor médico e defesa - por robustez a falhas, vibração e choque), ferramenta de simulação reduziu custo (economia h/h engenharia) e riscos
2	Sala Limpa Classe 100.000	50,0%	75%	Melhorias em produtos
3	Laboratório para montagem de subconjuntos ópticos e eletrônicos e circuitos eletrônicos com controle ESD, controle anti-estático, bancadas e ferramentas adequadas	37,5%	100%	Melhorias em produtos
4	Almoxarifado dedicado, com proteção ESD, temperatura e umidade controladas e anexas às áreas de fabricação	37,5%	33%	Melhorias em produtos
5	Sala limpa classe 10.000	25,0%	100%	Melhorias em produtos
6	Utilização do LIT para realização de testes funcionais e ambientais	25,0%	50%	-
7	Meios e instalações para montagem e metrologia das estruturas	25,0%	100%	Melhoria em processos
8	Meios e instalações para fabricação e inspeção de painéis sanduiche, utilizando "face sheet" e "honey comb" metálicos	12,5%	100%	Melhoria em produto e Novos produtos para a empresa e para o mercado
9	Meios e instalações para realização de ensaios estruturais	12,5%	100%	Melhorias em processos
10	Isolação de vibração com piso antivibratório auxiliado por mesas antivibração	12,5%	100%	Melhoria em processos
11	Sala escura para testes ópticos	12,5%	100%	Melhoria em testes de equipamentos militares e médicos
12	Instrumentos adicionais como espectrofotômetros, radiômetros, osciloscópios, geradores de onda AWG, condicionadores de sinal, emuladores de microprocessadores e DSP em circuito, CNC de circuitos impressos, interferômetros, autocolimadores, etc.	12,5%	100%	Melhoria em produtos
13	Ampliação de bibliotécnica técnica, para gerência e arquivamento dos documentos gerados pelo Programa	12,5%	100%	-
14	Ampliações, adequações em instalações já existentes	12,5%	100%	-
15	Conjunto de máquinas e ferramentas para fabricação mecânica: fresadora e equipamentos de medida	12,5%	100%	Fresadora gerou melhoria na qualidade, por repetibilidade. Função eletrônica de medidas compensa desgaste da ferramenta.
16	Calibração do instrumento medidor de MTF, Trioptics 500, e provável "upgrade", para permitir medições de sistemas ópticos com distância focal superior a 600mm, limite atual	12,5%	0%	-
17	Equipamentos de Inspeção e testes	12,5%	0%	-
18	Adaptação de ferramental utilizado em projetos anteriores	12,5%	0%	-
19	Ferramentas para fabricação e inspeção eletrônica	12,5%	0%	-
20	Limpadoras por ultra-som	12,5%	0%	-

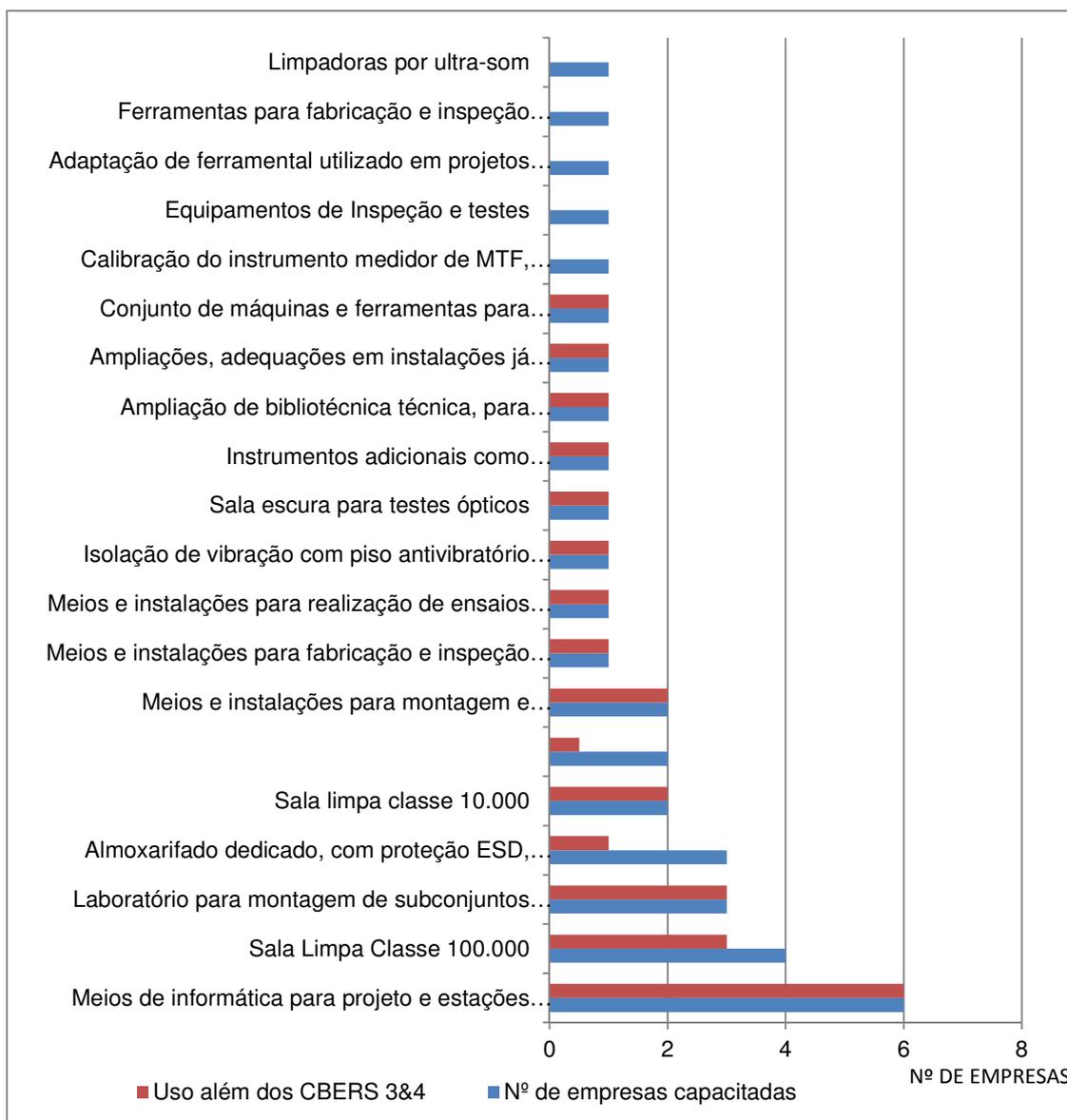


Figura 7.6 – Uso da infraestrutura decorrente do CBERS 3&4 para outras finalidades

Com base nos resultados identificados, verifica-se que a capacitação industrial em infraestrutura gerada em decorrência dos contratos relativos aos satélites CBERS 3&4 foi amplamente utilizada em outros produtos ou serviços nos quais os fornecedores também atuavam, tendo contribuído para a melhorias em processos, produtos e até mesmo a geração de novos produtos, que serão descritos mais detalhadamente em seção posterior.

b) Efeitos relacionados ao Fator de Trabalho

Na seção que trata da criação de vagas de emprego como efeito industrial direto gerado a partir da participação das empresas no desenvolvimento dos satélites CBERS 3&4, foi apresentado que foram criadas 67 vagas diretas de emprego decorrentes destas contratações, sendo que 55 vagas eram de engenheiros ou técnicos, 3 novos contratados eram gerentes de projeto e 9 profissionais ligados às funções de Garantia da Qualidade ou Garantia do Produto. Além da criação destas vagas, os contratos firmados para participação no Programa CBERS 3&4 permitiu a manutenção de alguns profissionais especializados e altamente qualificados.

Todas as empresas afirmaram que todas as competências em recursos humanos contratadas para o projeto dos CBERS 3&4 foram disponibilizadas para outras atividades da empresa e que praticamente todos foram responsáveis diretos por incrementos em produtos, processos ou negócios.

Merece destaque os seguintes resultados indiretos identificados como decorrentes, embora não exclusivamente, mas certamente com forte participação da competência relacionada ao Fator de Trabalho:

- Em função do corpo de engenheiro e técnicos com formações variadas:
 - a) adaptações do aprendizado tecnológico relacionado aos satélites CBERS 3&4 para outros produtos das empresas, gerando melhorias nos produtos do portfólio das empresas;
 - b) criação de produtos novos para as empresas, que representam uma fração significativa do faturamento atual de boa parte das empresas após o encerramento dos contratos dos CBERS 3&4. Em um caso específico, o produto novo desenvolvido pela equipe de engenharia contratada para os CBERS 3&4, e que a empresa nem conseguiu manter após o encerramento dos contratos, chegou a representar, em 2012, 55% do faturamento da empresa;

c) criação de produtos novos para o mercado. Em decorrência destes produtos novos, chegaram a ser abertas novas empresas, como será descrito no tópico que trata dos efeitos comerciais.

- Profissionais de Garantia da Qualidade e do Produto, que geraram melhorias significativas de processos com consequências em melhoria dos produtos. Todas as empresas citaram a importância destes profissionais e mesmo numa situação específica em que as vagas criadas em função dos contratos CBERS 3&4 não puderam ser mantidas, ao menos uma equipe reduzida (às vezes de um profissional apenas) com a função de Garantia da Qualidade e do Produto foi mantida, o que significa uma incorporação da cultura da qualidade na organização em decorrência da participação no Programa CBERS 3&4;
- Uma mudança de cultura organizacional em gestão de projetos a partir da contratação de profissionais com formação específica em Gerenciamento de Projetos foi destacada por ao menos duas empresas.

c) Efeitos tecnológicos

As competências tecnológicas avaliadas à época da contratação como necessárias para que as empresas contratadas pudessem dar conta do desenvolvimento do objeto contratado foram extraídas dos documentos denominados “Demonstração de exequibilidade”, exigidos pelo contratante na etapa contratual denominada MDR (“*Management Design Review*”), como já mencionado anteriormente.

Cada documento de “Demonstração de Exequibilidade” foi consultado para identificação da lista de competências e elaboração dos questionários específicos de cada contrato. Na entrevista, as empresas foram questionadas sobre o que elas já dominavam em termos tecnológicos à época da contratação, e o que elas precisaram aprender. O que foi preciso aprender foi considerado como capacitação tecnológica industrial criada a partir das contratações do CBERS 3&4.

Em seguida, as empresas foram questionadas quanto à utilização deste aprendizado tecnológico em outros produtos ou serviços que eventualmente realiza para outros setores nos quais atuem. Ainda, se a eventual utilização deste aprendizado tecnológico gerou inovações ou incrementos em Produtos, Processos ou Negócios. Os resultados desta pesquisa encontram-se dispostos na Tabela 7.5 a seguir.

Tabela 7.5 – Capacitação tecnológica criada a partir dos CBERS 3&4 e efeitos indiretos decorrentes

Capacitação tecnológica gerada a partir dos Contratos CBERS 3&4	Nº de citações	Uso além do contrato	Inovação ou incremento em Produto ou Processo
Inspeção não destrutiva de painéis sanduíches metálicos	1	SIM	1. Produto novo para a empresa e para o mercado e novo negócio a ser explorado: equipamento para inspeção não destrutiva de painéis metálicos; 2. Melhoria de processo para a própria empresa.
Ensaio para certificação dos módulos estruturais em materiais compostos	1	SIM	1. Melhoria em processos e em negócio;
Metrologia e montagem de componentes estruturais de concepções distintas: compostos, metálicos isotrópicos e sanduíches	2	SIM, NOS DOIS CASOS	1. Melhoria de processos e novo negócio para a empresa nos setores de saúde e de extração de petróleo; 2. Melhoria em processos e em negócios.
Tecnologias de gestão, em função da parceria estratégica (consórcio) para o desenvolvimento de produto complexo	1	NÃO	Não
Tecnologia eletrônica: desenho, seleção de materiais e componentes, fabricação, testes de circuitos para operar em condições climáticas extremas, implementação da eletrônica de proximidade do plano focal de acordo com o projeto da eletrônica de proximidade do OMB	1	SIM	1. Incremento de produto: melhoria de desempenho óptico de outros produtos pro setor espacial e refino de projeto óptico civil;
Análise e controle térmico: estimativa dos níveis de radiação térmica e simulação dos efeitos de deformação por ela causados, incluindo o circuito de controle necessário para manter o sistema dentro das margens operacionais adequadas	2	SIM, NOS DOIS CASOS	1. Incremento de produto: controle térmico permitiu estabilizar cavidade laser para uso médico. Produto se tornou melhor e mais competitivo; 2. Produto e negócio novo para a empresa: projetos de análise térmica para o setor aeronáutico e espacial no Brasil e em outros países, por intermédio da empresa estrangeira que detém a maioria das ações da empresa atualmente;
Análise estrutural	1	SIM	1. Produto e negócio novo para a empresa: projeto estrutural para o setor automobilístico. Único fornecedor deste serviço para a montadora no país;
Modelagem e procedimentos de simulação	1	SIM	Não
Proteção contra radiação ionizante. Escolha dos materiais (vidro, no caso) e da espessura da caixa de alumínio e posição e blindagem dos componentes C-MOS	2	SIM, EM UM DOS CASOS	1. Produto e negócio novo para a empresa: projetos para o setor aeronáutico e espacial em outros países, por intermédio da empresa estrangeira que detém a maioria das ações da empresa atualmente;
Garantia da rastreabilidade dos modelos ao longo das etapas de aquisição, fabricação, montagem, integração e testes.	1	SIM	1. Melhoria em produtos e processos da empresa;
Containers sofisticados para transporte dos subsistemas	1	SIM	Não
Tecnologia Óptica: adquirir mais experiência no desenho de sistemas ópticos destinados a operar sob radiação ionizante	1	NÃO	Não
Assimilar técnica de "dose limite" para desenho do sistema óptico, de forma a utilizar materiais "comuns" a partir de blindagem suficiente	1	NÃO	Não
Controle de configuração / qualificação para voo	2	SIM, NOS DOIS CASOS	1. Melhoria de processos, nas duas empresas que citaram esta capacitação adquirida;
Itens críticos – aquisição de componentes e materiais ópticos e materiais e componentes eletrônicos destinados ao controle térmico, MLI, isoladores, etc.,	2	SIM, NOS DOIS CASOS	1. Melhoria em processos: aprofundamento sobre as características dos componentes para discutir com fornecedores em busca de alternativas, nos casos de embargos internacionais de fornecimento; 2. Produto novo para a empresa e para o mercado, em desenvolvimento: filtro óptico, componente crítico de fornecimento controlado.

(Continua)

Tabela 7.5 – Conclusão

Capacitação tecnológica gerada a partir dos Contratos CBERS 3&4	Nº de citações	Uso além do contrato	Inovação ou incremento em Produto ou Processo
Projeto de componentes mecânicos utilizando ferramentas de informática para modelamento sólido	1	SIM	1. Produto novo para a empresa e para o mercado nos setores de saúde e de extração de petróleo;
Incorporação de insertos metálicos em painéis sanduíche através de colagem estrutural	1	SIM	1. Melhoria de processos relacionados aos produtos da própria empresa;
Montagem de placas eletrônicas com soldagem automática e	1	NÃO	Não
Ensaio de vibração, aceleração, térmicos e estruturais	1	SIM	1. Incremento de produtos ligados a veículos lançadores;
Processos de proteção superficial (pintura e alodinação, uso de níquel químico e estanho-chumbo, etc.)	2	SIM, NOS DOIS CASOS	1. Incremento de Produto: o tratamento das bases de alumínio com níquel químico e estanho-chumbo passou a ser utilizado em outro produto da empresa; 2. Incremento de Produto, relacionado a mísseis;
Construção de módulos de memória	1	NÃO	Não
Balanco de consumo - alocação para o subsistema	1	NÃO	Não
Memórias SDRAM de alta capacidade de armazenamento	1	NÃO	Não
Interfaces LVDS, tecnologia inédita e pouco disponível no mercado	1	NÃO	Não
FPGAs, com pouca disponibilidade no mercado	1	SIM	1. Melhoria em processos;
Adequação dos parâmetros dos processos de fabricação às novas dimensões e tipo de células solares e dos coverglases e verificação funcional do ferramental de fabricação	1	SIM	1. Melhoria de processos: a adaptação de células de silício para células tripla junção permitiram melhorias de processos de fabricação, sobretudo soldagem
Fabricação dos SCAs Modelo de Voo	1	NÃO	Não
Ferramental de Fabricação dos Modelos de Voo	1	SIM	1. Melhorias de produto e processo, incorporadas na exportação para países europeus e no satélite Lattes;
Processo de fabricação dos SCAs, Módulos solares, laydown e cablagem	1	SIM	1. Produto novo para a empresa: graças a esta tecnologia a empresa forneceu para países europeus e para o satélite Lattes. Sem esta tecnologia, a empresa estaria fora do mercado.
Projeto de STE (Subsystem Test Equipment), SCOE (Special Checkout Equipment), ESE (Equipam. suporte elétrico) e GSEs (Ground Support Equipment)	2	SIM, NOS DOIS CASOS	1. Incremento de Produto: alguns produtos da linha de produção da empresa passaram a vir acompanhados de sistemas de testes automáticos; 2. Melhoria de Processo: Velocidade na verificação. 3. Melhorias nos testes de aceitação dos produtos da linha médica, tornando mais confiáveis e mais competitivos por qualidade;
Geração da documentação de fabricação dos Modelos de Engenharia e elaboração do plano de verificação e plano de testes dos EM's	1	SIM	1. Melhoria em processos: melhor estruturação de testes
Substituição do SSPA por equipamento TWTA	1	NÃO	Não
Resinagem de componentes	1	NÃO	Não

A tabela 7.6 a seguir identifica, para cada capacitação tecnológica decorrente das contratações dos CBERS 3&4, a correspondente ocorrência de inovação, para a empresa e para o mercado (nacional), bem como melhorias ou incrementos em Produtos e Processos.

Tabela 7.6 – Ocorrência de efeitos indiretos decorrentes da capacitação tecnológica gerada a partir das contratações relativas aos CBERS 3&4

Capacitações tecnológicas geradas a partir dos Contratos CBERS 3&4	Inovações ou incrementos decorrentes das capacitações tecnológicas				
	Criação de produto novo para o mercado	Criação de produto novo para a empresa	Diversificação de produtos	Incremento em produtos existentes	Melhorias em processos da empresa
Inspeção não destrutiva de painéis sanduíches metálicos	X	X	X	-	X
Ensaio para certificação dos módulos estruturais em materiais compostos	-	-	-	-	X
Metrologia e montagem de componentes estruturais de concepções distintas: compostos, metálicos isotrópicos e sanduíches	X	X	X	-	X
Tecnologia eletrônica: desenho, seleção de materiais e componentes, fabricação, testes de circuitos para operar em condições climáticas extremas, implementação da eletrônica de proximidade do plano focal de acordo com o projeto da eletrônica de proximidade do OMB	-	-	-	X	-
Análise e controle térmico: estimativa dos níveis de radiação térmica e simulação dos efeitos de deformação por ela causados, incluindo o circuito de controle necessário para manter o sistema dentro das margens operacionais adequadas	-	-	X	X	X
Análise estrutural	-	X	X	-	-
Proteção contra radiação ionizante. Escolha dos materiais (vidro, no caso) e da espessura da caixa de alumínio e posição e blindagem dos componentes C-MOS	-	X	X	-	-
Garantia da rastreabilidade dos modelos ao longo das etapas de aquisição, fabricação, montagem, integração e testes.	-	-	-	X	X
Controle de configuração / qualificação para voo	-	-	-	-	X
Itens críticos – aquisição de componentes e materiais ópticos e materiais e componentes eletrônicos destinados ao controle térmico, MLI, isoladores, etc.,	Em desenvolvimento	Em desenvolvimento	Em desenvolvimento	-	X
Projeto de componentes mecânicos utilizando ferramentas de informática para modelamento sólido	X	X	X	-	-
Incorporação de insertos metálicos em painéis sanduíche através de colagem estrutural	-	-	-	-	-
Ensaio de vibração, aceleração, térmicos e estruturais	-	-	-	X	-
Processos de proteção superficial (pintura e alodinação, uso de níquel químico e estanho-chumbo, etc.)	-	-	-	X	-
FPGAs, com pouca disponibilidade no mercado	-	-	-	-	X
Adequação dos parâmetros dos processos de fabricação às novas dimensões e tipo de células solares e dos coverglases e verificação funcional do ferramental de fabricação	-	-	-	-	X
Ferramental de Fabricação dos MVs	-	-	-	X	X
Processo de fabricação dos SCAs, Módulos solares, laydown e cablagem	X	X	X	X	X
Projeto de STE (Subsystem Test Equipment), SCOE (Special Checkout Equipment), ESE (Equipam. suporte elétrico) e GSEs (Ground Support Equipment)	-	-	-	X	X
Geração da documentação de fabricação dos Modelos de Engenharia e elaboração do plano de verificação e plano de testes dos EM's	-	-	-	-	X

Importante salientar que as inovações, melhorias ou incrementos em produtos e processos, mesmo as que foram associadas pelas empresas à capacitação

tecnológica adquirida, também são atribuíveis à força de trabalho, à infraestrutura criada e ferramentas gerenciais e de controle da qualidade. A “paternidade” da inovação ou incremento, portanto, pode ser atribuída a mais de um grupo de competências, na grande maioria das situações. Em seção posterior, os casos de inovação e/ou incrementos identificados na pesquisa serão descritos com mais detalhe. Nesta oportunidade, os aspectos relacionados à paternidade de cada inovação ou incremento também serão novamente abordados.

d) Efeitos em Organizações e Métodos

Como grande parte das empresas que foram contratadas para o desenvolvimento de subsistemas dos satélites CBERS 3&4 já haviam atuado, de alguma forma, em projetos anteriores de satélites do próprio INPE, as metodologias de gestão de projetos espaciais e ferramentas gerenciais e de controle da configuração, da qualidade e do produto não eram exatamente novidade para a maioria. Ainda assim, houve significativa capacitação em organizações e métodos. Principalmente, as empresas alegam que houve um aprofundamento da implementação destes aspectos na cultura das empresas, que parece ter permanecido mesmo além dos contratos dos CBERS 3&4, conforme indicam a Tabela 7.7 e Figura 7.7 a seguir.

Tabela 7.7 – Capacitação industrial em Organizações e Métodos e efeitos indiretos decorrentes

Item	Capacitação industrial em Organizações e Métodos	Nº de empresas capacitadas em cada item	% de empresas capacitadas em cada item	Uso além do CBERS 3&4	% Uso além do CBERS 3&4	Efeitos indiretos decorrentes da capacitação
1	Qualificação, melhoria e otimização de processos e operações críticas	4	50,0%	4	100,0%	Melhorias de processos
2	Plano de Garantia do Produto e Equipe de Garantia do Produto com autoridade formal e independência das funções de projeto e fabricação	3	37,5%	3	100,0%	Melhoria de processos
3	Auditorias para avaliação de desempenho de subcontratados e fornecedores	3	37,5%	3	100,0%	Melhorias de processos
4	Gerenciamento e controle da configuração	3	37,5%	3	100,0%	Melhorias de processos
5	Requisitos de Garantia da Confiabilidade	3	37,5%	3	100,0%	Melhorias de processos
6	Plano de verificações e testes	3	37,5%	3	100,0%	Melhorias de processo
7	Controle e Configuração de documentos (matriz de documentos, configuração de docs emitidos, transferidos e recebidos, etc.)	3	37,5%	3	100,0%	Melhoria de processos
8	Gestão do Consórcio - parceria estratégica para o desenvolvimento de produto complexo	3	37,5%	1	33,3%	Melhoria em produtos e negócios
9	Implementação de processo de gerenciamento de riscos (identificação, avaliação e monitoramento de riscos)	2	25,0%	2	100,0%	Melhorias de processos
10	Gerenciamento de prazos e custos	2	25,0%	2	100,0%	Melhoria de processos
11	Tratamento de não conformidades	1	12,5%	1	100,0%	
12	Padronização e práticas de projeto e fabricação	1	12,5%	1	100,0%	Melhoria de processos
13	Criação de almoxarifado novo, exclusivo para os materiais deste projeto	1	12,5%	0	0,0%	
14	Balanço de massa e potência	1	12,5%	1	100,0%	Melhoria em produtos
15	Revisões de projeto (filosofia baseada em revisões - PDR, CDR, QR, AR)	1	12,5%	1	100,0%	Melhorias de processo

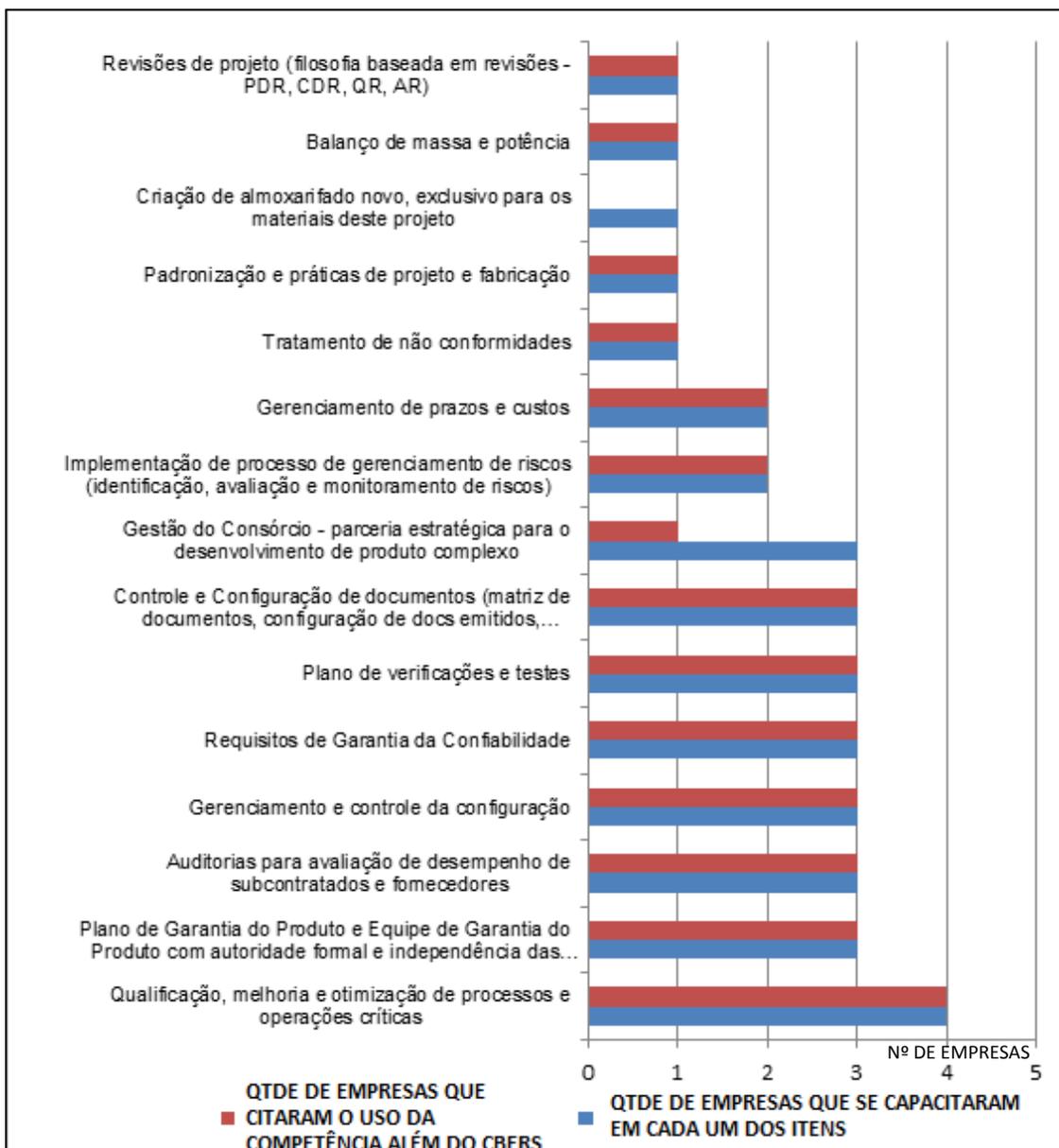


Figura 7.7 – Capacitação Industrial em Organizações e Métodos e incidência da utilização deste aprendizado além dos contratos CBERS 3&4

A frequência da utilização do aprendizado em organizações e métodos além dos produtos relacionados aos satélites CBERS 3&4 indica uma incorporação destas competências à cultura das empresas, o que representa um ganho significativo em capacitação industrial, sobretudo pelas especificidades que tornam o setor espacial tão exigente em termos de confiabilidade, rastreabilidade e qualidade, atributos valiosos para se lidar com produtos de alta intensidade tecnológica e alto valor agregado.

e) Efeitos comerciais:

Os efeitos comerciais foram avaliados em função dos aspectos contidos na Tabela 7.8 a seguir, extraídos das variáveis de análise da pesquisa para esta categoria de efeito industrial indireto.

Tabela 7.8 – Efeitos comerciais decorrentes da participação nos CBERS 3&4

Item	Efeitos comerciais resultantes da participação no Projeto CBERS 3&4	Nº de empresas que citaram os efeitos	Quantidade de efeitos comerciais	Descrição	
1	Cooperação Internacional	2	2	1. Com empresa canadense, em decorrência do CBERS 3&4. Desta parceria, resultou um produto novo para a empresa: divisor de potência para satélites de telecomunicações (Componente passivo de RF); 2. A incorporação por firma estrangeira ocorreu em decorrência da participação no Projeto CBERS 3&4;	
2	Cooperação com outras empresas nacionais	7	3	1. Parceria para participar de licitação no exterior para fornecer subsistema de satélite, tendo esbarrado na falta de qualificação em vôo; 2. Participação no Projeto CBERS 3&4 em Consórcio (4); 3. Validação do processo SMD com outra empresa contratada do CBERS (2)	
3	Transferência de tecnologia	Entre firmas	1	1	1. Através do consórcio, um aprendizado não formalizado e direto, mas houve;
		Entre unidades da mesma firma	0	0	
		Entre departamentos ou divisões da empresa	1	Diversos	1. Ocorreram spin-offs, como o refino do retinógrafo, e spin-ins, como o OCT para tomografia das câmeras de satélites
4	Criação de novo departamento ou divisão dentro da firma	2	2	1. Áreas que foram criadas como unidades de negócio e depois viraram novas firmas; 2. Criação de departamento de produção, em função dos CBERS 3&4	
5	Criação de uma nova firma, como uma subsidiária, por exemplo	2	3	1. O crescimento da divisão aeroespacial, que tinha sido criada em 1994, permitiu a decisão de dividir a empresa e separar as áreas médica e aeroespacial; 2 e 3. Foram criadas duas empresas, uma para o setor de saúde e outro para suporte ao setor de extração de petróleo.	
6	Criação de nova firma em conjunto com firma de outro setor	0	0		
7	Inovação de produtos	Criação de novo produto para o mercado	2	8	1. Inspeção não destrutiva peças de carbono; 2, 3 e 4. macas, cadeiras de rodas, fixadores para uso ortopédico; 5. Módulos para testes de vazamento de petróleo; 6. Olho de míssil; 7. Visores thermais;
		Criação de novo produto para a empresa	4	9	1. Estação meteorológica digital automática (precisa atualizar); 2 e 3. Projetos de engenharia (análise térmica e proteção contra radiação); 4. Colimador.
		Incremento em produtos existentes na empresa	7	8	1. Incremento no equipamento de monitoramento ambiental; 2. retinógrafo, laser retina, refino; 3. robustez a falhas, choque, vibração; 4. melhorias em radares; melhorias associadas a mísseis e lançadores; etc.
9	Transferência entre firma do setor espacial e firma de outro setor (licença, patente, etc.)	2	Diversos	1. Sim, na holding; 2. Sim, com as firmas que foram criadas;	
10	Assistência técnica prestada pela firma do setor espacial no desenvolvimento de produto por firma de outro setor	3	Diversos	1. Entre a firma do setor espacial e as firmas que foram criadas; 2. projetos que elabora para montadora de automóveis;	
11	Uso da participação no Programa Espacial Brasileiro como referência de marketing	8	Difícil de quantificar	1. Bons resultados: empresas procuram buscando parceria; 2. associação com qualidade (oftalmo); 3. capacidade de resolução de problemas; 4. similaridade tecnológica com outros setores; 5. é o maior diferencial da empresa;	

7.3 Inovações ou incrementos decorrentes da capacitação industrial gerada a partir da política de compras dos Satélites CBERS 3&4

Conforme descrito nos tópicos que apresentaram as capacitações industriais em cada uma das categorias investigadas, foram identificados diversos efeitos indiretos decorrentes da participação das 8 empresas pesquisadas no Programa CBERS 3&4.

Importante observar que estes efeitos indiretos – inovações de produtos, para o mercado nacional ou para a empresa, ou incrementos em produtos existentes, processos ou negócios – são atribuíveis a mais de uma categoria de capacitação industrial, o que justifica eventuais diferenças entre as quantidades de ocorrências apontadas na Tabela 7.6 e as descritas nesta seção. Aquela tabela referencia apenas os efeitos indiretos que foram gerados a partir da capacitação tecnológica adquirida, enquanto as demais possuem “*coeficiente de paternidade*”⁵¹ mais abrangente, conforme detalhamento que será feito ao longo da presente seção.

Os fenômenos de inovação ou incrementos identificados no estudo de caso como decorrentes da capacitação industrial gerada a partir das contratações nacionais para desenvolvimento de subsistemas para os satélites CBERS 3&4 encontram-se apresentados na Tabela 7.9 e ilustrados na Figura 7.8 a seguir.

Cabe lembrar que, embora a identificação destes efeitos indiretos tenha sido feita da forma mais exaustiva possível, muitos efeitos podem não ter sido capturados, por razões como confidencialidade, impossibilidade metodológica, humana ou material, como, por exemplo, aqueles gerados pela utilização da participação no programa espacial como referência de marketing. Assim sendo, os resultados ora apresentados devem ser considerados como “resultados

⁵¹ O termo coeficiente de paternidade é extraído da metodologia BETA e diz respeito ao quanto cada competência gerada pela política de compras do programa contribuiu para o efeito indireto em estudo.

mínimos” derivados da capacitação industrial decorrente da política de compras do Programa de Satélites CBERS 3&4.

Tabela 7.9 – Ocorrência de efeitos indiretos por empresa pesquisada

EMPRESA	Criação de produto novo p/ mercado nacional	Criação de produto novo para a empresa	Diversificação de produtos	Incremento em produtos existentes	Incremento em processos	Incremento em negócios	Outros efeitos comerciais
A	-	1	1	1	1	1	2
B	-	-	-	2	-	-	1
C	4	4	4	-	-	-	3
D	3	1	1	2	2	-	2
E	-	2	2	-	-	1	2
F	1	1	1	-	-	-	-
G	-	-	-	2	4	-	1
H	-	-	-	1	2	1	1
CONSOLIDADOS:	8	9	9	8	9	3	-
EM DESENVOLVIM.:	1	2	2	-	-	-	-



Figura 7.8 – Ocorrência de inovações, diversificação de produtos ou incrementos em produtos, processos e negócios.

Pela tabela acima, percebe-se que as empresas denominadas como “C” e “D” obtiveram resultados destacados quanto à geração de efeitos diretos em

decorrência da capacitação adquirida com a participação no projeto dos satélites CBERS 3&4. A metodologia da pesquisa não estabeleceu variáveis que permitissem isolar fatores e aferir com precisão as razões que levaram a estes resultados, mas é possível sugerir que o perfil destas empresas, mais que o tipo de capacitação adquirida (que poderia ser função do grau de inovação do subsistema desenvolvido), seja o principal fator responsável pelo desempenho apurado.

Uma das duas empresas possui departamento de P&D formalmente estabelecido há mais de 25 anos, tendo iniciado sua participação no Programa Espacial já como empresa bem estabelecida em um setor industrial intensivo em tecnologia. Este perfil muito destacado da empresa, de se debruçar sobre problemas tecnológicos e buscar solucioná-los com afinco e refinamento, tem contrapontos: se por um lado habilita a empresa a trabalhar com produtos de alta complexidade e elevado conteúdo tecnológico, por outro encarece seus produtos, que tendem a ter atributos que superam as expectativas do próprio cliente.

Quanto à outra empresa, o perfil a ser destacado é o empreendedorismo, conceito aqui utilizado com referência à capacidade de identificar e desenvolver oportunidades de criação de valor a partir das competências e habilidades adquiridas.

Feitas estas observações, as Tabelas 7.10, 7.11, 7.12 e 7.13 descrevem as inovações (para o mercado e para as empresas) e incrementos em produtos e processos, gerados em decorrência da capacitação tecnológica adquirida com a participação no desenvolvimento dos satélites CBERS 3&4, conforme segue.

Tabela 7.10 – Produtos novos para o mercado nacional gerados em decorrência da capacitação industrial adquirida a partir da política de compras do Programa CBERS 3&4

Setores clientes	Inovação - Produtos novos para o mercado	"Paternidade" da inovação
Aeronáutico, espacial, outros	Equipamento para inspeção não destrutiva de painéis metálicos. O equipamento que foi desenvolvido para testes dos painéis da estrutura do satélite está disponível para, inicialmente, exploração comercial em termos de serviço e, posteriormente, para reprodução e venda do próprio equipamento.	Tecnologia, infraestrutura e Fator de Trabalho
Saúde	Cadeiras de rodas de material compósito, muito mais leve que as disponíveis no mercado. Produto integralmente desenvolvido, em fase de exploração comercial.	Tecnologia, infraestrutura e Fator de Trabalho
Saúde	Macas para transporte aéreo (helicópteros de resgate), fabricadas com material compósito, muito mais leves que as disponíveis no mercado e com eletrônica embarcada. Produto integralmente desenvolvido, em fase de exploração comercial.	Tecnologia, infraestrutura e Fator de Trabalho
Saúde	Linha de fixadores para uso ortopédico, incluindo anéis de <i>Ilizarov</i> , componentes rádiotransparentes, em material compósito à base de fibra de carbono. Estes produtos são o carro chefe da nova empresa criada em decorrência da capacitação adquirida a partir do Programa CBERS 3&4, que é também a empresa que desenvolveu e busca explorar comercialmente os produtos de saúde acima descritos. Além destes produtos, a empresa "vende" sua capacidade de desenvolvimento de produtos, de fabricação de componentes em materiais compostos e sistemas eletrônicos.	Tecnologia, infraestrutura e Fator de Trabalho
Extração de Petróleo	Módulos para testes de vazamento de óleo em plataformas submersas (profundidade de 1200m) fabricados com materiais compostos e com eletrônica acoplada. Este produto foi fabricado uma única vez até o momento, mas está em fase final negociação para desenvolvimento de diversas unidades, com adaptações.	Tecnologia, infraestrutura e Fator de Trabalho
Defesa	Olho de míssil, com óptica em Infra Vermelho Thermal e rotina de realce e "traqueamento" de imagem, por rede neural. Empresa foi inicialmente requisita pelo Ministério da Defesa do Brasil para reproduzir produto de projeto da África do Sul, numa capacitação em parceria entre os dois países. Seu trabalho foi tão bem sucedido que foi escolhida posteriormente para fornecer o "olho de míssil" para a própria África do Sul.	Fator de Trabalho e infraestrutura
Defesa	Visor thermal para armas leves, não refrigerado, para visão noturna. Alcança alvos a 500m. Produto aguarda encomenda para produção seriada.	Fator de Trabalho e Infraestrutura
Defesa	Visor thermal para visão noturna, desenvolvido para o Míssil MSS 1.2, que utiliza técnica denominada " <i>beam-rider</i> " (seguidor de feixe), no qual o míssil é guiado em direção ao alvo por feixe laser. Refrigerado, alcança alvos a 8km. Produto aguarda encomenda para produção seriada.	Fator de Trabalho e Infraestrutura
Produto novo para o mercado nacional, em desenvolvimento:		
Espacial	Filtros ópticos, componente extremamente importante para sistemas ópticos e sujeito a rigoroso controle de exportação por parte dos países detentores da tecnologia. Previsto para ser utilizado em câmera óptica do satélite Amazonia-1, quando seria qualificado em voo e poderia ser explorado comercialmente.	Fator de Trabalho

As Figuras 7.9 a 7.11, a seguir, ilustram os produtos inovadores cujas imagens estavam acessíveis para serem incorporadas ao trabalho.



Figura 7.9 – Ilustração de fixador para uso ortopédico, “*spin-off*” do CBERS 3&4
Fonte: SELAZ



Figura 7.10 – Ilustração de visor thermal para visão noturna para uso em armas leves, “*spin-off*” do CBERS 3&4
Fonte: OPTO

Tabela 7.11 – Produtos novos para as empresas gerados em decorrência da capacitação industrial adquirida a partir da política de compras do programa CBERS 3&4

Setores clientes	Inovação - Produtos novos para a empresa	"Paternidade" da inovação p/ empresa
Automobilístico	Serviço de projeto para montadora de automóveis: estudo de cockpit, projeto e testes. Este serviço antes era mandado fazer na Polônia, até que a empresa demonstrou competência para a prestação de serviços, a partir de capacitação adquirida com os CBERS 3&4 em análise térmica e estrutural;	Tecnologia, infraestrutura (softwares dedicados), fator de Trabalho
Aeronáutico Espacial	Serviços de projeto de engenharia para o setor aeronáutico e espacial para países estrangeiros – projeto de aviônica, por exemplo – a partir de capacitação adquirida com os CBERS 3&4 em análise térmica, estrutural e proteção contra radiação ionizante;	Tecnologia, infraestrutura (softwares dedicados), fator de Trabalho
Espacial	Colimador desenvolvido para substituir o equipamento Trioptics.	Fator de Trabalho e infraestrutura
Produto novo para a empresa, em desenvolvimento:		
Monitoramento ambiental	Estação meteorológica digital automática, desenvolvida pela equipe contratada para atuar nos CBERS 3&4, mas precisando de atualização para exploração comercial.	Fator de Trabalho

As inovações descritas nas tabelas 7.10 e 7.11 foram consideradas também como diversificação de produtos, razão pela qual o quantitativo é correspondente e não foi novamente representado.

Merece destaque, ainda, um caso de “*spin-in*” identificado que permitiu o desenvolvimento de equipamento para fazer “tomografia” em câmeras imageadoras de satélites, a partir de experiência anterior na área médica com equipamentos de tomografia da retina. Este equipamento é em si uma inovação, embora tenha utilização restrita aos produtos ópticos do próprio setor espacial, razão pela qual não foi computado como “externalidade” no escopo deste trabalho, mas como ferramenta inovadora para desenvolvimento do próprio produto espacial contratado.

Tabela 7.12 – Incrementos em produtos existentes gerados em decorrência da capacitação industrial adquirida a partir da política de compras do Programa CBERS 3&4

Setores clientes	Incrementos em produtos existentes	"Paternidade" do incremento
Espacial, Energia	Fabricação de SCAs e módulos solares, "laydown" e cablagem, utilizando células solares com tecnologia de tripla junção. Este produto chegou a ser exportado para países europeus, para uso espacial. Sem este aprendizado tecnológico (tripla junção), a empresa considera que estaria fora do mercado	Tecnologia
Defesa	Incremento de produtos de defesa (robustez a falhas por vibração e choque e resistência mecânica e estrutural)	Tecnologia; Organização e Métodos
Saúde	Refinamento de projeto óptico para retinógrafo (uso médico oftalmológico) a partir de refinamento óptico das câmeras de satélites;	Tecnologia; Infraestrutura; Organizações e Métodos
Defesa	Estabilização térmica de apontador a laser acoplado ao míssil MSS 1.2	Fator de trabalho
Saúde	Estabilização de cavidade laser para uso médico a partir de competência em controle térmico	Fator de trabalho
Controle do tráfego aéreo	Alguns produtos do portfólio da empresa passaram a vir acompanhados de sistemas de testes automatizados, em função da tecnologia de testes (ESE, STE e SCOE) utilizada nos testes de subsistemas dos CBERS 3&4	Organizações e Métodos; Tecnologia
Controle do tráfego aéreo	Tratamento superficial com níquel químico e estanho-chumbo, usado em subsistema do CBERS 3&4, foi utilizado na melhoria de radares de controle de tráfego aéreo	Tecnologia
Monitoramento ambiental	incremento de equipamento de monitoramento ambiental, desenvolvido com apoio da equipe de engenharia que atuou nos CBERS 3&4, e que depois se tornou o principal produto da empresa, em termos de faturamento (55% em 2012)	Fator de trabalho
Defesa/ Espaço	Melhoria do módulo experimental do Projeto SARA, desenvolvido para o DCTA	Tecnologia; Fator de trabalho

Tabela 7.13 – Incrementos em processos gerados em decorrência da capacitação industrial adquirida a partir da política de compras do Programa CBERS 3&4

Setores clientes	Incrementos em processos	"Paternidade" do incremento
Espacial, energia	O uso da células de tripla junção exigiu melhorias de processos, como soldagem e rigor no manuseio;	Organizações e Métodos
Saúde	A experiência com GSEs melhorou o procedimento de testes de aceitação de produtos médicos, que puderam ser melhor enquadrados nas normas médicas;	Tecnologia, Organizações e Métodos
Controle de tráfego aéreo e espacial	Uso da ferramenta ADS reduziu custos e riscos, por economia de h/h de engenharia;	Tecnologia, Infraestrutura, Organizações e Métodos
Controle de tráfego aéreo e espacial	Uso de fresadora automática melhorou repetibilidade e qualidade;	Infraestrutura
Defesa	Os testes automatizados (usando a experiência com STEs, ESE e SCOE dos produtos espaciais) levaram a melhoria de processos relacionados a sistemas de guerra eletrônica;	Tecnologia e Organizações e Métodos
-	Os processos de uma empresa em específico melhoraram por haver uma pessoa dedicada à Garantia do Produto na equipe;	Organizações e Métodos e Fator de Trabalho
-	O aprendizado relacionado ao uso de norma da ESA de verificação e testes exigida pelo INPE para os CBERS 3&4 levou a empresa a revisar seus procedimentos de verificação e testes de forma geral;	Organizações e Métodos
-	Duas empresas citaram a ocorrência de melhorias de processos em geral atribuindo a fatores como infraestrutura e tecnologia, sem, no entanto, ter sido específicas quanto às melhorias.	Tecnologia e Infraestrutura

Com relação ao incremento em processos, cabe citar que foram identificados casos de qualificação de subcontratados dos fornecedores contratados pelo INPE para desenvolvimento e fornecimento de subsistemas dos satélites CBERS 3&4. Alguns casos que podem ser citados são: fornecedor para fabricação de parafuso de titânio, sendo que este parafuso em si, já consiste numa disponibilização local de produto que antes tinha que ser importado; fornecedores para tratamento superficial (pintura, anodização, alodinação), fabricantes de placas de circuito impresso.

Como, no entanto, o objetivo da pesquisa foi identificar os resultados industriais decorrentes da relação contratual firmada entre o INPE e seus fornecedores nacionais de equipamentos e subsistemas dos satélites CBERS 3&4, estes efeitos de segundo nível não foram explorados.

Finalmente, quanto ao incremento em negócios, tem-se que o aprendizado nas ferramentas gerenciais exigidas pelo Programa CBERS 3&4 amadureceu seus fornecedores, habilitando-os para, por exemplo, fornecer, na condição de subcontratada, serviços de projeto de engenharia para a empresa estrangeira que a adquiriu. Ainda, uma das empresas citou que a experiência de parceria no desenvolvimento de produto complexo, através de consórcio, melhorou seu desempenho em negócios.

8. CONCLUSÕES

A partir da premissa de que a capacitação industrial é um dos objetivos principais do Programa Espacial Brasileiro e que o INPE vem exercendo esta diretriz através de contratações firmadas com empresas nacionais para o desenvolvimento de subsistemas e equipamentos para seus projetos de satélites, esta tese teve como objetivo responder aos seguintes questionamentos: quais foram as estratégias de desenvolvimento e contratações dos projetos de satélites conduzidos pelo INPE? As compras públicas relacionadas aos projetos de satélites do INPE contribuíram para a capacitação de seus fornecedores? Como esta capacitação tem ocorrido? As compras públicas para desenvolvimento de subsistemas de satélites do INPE têm contribuído para a transferência do conhecimento adquirido no setor espacial para outros setores?

Para responder a estas perguntas, esta pesquisa foi desenvolvida em diferentes etapas: consultas documentais e entrevistas com funcionários do INPE para sistematização de dados sobre as estratégias de desenvolvimento e contratações dos projetos de satélites do INPE, desde os SCD-1&2 até os recentes CBERS 3&4 e Amazonia-1; estudo de caso relacionado às contratações específicas dos satélites CBERS 3&4.

As estratégias de desenvolvimento e contratações dos satélites SCD-1&2, SCD-2B, SACI-1&2, CBERS-1&2, CBERS-2B e CBERS-3&4 foram apresentadas de maneira detalhada, buscando caracterizar cada subsistema que compôs cada um dos satélites, tanto quanto à solução tecnológica utilizada quanto à estratégia de desenvolvimento escolhida à época, levando em consideração a maturidade tecnológica tanto da instituição contratante – o INPE – quanto a disponibilidade de competência industrial no mercado nacional no período em que estes projetos foram desenvolvidos.

A construção do histórico de desenvolvimento destes projetos e a análise do adensamento tecnológico por subsistema permitiu perceber que de uma a

outra geração de satélite foram ocorrendo incrementos tecnológicos graduais nos projetos, bem como um crescimento também gradual da participação industrial, num processo que incluiu: i) a saída de algumas empresas que atuaram no projeto dos CBERS 1&2 e que não participaram dos CBERS 3&4 ou mesmo do CBERS 2B, seja por dificuldades financeiras ou por desinteresse em continuar atuando no setor espacial; ii) a atração de empresas já estabelecidas em outros setores e que precisaram adaptar sua metodologia de trabalho às características próprias de projetos espaciais; iii) a consolidação de empresas, formadas por ex-funcionários do próprio INPE, capacitados em projetos de satélites anteriores.

A capacitação industrial e adensamento tecnológico da cadeia produtiva que se pôde perceber de uma a outra geração de satélites foi investigada de forma mais detalhada no Programa CBERS 3&4, a partir de estudo de caso conduzido com uma amostra selecionada de fornecedores nacionais que desenvolveram os subsistemas mais inovadores em comparação aos subsistemas dos satélites desenvolvidos anteriormente.

Este estudo de caso buscou compreender com profundidade a capacitação industrial gerada, investigando que tipo de aprendizado e que tipo de competência industrial foram construídos, o que as firmas fizeram com este aprendizado e competência industrial e quais foram os efeitos indiretos derivados deste processo de conhecimento, em termos de novos mercados, produtos, tecnologias, processos; introdução de novos métodos de gerenciamento; mudanças na estrutura organizacional; uso da participação em projetos espaciais como uma referência de marketing; incremento da capacitação técnica dos funcionários e aprimoramento da infraestrutura industrial. Ainda, o trabalho procurou identificar a transferência do conhecimento adquirido por estas firmas contratadas para outros setores com os quais a cadeia de fornecimento do CBERS também se relaciona.

Como resultado do estudo de caso, foi identificado que cerca de 34% das competências necessárias para a execução dos subsistemas contratados dos satélites CBERS 3&4 foram implementadas ou apreendidas a partir da assinatura dos contratos e que, com poucas exceções, em que as competências eram muito específicas para o produto espacial desenvolvido, quase toda a capacitação industrial adquirida foi utilizada em outros produtos ou mercados nos quais a cadeia de fornecimento dos CBERS 3&4 também atua.

A utilização da capacitação industrial gerada a partir destes contratos permitiu a geração de vários efeitos indiretos identificados na pesquisa, conforme descrito a seguir:

- Foram criados nove produtos novos para o mercado nacional, permitindo, por exemplo, a criação de nova empresa do setor de saúde que já nasce com características de empresa inovadora e capaz de disponibilizar no mercado interno uma linha de produtos de razoável conteúdo tecnológico que antes só estavam disponíveis em países estrangeiros;
- Foram criados treze produtos novos para as empresas, nos quais estão incluídos os produtos novos para o mercado acima mencionados;
- Ocorreram oito casos de incrementos em produtos que já faziam parte do portfólio de produtos das empresas pesquisadas e que habilitaram, em alguns casos, os produtos para o mercado internacional (melhoria de qualidade e atendimento a normas e padrões internacionais) e, em outros casos, permitiram a própria permanência da empresa em atividade num período de “intervalo” entre o fim dos contratos dos CBERS 3&4 e uma nova fase de contratações para novos projetos;
- Foram gerados resultados comerciais, além da exploração dos próprios produtos novos para as empresas, como parcerias comerciais

internacionais e parcerias entre firmas, num processo de fortalecimento de competências e coordenação de esforços extremamente valioso;

- Os produtos novos para o mercado nacional e novos para as empresas gerados a partir da capacitação industrial gerada a partir das contratações relacionadas aos CBERS 3&4 são de alto valor agregado e envolvem aprendizagens tecnológicas de nível intermediário a avançado.

Os resultados da pesquisa permitem ainda afirmar que o INPE, atuando como demandante de tecnologia em seus programas de satélites, desempenha diversos papéis descritos como fundamentais em Sistemas Nacionais de Inovação, conforme segue:

- i. como usuário exigente, capaz de desafiar seus fornecedores e estimular a inovação através do estabelecimento de padrões elevados de qualidade e de alimentá-los com “feedbacks” e “inputs” de conhecimento, a partir da competência acumulada de experiências anteriores;
- ii. na coordenação e difusão de tecnologia, já que permite que o aprendizado adquirido a partir de uma relação contratual possa ser transmitido para outros fornecedores, em relações contratuais firmadas posteriormente, além de estimular, através de suas encomendas tecnológicas, o surgimento de parcerias comerciais na cadeia de fornecimento, inclusive entre empresas rivais, num movimento que poderia ser interpretado como minimização dos efeitos de “desperdício e duplicação de esforços” mencionados por Nelson (1993 e 2006). Esta é apenas uma hipótese que poderia ser melhor verificada em uma pesquisa futura, no entanto, já que os elementos desta pesquisa não permitem inferir quanto a isto;

- iii. como centro especializado de pesquisa vinculado a um setor estratégico, de alta intensidade tecnológica e atuando na fronteira com outros setores também considerados estratégicos, como o aeronáutico e defesa;

Não é trivial que uma organização pública tenha competência suficiente para identificar adequadamente necessidades (atuais e futuras) da sociedade, capturá-las e traduzi-las em demandas e requisitos funcionais capazes de induzir soluções inovadoras em setores industriais considerados de ponta – condição que Edler (2009) chama de “*pré-requisito estratégico*” para o sucesso de políticas do lado da demanda. O INPE parece reunir todas estas características, o que potencializa a possibilidade de utilização de seu papel como demandante para a indução de capacitação industrial e fomento à inovação.

Sendo capaz de avaliar o desafio tecnológico, sua utilidade e aplicabilidade e o grau de viabilidade técnica em relação à capacitação local disponível, além de ser capaz de acompanhar o processo de desenvolvimento tecnológico, as contratações de cunho tecnológico relacionadas aos projetos de satélites do INPE parecem dispor de recursos privilegiados que nem sempre estão disponíveis em outros tipos de instrumentos de fomento à inovação.

A capacitação industrial e adensamento tecnológico decorrentes dos projetos de satélites do INPE nos últimos 20 anos permitiram a criação de uma cadeia de fornecimento capaz de responder a desafios tecnológicos classificados por Silva (2009) como de nível intermediário (“*learning by design*”) a avançado (“*learning by improved design*”). O próximo passo deste processo de capacitação poderia ser a criação de competência em integração de sistemas, condição necessária para o estabelecimento de um “*prime-contractor*” que facilite a exploração comercial das competências que vêm sendo acumuladas ao longo de todos estes anos, sobretudo com a proximidade da qualificação em voo destes produtos, com o lançamento dos CBERS 4 e Amazonia-1.

A despeito da capacitação industrial identificada e descrita nesta tese, as empresas pesquisadas passam, atualmente, em sua maioria, por dificuldades financeiras, decorrentes do intervalo entre projetos, portanto intervalos sem grandes contratações. Além disso, os próprios contratos dos satélites CBERS 3&4 são apontados pela maioria das empresas como deficitários, em função da grande extensão de prazo em relação ao previsto à época da assinatura dos contratos, sem a possibilidade jurídica de se fazer uma reavaliação de custos, já que, conforme alegam as empresas, os custos destes contratos, fortemente baseados na componente “*homens/hora de engenharia especializada*”, são fortemente impactados na medida em que esta componente de custo se prolonga.

Outra observação frequente por parte das empresas, também relacionada à dilatação entre os prazos previstos inicialmente e os efetivamente gastos na execução do contrato, diz respeito ao cronograma físico-financeiro de reembolso, baseado em marcos contratuais pré-definidos e vinculados a constatações objetivas quanto ao avanço da maturação do projeto e fabricação do produto. Como estes são contratos de desenvolvimento muito sujeitos a ocorrências imprevisíveis “*ex ante*”, e sendo proibido, em contratos administrativos, a antecipação de pagamento, é comum que os investimentos necessários para realização do objeto previsto nos marcos contratuais demorem a serem ressarcidos às empresas – após cumprimento integral do objeto e completa verificação e aceitação por parte do INPE – gerando ônus financeiros marginais que os contratos administrativos não permitem considerar.

As consequências destes problemas são agravadas em razão da grande maioria das empresas que atuam nestes projetos serem de pequeno porte, não possuindo, dessa forma, capacidade financeira suficiente para suportar os acréscimos de custos decorrentes dos acréscimos de prazos ou os longos intervalos de tempo para reembolso das despesas que incorrem para realizar suas atividades.

Apesar de todas as dificuldades administrativas e legais descritas, esta pesquisa conclui que as contratações públicas para fornecimento ou desenvolvimento de subsistemas dos projetos de satélites do INPE permitiu o estabelecimento de uma cadeia de fornecimento para o setor, cuja participação nos projetos vem crescendo continuamente, bem como a capacitação industrial e adensamento tecnológico da cadeia de fornecimento, acompanhando os desafios tecnológicos também crescentes propostos pelo INPE nestes projetos.

A política de compras do programa CBERS 3&4 gerou uma significativa capacitação industrial em termos tecnológicos, de infraestrutura, de recursos humanos e de organizações e métodos. A capacitação industrial gerada em decorrência destes contratos foi amplamente utilizada em outros produtos ou serviços de outros setores nos quais a cadeia de fornecimento pesquisada também atua, tendo levado a um número significativo de inovações, tanto para as empresas quanto para o mercado nacional, bem como melhorias incrementais em produtos, serviços ou processos. Desta forma, é possível afirmar que a política de compras do Programa CBERS 3&4 foi de cunho inovativo.

O modelo de compras públicas praticado pelo INPE para o programa CBERS 3&4, que está entre o modelo neo-schumpeteriano e o modelo com transferência de tecnologia do usuário para o fornecedor, ambos caracterizados na seção 2.3 desta tese, pode ser tomado como referência para outros segmentos em que o governo tenha a oportunidade de atuar em proximidade com setores de alta intensidade tecnológica, a fim de fomentar o desenvolvimento de novos produtos de alto valor agregado enquanto busca satisfazer necessidades humanas ou solucionar problemas sociais.

9. SUGESTÕES E PROPOSTAS

As compras públicas relacionadas aos projetos de satélites, conduzidos pelo INPE desde os anos 1980 até os dias atuais, contribuíram para a capacitação de seus fornecedores e adensamento tecnológico da cadeia produtiva relacionada ao setor, bem como para a geração de uma vasta relação de efeitos industriais diretos e indiretos e inovações e incrementos em produtos e processos.

Para que estes resultados possam ser potencializados, no entanto, é necessário que as próximas contratações de cunho inovativo relativas a projetos de satélites expressem de modo mais direto os objetivos de capacitação industrial e sejam planejadas de modo a orientar a cadeia de fornecimento na direção pretendida.

Este direcionamento poderia destacar habilidades e características desejáveis para fornecedores participantes destas contratações, como perfil inovador e capacidade empreendedora, através de atributos que possam ser aferidos objetivamente e considerados como critério de pontuação no processo seletivo do fornecedor.

É fato que a legislação geral de compras do governo brasileiro não permite o privilégio de fornecedores em função destes atributos. Esta dificuldade pode ser sensivelmente reduzida a partir da utilização de marcos legais alternativos, como a Lei de Inovação, ou mesmo o uso de parcerias estratégicas através de mecanismos como o Inova Aerodefesa.

Assim, o INPE poderia diferenciar seus processos de compras relacionados aos projetos de satélites em função do conteúdo inovador, classificável, por exemplo, através de indicadores como níveis de maturidade tecnológica e de fabricação, e em decorrência desta classificação, selecionar os projetos ditos “recorrentes” para serem contratados através da Lei Geral de compras do governo federal (Lei nº 8.666/93), enquanto se utilizaria destes outros

mecanismos legais para as contratações envolvendo riscos tecnológicos ou onde o foco da contratação possa ser a criação de competência industrial, tanto quanto a aquisição do próprio objeto pretendido.

Como sugestão, porém, que poderia ser válida para quaisquer tipos de contratações, é que o INPE especifique com clareza os atributos desejáveis para seus fornecedores de projetos de satélites, dentro destes critérios de perfil inovador e empreendedorismo, e orientem as empresas neste sentido durante o processo de acompanhamento de execução contratual, visando induzir e facilitar o processo de geração de inovação a partir da utilização das competências industriais decorrentes das contratações.

Ainda, para potencializar o papel do INPE como usuário demandante de tecnologia e instituição especializada de desenvolvimento de setor industrial estratégico, sugere-se ao instituto que:

- estabeleça uma estrutura interna – setor ou departamento – focado no planejamento, implementação e avaliação de políticas industriais, com funções de identificar e catalogar tecnologias espaciais e fazê-las conhecidas do setor privado; identificar e catalogar “*spin-ins*” e “*spin-offs*” resultantes de seus projetos, apoiando as empresas na geração, identificação e difusão destes efeitos indiretos na sociedade e economia;
- fortaleça suas competências para antecipar as demandas por funções que solucionem problemas sociais e possam ser satisfeitos através da encomenda de sistemas espaciais inovadores;
- busque coordenar as necessidades tecnológicas de seus produtos espaciais com necessidades tecnológicas para solução de problemas industriais e de setores estratégicos para o país;
- busque atuar junto aos formuladores e apoiadores da implementação de marcos legais em busca de soluções legais que lhe permita definir de

forma mais explícita os objetivos de capacitação industrial em suas licitações para desenvolvimento de subsistemas de satélites, definindo critérios tanto para escolha de fornecedores que tenham maior potencial de aproveitamento da capacitação industrial a ser adquirida quanto para avaliação de desempenho do contrato em função deste objetivo.

Com relação às empresas, uma observação importante pontuada na pesquisa diz respeito à capacidade das firmas de expandirem suas atividades mantendo a qualidade, confiabilidade, repetibilidade e capacidade de cumprir prazos. Esta dificuldade certamente decorre das especificidades e exigências relacionadas ao setor espacial, levando as competências a ficarem muitas vezes concentradas em profissionais específicos e gerando a necessidade de compartilhar sempre os mesmos recursos (humanos), ainda que para um número maior de demandas.

Considerando que o trabalho de desenvolvimento de um produto espacial é muitas vezes artesanal e fortemente dependente de recursos específicos e limitados, propõe-se como estudo futuro o desenvolvimento de uma metodologia de gestão, fomento e qualificação do conhecimento e competências tecnológicos, visando sistematizar métodos e processos e facilitar a fixação da aprendizagem tecnológica.

Outros trabalhos futuros que poderiam complementar os resultados desta pesquisa poderiam ser: i) investigação aprofundada a respeito do perfil da cadeia de fornecimento dos projetos de satélites, quanto à capacidade de aprendizagem tecnológica, de inovação e de empreendedorismo; ii) avaliação do INPE como instituição de coordenação de esforços de P&D, evitando ou minimizando desperdícios e duplicações de esforços no esforço industrial relacionado ao setor.

Ainda, os resultados industriais apontados nesta tese podem ser posteriormente utilizados como base para estudos que pretendam aplicar a

metodologia BETA de modo completo e, desta forma, calcular os impactos econômicos gerados pelos investimentos feitos no Programa CBERS 3&4.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBEY, G. W. S. 2013 Spotlights and the U.S. space program: problems and solutions. In: PAYAN, T. (ed.). **Policy recommendations for the Obama administration**. Houston, TX: James A. Baker III Institute for Public Policy of Rice University, 2013.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **Programa nacional de atividades espaciais: PNAE: 2012-2021**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Agência Espacial Brasileira, 2012.

AHO. **Creating an innovative Europe**: report of the independent expert group on R&D and innovation appointed following the Hampton Court Summit and chaired. Luxembourg: European Commission, Jan. 2006.

ALDRIN, A. J. Economia e comércio espacial em um contexto estratégico. In: SADEH, E. (ed.). **Space strategy in the 21st century: theory and policy**. Maxwell, USA.: USAF Air, 2013. Series: Space power and politics. Simultaneously published in the USA and Canada by Routledge, 2013.

ALMEIDA, M. **Desafios da real da política industrial brasileira do século XXI**. Brasília: IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2009. Texto para discussão n.1452.

AMERICAN ACADEMY OF ARTS AND SCIENCES. Debating the future of US space policy. **Space Policy**, v. 25, p. 264-266, 2009.

ASCHHOFF, B.; SOFKA, W. **Innovation on demand** – can public procurement drive market success of innovations. Mannheim, Germany: Centre for European Economic Research (ZEW), Jul. 2008. Discussion paper n.08-052.

ASCHHOFF, B.; SOFKA, W. Innovation on demand – can public procurement drive market success of innovations? **Research Policy**, v.38, pp. 1235-1247, 2009.

AVELLAR, A. P. M. **Metodologias de avaliação de políticas tecnológicas: uma resenha a partir de experiências internacionais. Versão II**. Santiago do Chile: Nações Unidas e CEPAL, 2005. Relatório de Pesquisa. :

BACH, L. **International context of space industry**: position paper on policies adopted to foster space industry and support its activities, especially in Europe and Japan. 2006. Estudo encomendado para o Planejamento Estratégico do INPE. Disponível em <http://www.inpe.br/twiki/pub/Home/DocumentosPlanejamento/CPA-025-2006_v1_01-12-06.pdf>, acesso em 15 jan. 2014.

BACH, L.; COHENDET, P.; SCHENK, E. Technology transfer from European space programs: a dynamic view and comparison with other R&D projects. **Journal of Technology Transfer**, v. 27, p. 321-338, 2002.

BESHA, P. Policy making in China's space program: a history and analysis of the Chang'e lunar orbiter project. **Space Policy**, v.26, p. 214-221, 2010.

BHASKARANARAYANA, A.; VARADARAJAN, C.; HEDGE, V.S. Space-based societal applications: relevance in developing countries. **Acta Astronautica**, v.65, p. 1479-1486, 2009.

BROOKS, H. National science policy and technological innovation. In: LANDAU, R.; ROSENBERG, N. **The positive sum strategy**: harnessing technology for economic growth. Washington DC: National Academy Press, 1986.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **A política espacial brasileira**. Relator: Rodrigo Rollemberg; Elizabeth Machado Veloso (coord.); Alberto Pinheiro de Queiroz Filho ... [et al.]. Brasília: Edições Câmara, 2009.

CANO, W. A desindustrialização no Brasil. **Revista Economia e Sociedade**, número especial, v. 21, p. 831-851, Campinas, dez. 2012.

CARAYANNIS, E. G. et al. High-Technology spin-offs from government R&D laboratories and research universities. **Technovation**, v.18, n.1, p. 1-11, 1998.

CARDOSO, E. F. **Plano Brasil maior**: avaliação preliminar. Trabalho de graduação de curso. Unicamp, Campinas, SP, 2011.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. 2.ed. São Paulo: Paz e Terra, 1999. v.1.

CASTRO, A. B. A rica fauna da política industrial e a sua nova fronteira. **Revista Brasileira de Inovação**, v.1, n.2, p. 253-274, Jul./Dez. 2002.

CHAGAS Jr, M. F. **Criação e exercício de capacitações em integração de sistemas:** explorando interações entre formas de aprendizagem tecnológica – o caso do Programa CBERS. Tese (Doutorado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) – ITA, São José dos Campos, SP, 2009.

CHAGAS Jr., M. F.; CABRAL, A. S.; OLIVEIRA, M. E. R.; BUENO, L. A. R.. Criação de capacitações em integração de sistemas: o caso do programa CBERS. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 24., 2006, Gramado. **Anais...** Gramado, 2006.

CHAGAS Jr, M.; CABRAL, A. Criação de capacitações em integração de sistemas: o caso do programa CBERS. **Revista de Administração e Inovação**, v.7, n.2, p. 34-59, São Paulo, 2010.

COBB, W. N. W. Who's supporting space activities? an 'issue public' for US space policy. **Space Policy**, v.27, p.234-239, 2011.

COHENDET, P. Evaluating the industrial indirects effects in technology programmes: the case of the European Space Agency (ESA). In: OECD CONFERENCE ON POLICY EVALUATION IN INNOVATION AND TECHNOLOGY, 26 e 27 de Jun., 1997, Paris. **Proceedings...** Paris: OECD, 1997.

COLE, J. et al. **Science the endless frontier:** learning from the past, designing for the future. Columbia: University of Columbia, 1994-1996. Disponível em: <<http://www.cspo.org/products/conferences/bush/fulltexthighlights.pdf>>.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL/ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (CND/ABDI). **Plano Brasil maior:** relatório de acompanhamento das medidas setoriais. Brasília, set. 2013.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL/ AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (CNDI/ABDI). **Plano Brasil maior:** relatório de acompanhamento das medidas sistêmicas. Brasília, out. 2013.

CONSTANTE, J. M. **Spin-offs:** um estudo de casos em pequenas e médias empresas brasileiras de base tecnológica. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2011.

CORONEL, D. A.; CAMPOS, A. C.; AZEVEDO, A. F. Z. Política industrial e desenvolvimento econômico: a reatualização de um debate histórico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 40. 11 a 14 de dez., 2012, Porto de Galinha. **Anais...** ANPEC, 2012.

COSTA FILHO, E. J. **A política científica e tecnológica no setor aeroespacial brasileiro**: da institucionalização das atividades ao fim da gestão militar – uma análise do período 1961-1996. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Unicamp, Campinas, 2000.

COSTA FILHO, E. J. **A dinâmica da cooperação espacial sul-sul**: o caso do programa CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite). Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Unicamp, Campinas, 2006.

DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. Evolução recente dos indicadores de produtividade no Brasil. In: IPEA. **RADAR – Tecnologia, Produção e Comércio Exterior**, n.28. IPEA: Brasília, 2013.

DELOITTE. **Overview of Indian space sector 2010**. 2010. Disponível em <http://www.deloitte.com.br/publicacoes/2007/A&D_Overview_Indian_Space_Sector2010.pdf>, acesso em 11 jul.2013.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS (DIEESE). **Desindustrialização**: conceito e situação do Brasil. São Paulo, 2011. Nota Técnica n. 100.

DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. **Technical change and economic theory**. London: Pinter Publishers, 1988.

DOSI, G.; NELSON, R. R. An introduction to evolutionary theories in economics. **Journal of Evolutionary Economics**, v.4, p.153-172, 1994.

DUBOS, G. F.; MACDONALD, A. Tracking cost and schedule growth of unmanned spacecraft: lessons learned from NASA's CADRe database. IAC - INTERNATIONAL ASTRONAUTIC CONGRESS, 60., 2009, Daejeon, Coréia do Sul. **Proceedings...** IAC, 2009.

DUPAS, A. Asia in space: the awakening of China and Japan. **Space Policy**, v 4, n. 1, Feb., p. 31-40, Feb. 1988.

ECORYS. **FWC sector competitiveness studies – competitiveness of the EU aerospace industry with focus on: aeronautics industry.** Within the framework contract of sectoral competitiveness studies – ENTR/06/054. Client: Munich: European Commission, Directorate-General Enterprise & Industry. Final Report., Dec., 2009.

EDLER, J. Demand policies for innovation in EU CEE countries. In: WORKSHOP INNOVATION FOR COMPETITIVENESS INCOM, 2009, Prague. **Session 5.** Prague, 2009.

EDLER, J.; GEORGHIOU, L. Public procurement and innovation – resurrecting the demand side. **Research Policy**, v.36, 2007.

EDQUIST, C.; HOMMEN, L. **Government technology procurement and innovation theory.** Linköping, Sweden: Department of technology and Social Change, Linköping University, 1998.

EDQUIST, C.; HOMMEN, L. Systems of innovation: theory and policy for the demand side. **Technology in Society**, v.21, p. 63-79, 1999.

EDQUIST, C.; HOMMEN, L.; TSIPOURI, L. **Public technology procurement and innovation.** : Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2000.

EDQUIST, C.; ZABALA-ITURRIAGAGOITIA, J. M. Public procurement for innovation as mission-oriented innovation policy. **Research Policy**, v.41, p 1757-1769, 2012.

ELIASSON, G. **Advanced public procurement as industrial policy: the aircraft industry as a technical university.** London: Springer, 2010.

ESA-ESTEC. European Cooperation for Space Standardization - ECSS. **Space project management – configuration and information management.** Noordwijk, 2009. (ECSS-M-ST-40C_Rev.1)0 2009.

ESA-ESTEC. European Cooperation for Space Standardization - ECSS. **Space engineering – system engineering general requirements.** Noordwijk, 2009. (ECSS-E-ST-10C)0 2009.

ESA-ESTEC. European Cooperation for Space Standardization - ECSS. **Space project management – project planning and implementation.** Noordwijk, 2009. (ECSS-M-ST-10C_Rev.1)0 2009.

ESCADA, P. A. S. **Origem, institucionalização e desenvolvimento das atividades espaciais brasileiras (1940-1980)**. Dissertação (Mestrado em Ciência Política) – Unicamp, Campinas, maio. 2005.

EUROCONSULT. **Government space markets: world prospects to 2017**. Paris, Nov. 2008.

EUROPEAN EXPERT GROUP. **Public procurement for research and innovation: developing procurement practices favourable to R&D and innovation**. Brussels, Sept. 2005.

FIGUEIREDO, P. N. Aprendizagem tecnológica e inovação industrial em economias emergentes: uma breve contribuição para o desenho e implementação de estudos empíricos e estratégias no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, v.3, n.2, jul./dez. 2004.

FRAUNHOFER ISI. **Innovation and public procurement: review of issues at stake**. Germany, Dec. 2005. Final Report.

FREANER, C., BITTEN, B., BEARDEN, D., EMMONS, D. An assessment of the inherent optimism in early conceptual designs and its effect on cost and schedule growth. In: PLANETARY SCIENCE SUBCOMMITTEE, NASA ADVISORY COUNCIL, 2008, Greenbelt, MD. **Meeting Report...** NASA GSFC, Jun. 2008.

FURTADO, A. T.; COSTA FILHO, E. J. Avaliação de impactos econômicos do Programa do Satélite Sino Brasileiro (CBERS). In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2002, 6-8 de nov. Salvador. **Anais...** 2002.

FURTADO, A. T.; CARVALHO, R. Q. Padrões de intensidade tecnológica da indústria brasileira: um estudo comparativo com os países centrais. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 1, p. 70-84, jan./ mar. 2005.

FURTADO, A. T. Novos arranjos produtivos, estado e gestão da pesquisa pública. **Revista Ciência e Cultura – Temas e Tendência**, ano 57, n. 1, p. 41-45, 2005.

FURTADO, J. **Estrutura e dinâmica da indústria aeroespacial: subsídios para a identificação de trajetórias possíveis para o desenvolvimento brasileiro**. São Paulo: USP, 2006. Estudo encomendado para o Planejamento Estratégico do INPE, 2006. Disponível em http://www.inpe.br/twiki/pub/Home/DocumentosPlanejamento/CPA-046-2006_v1_18-12-06.pdf, acesso em 15 jan.2014.

GADELHA, C. A. G. Política industrial: uma visão neo-schumpeteriana sistêmica e estrutural. **Revista de economia política**, v. 21, n. 4 (84), p. 149-171, out./dez. 2001.

UNITED STATES GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE (GAO). **Space acquisitions**: improvement needed in space systems acquisition and Keys to achieving them. Washington, D.C., 2006. Statement of Cristina T Chaplain. (GAO-06-626T).

UNITED STATES GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE (GAO). **Space acquisitions**: actions needed to expand and sustain use of best practices. Washington, DC, 2007. Statement of Cristina T Chaplain. (GAO-07-730T).

GAUBERT, A.; LEBEAU, A. Reforming european space governance. **Space Policy**, v.25, p. 37-44, 2009.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: UAB/UFRGS, Editora da UFRGS, 2009. Série educação à distância.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. 8ª reimpressão. São Paulo: Atlas, 2006.

GODIN, B. The Linear Model of Innovation: the historical construction of an Analytical Framework. **Science, Technology & Human Values**, v.31, n.6, p.639-667, nov. 2006.

GOPALASWAMY, B.; WANG, T. The science and politics of an Indian ASAT capability. **Space Policy**, v.26, p. 229-235, 2010.

GREMAUD, A. P. et al. **Manual de Economia**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

GT04 - GRUPO TEMÁTICO n.04 (GT04). **Dinâmica econômica e produtiva dos setores empresariais relacionados às atividades do INPE**. São José dos Campos: INPE, jan. 2007.

HANDBERG, R. Estratégia especial chinesa e revolução política. In: SADEH, E. (ed.). **Space Strategy in the 21st century**: theory and policy. Maxwell, USA: USAF Air, 2013. Series: Space power and politics. . Simultaneously published in the USA and Canada by Routledge, 2013.

HERTZFELD, H. R. Measuring returns to space research and development. In: HERTZFELD, H. R.; GREENBERG, J. S. (edS.). **Progress in astronautics and aeronautics: space economics**, v. 144. [S.l]: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1992. v. 144.

HERTZFELD, H. R. Technology transfer in the space sector: an international perspective. **Journal of Technology Transfer**, v.27, p. 307-309, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Lista de produtos da indústria**. prodlist-indústria 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/prodlist_industria/2010/Lista_deprodutos2010.pdf>, acesso em 19 jan.2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatísticas de empreendedorismo**: análise dos resultados, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/empreendedorismo/comentarios.pdf>>, acesso em 12 nov.13.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pintec 2008**, apresentação de 29/10/2010. Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2013/03/14/3317/20130314103131654351u.pdf>, acesso em 19 jan. 14.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de inovação tecnológica**: 2008. Rio de Janeiro, 2010. 164p.Coordenação da Indústria.

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Indústria e política industrial no Brasil e em outros países**. maio, 2011. Disponível em: <<http://retaguarda.iedi.org.br/midias/artigos/4e29efc37b032090.pdf>>, Acesso em 26 nov.13.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, v.28. Brasília: IPEA, 2013.

IRELAND PROCUREMENT INNOVATION GROUP. **Using public procurement to stimulate innovation and SME access to public contracts**. Dublin: Department of Enterprise, Trade & Employment July. 2009.

JENSEN, M. B.; JOHNSON, B.; LORENZ, E.; LUNDVALL, B. A. Forms of knowledge and modes of innovation. **Research Policy**, v.36, p. 680-693, 2007.

JOHNSON-FREESE, J. The future of the Chinese space program. **Futures**, v. 41, p. 566-568, 2009.

KASTURIRANGAN, K. Indian space programme. **Acta Astronautica**, v.54, p. 841-844, 2004.

KATZ, J. A dinâmica do aprendizado tecnológico no período de substituição das importações e as recentes mudanças estruturais no setor industrial da Argentina, do Brasil e do México. In: KIM, L.; NELSON, R. (eds). **Tecnologia, aprendizado e inovação**: as experiências das economias de industrialização recente. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

KIM, L.; NELSON, R. **Tecnologia, aprendizado e inovação**: as experiências das economias de industrialização recente. Campinas: Editora da Unicamp: 2005.

KLINE, S. J.; ROSENBERG, N. An overview of innovation. In: LANDAU, R.; ROSENBERG, N.(eds.). **The positive sum strategy**: harnessing technology for economic growth. Washington DC: National Academy Press: 1986.

KULACKI, G.; LEWIS, J. **A place for one's mat: China's space program, 1956-2003**. Cambridge: American Academy of Arts and Sciences, 2009.

KUPFER, D. Política industrial. **Econômica**, v.5, n.2, Rio de Janeiro, p. 91-108, dez. 2003. Impressa em maio de 2004.

LALL, S. A mudança tecnológica e a industrialização nas economias de industrialização recente da Ásia: conquistas e desafios. In: KIM, L.; NELSON, R.(eds.). **Tecnologia, aprendizado e inovação**: as experiências das economias de industrialização recente. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

LEE, K. O aprendizado tecnológico e o ingresso de empresas usuárias de bens de capital na Coreia do Sul. In: KIM, L.; NELSON, R.(eds.). **Tecnologia, aprendizado e inovação**: as experiências das economias de industrialização recente. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

LOGSDON, J. M. Change and continuity in US space policy. **Space Policy**, v.27, p. 1-2, 2011.

MACEDO, M. M. **Redes de Pesquisa Formação e Mercado de Trabalho. Produtividade: algumas observações**. Seminário ABDI-IPEA, 26 out. 2012.

MARQUES, F. S. **Compras públicas no Brasil e EUA: análise da concorrência segundo o paradigma estrutura-conduta-desempenho.** Finanças Públicas: X Prêmio Tesouro Nacional, 2005.

MATTOS, P. L. C. L. A entrevista não-estruturada como forma de conversação: razão e sugestões para sua análise. **Revista de Administração Pública**, v.39, n.4, p. 823-847, Rio de Janeiro, jul./ago. 2005.

MAZZONI, M. de O.; QUEIROZ, S. R. R.; CONSONI, F. L.; PEDROSA, R. A participação da engenharia nas atividades de pesquisa e desenvolvimento da indústria de transformação brasileira: uma análise a partir da pesquisa de inovação tecnológica. **Revista Gestão e Conexões**, v. 2, n. 2, Vitória, ES, jul./dez. 2013.

MEDEIROS, E. S.; CLIFF, R.; CRANE, K.; MULVENON, J. C. **A New direction for China's defense industry.** Project Air Force. RAND Corporation, 2005.

MINARDI, B. E. de C.; VITA, F. L. M. (et al.). Modelo de estudo das spin-offs de uma incubadora de empresas de base tecnológica. **Revista eletrônica Produção & Engenharia**, v.4, n.1, p. 374-384, Jan./Jun. 2013.

MIRANDA, K. A. C. L. **Política de compras do Comando da Aeronáutica e o aprendizado tecnológico de fornecedores.** Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica). Unicamp, Campinas, 2008.

MOLTZ, J. C. Space and strategy: from theory to policy. In: SADEH, E. (ed.). **Space strategy in the 21st century: theory and policy.** Maxwell, USA: USAF Air, 2013. Series: Space power and politics. Simultaneously published in the USA and Canada by Routledge, 2013.

MONSERRAT FILHO, J. **Como a China pretende se tornar uma superpotência espacial?** Agência Espacial Brasileira, 2012. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/2012/01/como-a-china-pretende-se-tornar-uma-superpotencia-espacial-3/>>, acesso em 16 jul.13.

MOREIRA, H. C.; MORAIS, J. M. **Compras governamentais: políticas e procedimentos na Organização Mundial de Comércio, União Europeia, NAFTA, Estados Unidos e Brasil.** Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, dez. 2002. Texto para discussão n.930.

MOREIRA, M. F.; VARGAS, E. R. O papel das compras governamentais na indução de inovações. **Contabilidade, Gestão e Governança**, v.12. n.2, p.35-43, Brasília, mai./ago. 2009.

MOREIRA, M. F.; VARGAS, E. R. Compras para a inovação: casos de inovações induzidas por clientes públicos. **Revista de Administração Mackenzie**, v.13, n.5. São Paulo, set./out. 2012.

MORICOCCHI, L.; GONÇALVES, J. S. Teoria do desenvolvimento econômico de Schumpeter: uma revisão crítica. **Revista Informações Econômicas**, v. 24, n.8, ago. 1994.

MOWERY, D.; ROSENBERG, N. **Trajetórias da inovação**: a mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no século XX. Campinas: Editora da Unicamp, 2005. Clássicos da Inovação.

MURRAY III, W. S.; ANTONELLIS, R. China's space program: the dragon eyes the moon (and Us). Foreign Policy Research Institute, Space, **Orbis**, v. 47, n. 4, p. 645-652, 2003. DOI:10.1016/S0030-4387(03)00084-X.

MURTHI, K. R. S.; MADHUSUDAN, H. N. Strategic considerations in Indian space programme – towards maximizing socio-economic benefits. **Acta Astronautica**, v.63, p. 503-508, 2008.

MURTHI, K. R. S.; SHOBA, T. S. Technology transfer trend in Indian space programme. **Acta Astronautica**, v.67, p. 942-946, 2010.

NASA. **Spinoff 2012**. Catálogo. Disponível em <<http://spinoff.nasa.gov/>>, acesso em 11 jul. 13.

National space policy of the United States of America. Seal of the President of the United States of America. Jun. 28, 2010. Disponível em <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/national_space_policy_6-28-10.pdf>, acesso em 11 Jul. 2013.

NELSON, R. R.; ROSENBERG, N. Technical Innovation and National Systems. In: NELSON, Richard (ed.). **National innovation systems**: a comparative analysis. New York: Oxford University Press 1993. p. 3-21.

NELSON, R. R. **National innovation systems**: a comparative analysis. New York: Oxford University Press, 1993.

NELSON, R. O capitalismo como motor de progresso. In: NELSON, R. (ed.). **As fontes do crescimento econômico**. Campinas: Clássicos da Inovação. Editora da Unicamp, 2006.

NELSON, R. R. What enables rapid economic progress: what are the needed institutions? **Research Policy**, v. 37, p. 1-11, 2007.

OLIVEIRA, F. **Brasil-China – 20 anos de cooperação espacial: CBERS – o satélite da parceria estratégica**. São Carlos: Editora Cubo, 2009.

OLIVEIRA, M. E. R.; MIGUEZ, R. R. B. Apresentação do setor espacial brasileiro sob a ótica dos aglomerados (clusters). **WORKSHOP EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS, 2. (WETE)**, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. DVD. ISSN 2236-2606. Disponível em: <<http://urlib.net/J8LNKAN8RW/3BASJ55>>. Acesso em: 06 fev. 2014.

OREIRO, J. L.; FEIJÓ, C. A. Desindustrialização: conceituação, causas, efeitos e o caso brasileiro. **Revista de Economia Política**, v.30, n. 2 (118), p. 219-232, abr./jun. 2010.

ORLANDO, V.; KUGA, H. K. Os satélites SCD1 e SCD2 da Missão Espacial Completa Brasileira – MECB. In: WINTER, O. C.; PRADO, A. F. B. A. (orgs.). **A conquista do espaço: do Sputnik à Missão Centenário**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2007. ISBN 978-85-88325-89-0.

PEETERS, W. Overview of the Space sector. **NordicBaltSat, 2010**. Vilnius, Lithuania: October, 2010. Disponível em: <http://www.space-lt.eu/failai/Prezentacijos/Walter%20Peeters_%20Overview%20of%20the%20Space%20Sector.pdf>, acesso em 10 Dez.13.

PORTER, M. E. **A vantagem competitiva das nações**. 10. ed. Rios de Janeiro: Editora Campus, 1989.

PORTER, M. E. **On Competition**. Boston: Harvard University, 1999.

PORTER, M. E. **Clusters of innovation initiative**: Wichita. Council on Competitiveness. Boston: Harvard University, 2000.

RIBEIRO, C. G.; INÁCIO JR., E.; FURTADO, A. T.; et al. Metodologia de avaliação de projetos de P&D do setor elétrico. CONGRESSO LATINO-IBEROAMERICANO DE GESTÃO DE TECNOLOGIA – ALTEC 2013, 15.,2013, Porto, Portugal, 27-31 out. **Anais Eletronicos...** 2013. Disponível em: <http://www.altec2013.org/programme_pdf/1122.pdf>. Acesso em 28/01/2014.

RIBEIRO, V. C. S. **Análise de modelos gerenciais para institutos públicos de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) - Unicamp, Campinas, 2013.

ROLFSTAM, M. Public procurement as an innovation policy tool: the role of institutions. **Science and Public Policy**, v.36, p. 349-360, Jun. 2009.

SACHDEVA, G.S. Política e estratégia espacial da Índia. In: SADEH, E. (ed.). **Space Strategy in the 21st century: theory and policy**. Maxwell, USA: USAF Air, 2013. Series: Space power and politics. . Simultaneously published in the USA and Canada by Routledge.

SADEH, E. Space policy challenges facing the Barack Obama administration. **Space Policy**, v.25, p. 109-116, 2009.

SADIN, S. R.; POVINELLI, F. P.; ROSEN, R. The NASA technology push towards future space mission systems. **Acta Astronautica**, v.20, p. 73-77, 1989.

SALLES-FILHO, S.; BIN, A.; FERRO, A. F. P. Abordagens abertas e as implicações para a gestão de C,T&I. **Revista Conhecimento e Inovação**, ano 4, n.1, Campinas, 2008.

SANTOS, B. V.; MARSHALL, P. M.; TIETZE, V. D. Avaliação dos atrasos dos contratos industriais e os graus de maturidade tecnológica (TRL) e de fabricação (MRL). In: WORKSHOP EM ENGENHARIA E TECNOLOGIA ESPACIAIS, 4. (WETE), 2013, São José dos Campos. **Resumos...** São José dos Campos: INPE, 2013. On-line. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3F4BGEP>>. Acesso em: 06 fev. 2014.

SCHWARTZ, M. European policies on space science and technology 1960-1978, **Research policy**, v.8, p. 204-243, 1979.

SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS (SAE). **Desafios do programa espacial brasileiro**. Brasília: Presidência da República do Brasil, 2011.

SENADO FEDERAL. **Revista Em Discussão**. Ano 3, n. 12, Brasília, set. 2012. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/jornal/emdiscussao/Upload/201203%20-%20setembro/pdf/em%20discuss%C3%A3o!_setembro_2012_internet.pdf>, acesso em 12 nov. 2013.

SHEEHAN, M. 'Did you see that, grandpaMao?' The prestige and propaganda rationales of the Chinese space program. **Space Policy**, v.29, p. 107-112, 2013.

SHERWOOD, R. M. **Propriedade intelectual e desenvolvimento econômico**. São Paulo: Editora da USP, 1992.

SHILU, C.; HUI, Y.; YUANLI, C.; XIAOPING, Z. Progress and development of the space technology in China. **Acta Astronautica**, v. 46, n.9, p. 559-563, 2000.

SILVA, C. G. R. S. **A política de compras de entidades públicas como instrumento de capacitação tecnológica: o caso da Petrobrás**. Dissertação (Mestrado Política Científica e Tecnológica) - Unicamp, Campinas, 2005.

SILVA, C. G. R. S. **Compras governamentais e aprendizagem tecnológica: uma análise da política de compras da Petrobras para seus empreendimentos off-shore**. Tese (Doutorado Política Científica e Tecnológica). Unicamp, Campinas, 2009.

SILVA, H. E. S. **Verificação de requisitos ambientais nos projetos espaciais por meio de testes: estratégias de verificação e ensaios ambientais aplicados a modelos de qualificação e voo no Programa CBERS**. 2012. 195 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2012/03.16.13.06-TDI). Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3BH8S5L>>. Acesso em: 06 fev. 2014.

SILVA, T. S. Notas sobre a economia ricardiana. **Revista eletrônica Pensamento e Realidade** n.13, Ano VI, PUC, São Paulo, 2003.

SMITH, A. **Riqueza das nações**. Introdução da edição revista em 2007. [S.l.]: Hemus, 2008.

SOUZA, P. N. **Introdução à tecnologia de satélites**: missões e segmentos. São José dos Campos: INPE, 2008.

SOUZA, P. N. **Programas espaciais e tecnologia de satélites**. 2010. Disponível em <http://educacaoespacial.files.wordpress.com/2010/10/ijespacial_04_tecnologia_de_satelites.pdf>. Acesso em 20 ago. 2013.

SOUZA, P. N. **Introdução à tecnologia de satélites**: o ambiente espacial. INPE, São José dos Campos, 2012. Disponível em <http://www.inpe.br/twiki/pub/Main/IntroducaoTecnologiaSatelites/160_Satelites_P2.1.1_v5.2_2012.pdf>. Acesso em 23 jan.2014.

SPACE FOUNDATION. **Pioneering**: sustaining U.S. leadership in space. Washington: Space Foundation, 2012.

SPACE FOUNDATION. **The space report 2013**: the authoritative guide to global space activity. Washington DC: Space Foundation, 2013.

SQUEFF, G. C.; DE NEGRI, F. Produtividade do trabalho e rigidez estrutural no Brasil nos anos 2000. In: IPEA. **RADAR – Tecnologia, produção e comércio exterior** n. 28. IPEA: Brasília, 2013.

STANDISH GROUP INTERNATIONAL, INC. **Extreme chaos**. 2001. Disponível em: <http://www.vertexlogic.com/processOnline/processData/documents/pdf/extreme_chaos.pdf>, Acesso em fev. 2010.

SUZIGAN, W. Experiência histórica de política industrial no Brasil. **Revista de Economia Política**, v. 16, nº 1 (61), p. 5-20, jan/mar. 1996.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J. Política Industrial e Desenvolvimento. **Revista de Economia Política**, v. 26, n. 2 (102), p. 163-185, abr./jun. 2006.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J. Instituições e políticas industriais e tecnológicas: reflexões a partir da experiência brasileira. **Estudo Econômico**, v.40, n.1, p. 7-41, São Paulo, jan./mar. 2010.

TIGRE, P. B. Paradigmas tecnológicos e teorias econômicas da firma. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 4, n.1, p. 187-223, jan./jun. 2005.

TORRES, R. L. A inovação na teoria econômica: uma revisão. In: ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE, 6., 2012, Joinville. **Anais...** Associação de Pesquisadores em Economia Catarinense, 2012.

VASCONCELLOS, R. R.; AMATO NETO, J. Fatores críticos na transferência de tecnologia no setor espacial: estudo de caso de programas de parceria das agências espaciais do Brasil (AEB) e dos EUA (NASA). **Revista Produção**, v.22, n.4, p. 851-864, set./dez.2012.

WOOD, D.; WEIGEL, A. Charting the evolution of satellite programs in developing countries – the space technology ladder. **Space Policy**, v.28, p. 15-24, 2012.

YILIN, Z. Space exploration in China. **Space Policy**, p. 69-70, Feb. 1993.

YILIN, Z.; FUXIANG, X. Status and prospects of China's programme. **Space Policy**, v.13, n. 1, p. 69-75, Feb. 1997.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

**ANEXO A – EXEMPLO DE INSTRUMENTO DE PESQUISA APLICADO
JUNTO AO CONTRATANTE**

Instrumento – Fiscal Técnico

Questionário Estruturado - Subsistema Câmera WFI CBERS 3&4

Elaborado com base nos questionários: Pintec 2000; Silva (2009); Mattos (2005).

Entrevistado:

Telefone(s) para contato:

E-mail:

A. Percepção quanto ao perfil da empresa contratada

Avaliar com notas entre 0 a 4 o quanto a empresa contratada apresenta o atributo em questão, sendo:

- (0) Não apresenta
- (1) Apresenta insuficientemente
- (2) Apresenta
- (3) Apresenta satisfatoriamente
- (4) Apresenta de forma muito satisfatória

- () Comprometimento
- () Qualidade
- () Confiabilidade/ repetibilidade
- () Comunicação com cliente
- () Credibilidade/ transparência
- () Foco no prazo
- () Proatividade/ iniciativa na busca de soluções
- () Criatividade
- () Capacidade de aprendizado
- () Parceria
- () Outro: _____
- () Outro: _____

Etapa II – Avaliação dos Efeitos Industriais Diretos e Indiretos

Objetivo: apurar, sob a perspectiva do contratante, o grau de implementação das competências definidas à época da MDR como necessárias para a consecução do trabalho contratado.

A. Criação ou ampliação de Infraestrutura Industrial

Competência identificada na MDR	Ponderação por relevância (0-100%)	Grau de implementação da Competência ⁽¹⁾
1 – Estações de trabalho com ferramentas como: Microsoft Office, Open office, Proengineer, Nastran, Patran, Sater, Pcad, LabView.		
2 – Sistema integrado de arquivo, controle, geração e atualização de informações e dados entre os consorciados baseados em FTPs e intranets.		
3 – Almoarifados exclusivos e dedicados ao projeto WFI, com proteção ESD, temperatura e umidade controladas e anexas às áreas de fabricação.		
4 – Oficina de ótica com precisão com geradoras esféricas, máquinas de polimento, refratômetros, interferômetros e estoque de materiais ópticos.		
5 – Evaporadoras de alta capacidade e precisão		
6 – Limpadoras por ultra-som		
7 – Câmaras limpas		
8 – Laboratório com equipamentos eletroeletrônicos de medição e testes, bancadas para montagens eletrônicas, controle ESD, estações de solda com controle efetivo de temperatura, ferramentas básicas de montagem convencional e SMD		
10 – Laboratório para montagem de subconjuntos ópticos e eletrônicos com controle ESD, bancadas e ferramentas adequadas a montagens eletroeletrônicas e ópticas		
11 – Ampliações, adequações em instalações já existentes assim como a construção de novas áreas		
12 – Sala classe 100K com 30m ² , de construção modular, com monitoramento dos parâmetros de temperatura, umidade e contaminação em tempo real. Esta sala comportará quatro estações de montagens dotadas de todos auxílios, equipamentos e ferramentas necessárias a montagens de Placas de Circuito Impresso usando tecnologia convencional e também de montagem superficial, (SMD) segundo as normas aplicáveis.		
13 – Sala 10K com aproximadamente 150m ² a qual será utilizada para a integração, ajustes e testes, já em construção para o contrato MUX/ Opto		
14 – Ferramentas “proengineer” e “solidworks” e ferramentas para cálculo de elementos finitos, tais como PATRAN, NASTRAN, e para análise térmica o SATER.		
15 – Os dados de engenharia serão trocados entre as empresas do consórcio através dos padrões IGES ou STEP.		
16 – Centros de usinagem, CNC, tornos CNC e demais equipamentos e ferramentas para produção de componentes mecânicos.		

(1) Grau de Implementação:

0 – Não implementado;

1 – Insuficientemente implementado;

2 – Implementado;

3 – Bem implementado;

4 – Muito bem implementado.

A – Subcontratação prevista satisfatória

B – Subcontratação prevista insatisfatória

Observações: _____

B. Efeitos Tecnológicos

Competência identificada na MDR	Ponderação por relevância (0-100%)	Grau de implementação da Competência ⁽²⁾
1 - Tecnologias de gestão, em função da parceria estratégica (consórcio) para o desenvolvimento de produto complexo;		
2 - Tecnologia óptica: Desenho óptico sofisticado, próximo ao limite de difração do sistema, exigindo o uso de materiais sofisticados e precisos;		
3 - Tecnologia óptica: Utilização da técnica de "dose limite" para o projeto óptico com relação à radiação;		
4 - Tecnologia óptica: Escolha dos materiais ópticos em função dos ensaios de radiação com vidros ópticos;		
5 - Tecnologia óptica: Montagem e alinhamento do sistema óptico da câmera - criticidade em função da necessidade de perfeito alinhamento dos dois canhões ópticos;		
6 - Tecnologia óptica: Passagem do ar para o vácuo e impacto da temperatura sobre a eletrônica do equipamento;		
7 - Tecnologia eletrônica: Implementação da eletrônica de proximidade do plano focal de acordo com o projeto da eletrônica de proximidade do OMB;		
8 - Análise e controle térmico: ambiente térmico do WFI é mais crítico que o da MUX em função do posicionamento e tamanho do subsistema, exigindo aperfeiçoamento dos modelos térmicos em relação aos da MUX;		
9 - Análise estrutural: Reforço do sistema de fixação dos dois canhões ópticos, uma vez que não há envelope mecânico para os dois conjuntos ópticos;		
10 - Modelagem da WFI e procedimentos de simulação		
11 - Proteção contra radiação ionizante: ângulo sólido correspondente ao campo de visada sem qualquer blindagem. Escolha dos materiais (vidro) e da espessura da caixa de alumínio e posição e blindagem dos componentes C-MOS;		
12 - Garantia da rastreabilidade dos modelos de Câmera ao longo das etapas de aquisição, fabricação, montagem, integração e testes. Dificuldade adicional pelo fato das atividades serem feitas em empresas diferentes com sistemas de gestão diferentes, exigindo um esforço no projeto dos procedimentos operacionais para conhecimento integral das contrapartes e do INPE quanto à configuração dos produtos entregues;		
13 - Containers: embalagens bem sofisticadas e custosas.		
14 - Itens críticos, de responsabilidade do INPE: lead-time e possibilidade de embargos		

(2) Grau de Implementação:

0 – Não implementado;

1 – Insuficientemente implementado;

2 – Implementado;

3 – Bem implementado;

4 – Muito bem implementado.

A – Subcontratação prevista satisfatória

B – Subcontratação prevista insatisfatória

Observações: _____

C. Efeitos em Organizações e Métodos

Competência identificada na MDR	Ponderação por relevância (0-100%)	Grau de implementação da Competência ⁽³⁾
1 - Gestão do consórcio - parceria estratégica para desenvolvimento de produto complexo, exigindo tecnologias de gestão como portais corporativos, intranets e redes FTP, fonconferência		
2 - Organização do projeto em grupos: atividades de caráter sistêmico (WFI-PT) e integrador e atividades de caráter especializado (quatro grupos: <i>opto electronic block; signal processing electronics; structural and thermal hardware; ground support equipment</i>)		
3 - Implementação de processo de gerenciamento de riscos: identificação, avaliação, atuação e monitoramento de riscos, implementados de maneira cíclica ao longo do ciclo de vida do projeto;		
4 - Árvore do produto		
5 - Estrutura de Divisão do Trabalho (EDT ou WBS), baseada nos preceitos da norma IEEE 1220;		
6 - Matriz de alocação de responsabilidades (documentos e produtos)		
7 - FDD: Disciplina Funcional de Projeto (associada à integração do subsistema WFI e engenharia de sistemas e associada ao projeto, desenvolvimento e fabricação dos componentes do WFI, ao nível de blocos ou assemblies, e GSE)		
8 - Comunicação com o contratante e entre as consorciadas		
9 - Documentação e informação (armazenamento, proteção e confidencialidade, não ambiguidade, modularização e padronização, status e controle de revisão, etc.)		
10 - Gerenciamento de prazos e custos		
11 - Suporte logístico integrado		
12 - Registro de propriedades do documento		
13 - Equipe de Garantia do Produto com autoridade formal e independência das funções de projeto e fabricação;		
14 – Ciclo de vida de Projetos Espaciais, com revisões autorizando o projeto a passar para a etapa seguinte de desenvolvimento;		
15 – Qualificação de processos e operações críticas;		
16 – Auditorias para avaliação de desempenho de subcontratados e fornecedores;		
17 – Padronização e controle de práticas de projeto e fabricação;		
18 – Utilização do Sistema Internacional de Unidades;		
19 – Gerenciamento e Controle da Configuração;		
20 - Requisitos de Garantia da Confiabilidade;		
21 - Segurança - ECSS-Q-40 - demonstração de que o equipamento será fabricado, armazenado, transportado, instalado e testado com segurança durante todas as fases do projeto		
22 – Considerar critérios de Manutenibilidade desde o início do projeto;		
23 – Tratamento de não-conformidades – classificação, notificação, MRBs, etc.;		
24 – Garantia da Qualidade de Software (SQA).		

(3) Grau de Implementação:

0 – Não implementado;

1 – Insuficientemente implementado;

2 – Implementado;

3 – Bem implementado;

4 – Muito bem implementado.

A – Subcontratação prevista satisfatória

B – Subcontratação prevista insatisfatória

Observações: _____

D. Efeitos relacionados ao Fator de Trabalho

Competência identificada na MDR	Ponderação por relevância (0-100%)	Grau de implementação da Competência ⁽⁴⁾
1 - Coordenação do Contrato		
2 - Gerentes técnicos		
3 - Suporte ao gerenciamento		
4 - Garantia da Qualidade		
5 - Garantia do Produto		
6 - Engenheiro de desenvolvimento		
7 - Engenheiro de projeto		
8 - Testes funcionais e ambientais		
9 - Fabricação de sistemas eletroeletrônicos embarcados		
10 - Engenheiro Eletrônico Senior com experiência em projeto e simulação de circuitos eletrônicos		
11 - Técnico eletrônico com experiência em layout de placas de circuito impresso		
12 - 3 técnicos eletrônicos com experiência em montagens de PCIs		
13 - Projetista estrutural		
14 - Projetista térmico		
15 - Projetista Mecânico		
16 - Analista térmico		
17 - Responsável pelo projeto e fabricação do GSEs		
18 - Programador com experiência em LabView		
19 - Especialista em Óptica Sênior		
20 - Técnico eletrônico com experiência em integração de sistemas		
21 - Equipe de especificação, projeto, fabricação e testes do Bloco opto-eletrônico (27 especialistas, 12 funcionários na engenharia do produto, 35 funcionários na oficina mecânica, 25 funcionários na oficina óptica e 8 funcionários no departamento de garantia do produto)		
22 - Novas contratações no Departamento de Gestão de Desenvolvimento		
23 - Novas contratações no Departamento de Garantia do Produto		
24 - Treinamento para os técnicos eletrônicos operadores de montagens de PCIs, de acordo com normas ESA		
25 - Treinamento geral para utilização das áreas limpas		

(4) Grau de Implementação:

0 – Não implementado;

1 – Insuficientemente implementado;

2 – Implementado;

3 – Bem implementado;

4 – Muito bem implementado.

A – Subcontratação prevista satisfatória

B – Subcontratação prevista insatisfatória

Observações: _____

**ANEXO B – EXEMPLO DE INSTRUMENTO DE PESQUISA APLICADO
JUNTO ÀS EMPRESAS CONTRATADAS**

Instrumento Piloto – Empresa Contratada

Questionário Estruturado – Subsistema Câmera MUX – CBERS 3&4

Elaborado com base nos questionários: Pintec 2000; Silva (2009); Mattos (2005).

Entrevistado: _____
Cargo: _____
Telefone(s) para contato: _____
E-mail: _____

Etapa I – Caracterização da Empresa

A. Identificação da Empresa e Caracterização Geral

1.1 Nome da Empresa/ Razão Social:

1.2 Endereço Completo:

1.3 Telefone:

1.4 Endereço Eletrônico:

1.5 Ano de Fundação:

1.6 Origem (nacionalidade) do capital controlador da empresa:

() Nacional

() Estrangeiro. Desde: _____. Localização: _____

() Nacional (%) e estrangeiro (%). Desde: _____. Localização: _____

1.7 Número atual de funcionários:

Planta	Total de Funcionários	Distribuição dos Funcionários			
		Engenharia	Qualidade e GP	Produção	Administração

1.8 Situação da empresa:

() Em operação

() Extinta por falência

() Extinta por fusão total, cisão total ou incorporação

() Impossibilitada (ou recusa) de prestar informações

Observações: _____

1.9 Mudança estrutural ocorrida nos últimos 5 anos:

() Fusão ou cisão total

() Cisão parcial

() Incorporação de/por outra empresa

() Alteração de CNPJ por motivos distintos dos anteriores.

Observações: _____

1.10 Experiência anterior de fornecimento pro setor aeroespacial:

B. Localização Setorial

2.1 Indicação da localização setorial da empresa e cadeia de fornecedores e clientes:

Setores Industriais ⁽¹⁾		Empresa	Fornecedores	Clientes
Intensidade Tecnológica	Indústria			
Baixa Intensidade	Alimentos, bebidas e fumo			
	Têxtil, confecção e calçados (incluindo bolsas e artefatos de couro)			
	Madeira, papel, celulose, edição e gráfica			
	Minerais não-metálicos, metalurgia básica, produtos metálicos, móveis e diversos (extração de carvão, petróleo, gás natural, minérios, metais preciosos; extração de pedra, areia e argila; extração e refino de sal e pedras preciosas; produção de ferroligas; metalurgia; fabricação de estruturas metálicas; usinagem, solda; serralheria; joalheria)			
Média-baixa Intensidade	Refino e Outros (refino e derivados de petróleo; álcool; bicombustíveis)			
	Química, Borracha e Plástico (adubos e fertilizantes; produtos químicos orgânicos e inorgânicos, ex.: hidrazina; resinas; tintas, vernizes; explosivos; catalisadores; artefatos de borracha; tubos plásticos; cimento, cal e gesso; vidros; produtos cerâmicos)			
	Farmacêutica (farmoquímicos, medicamentos)			
Média-alta Intensidade	Informática (componentes eletrônicos, circuito impresso, artefatos de madeira; computadores, máquinas automotivas; periféricos)			
	Máquinas e Equipamentos (aparelhos eletrodomésticos; fabricação de motores e turbinas, exceto para aviões e veículos rodoviários; equipamentos hidráulicos e pneumáticos, exceto válvulas; transporte e elevação de cargas e pessoas; refrigeração e ventilação; máquinas-ferramentas)			
	Instrumentos (aparelhos eletromédicos; aparelhos, equipamentos e instrumentos de medida, teste e controle; cronômetros e relógios; instrumentos para uso médico, odontológico e de artigos ópticos)			
	Veículos Automotores (baterias e acumuladores para veículos automotores; tratores e afins; fabricação de automóveis, camionetas, utilitários; caminhões e ônibus; motocicletas; bicicletas e triciclos;)			
Alta Intensidade	Material e Máquinas elétricas (fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos; pilhas, baterias e acumuladores; aparelhos e equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica; fios, cabos e condutores elétricos isolados; lâmpadas; fornos; aquecedores solares; geração, transmissão e distribuição de energia elétrica)			
	Eletrônica (aparelhos eletromédicos; equipamentos transmissores de comunicação; antenas; interfones, telefones, amplificadores, receptores; óptica fina)			
	Outro Material de Transporte (embarcações e estruturas flutuantes, incluindo plataformas; aeronaves; turbinas, motores e componentes e peças para aeronaves; veículos militares de combate; sistemas de propulsão)			

(1) Classificação setorial conforme Furtado e Carvalho, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/spp/v19n1/v19n1a06.pdf> (acesso em 20/02/12, às 16h), complementada por detalhamento extraído da Prodlist-Indústria-2010/IBGE, disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/prodlist_industria/2010/Listadeprodutos2010.pdf (Acesso em 28/02/12, às 16h10).

2.2 Breve descrição do produto (bem ou serviço) mais importante da sua empresa em termos de faturamento:

C. Perfil quanto à exportação

3.1 A empresa exporta?

- SIM
 NÃO
 NÃO, mas está se preparando para exportar.

3.2 Se a resposta for SIM, informar em que faixa de valor exportado anual (FOB) a empresa se enquadra (Faixas sugeridas pelo MDIC para classificar empresas brasileiras exportadoras. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=2413&refr=603>, acesso em 20-02-12).

- Acima de US\$ 100 milhões
 Entre US\$ 50 milhões e US\$ 100 milhões
 Entre US\$ 10 milhões e US\$ 50 milhões
 Entre US\$ 1 milhão e US\$ 10 milhões
 Até US\$ 1 milhão

3.3 Ainda em caso positivo, informar o tipo de produto exportado, mercados atendidos e país de destino:

Tipo de Produto ou Serviço	Segmento de Mercado	País

3.4 Se a resposta for não, por que não exporta?

D. Perfil da empresa com relação à Pesquisa & Desenvolvimento & Inovação

4.1 Possui Departamento de P&D formalmente estabelecido em sua estrutura organizacional?

- Há mais de 5 (cinco) anos. Qtde de pessoas dedicadas: ____
 Entre 2 (dois) anos e 5 (cinco) anos. Qtde de pessoas dedicadas: ____
 Há menos de 2 (dois) anos. Qtde de pessoas dedicadas: ____
 Não possui departamento de P&D

4.2 Caso possua Departamento de P&D, informar o percentual aproximado de investimento em P&D&I no ano de 2011?

Total: _____%.
Investimento próprio: _____%
Terceiros: _____%
Investimento Público (BNDES, FINEP, etc.): _____%

4.2 Possui algum vínculo formal com algumas das Instituições abaixo:

- () Universidade
- () Centro de Pesquisa
- () Incubadora
- () Parque tecnológico
- () Outra: _____
- () Nenhuma

4.3 Quantidade de projetos de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação financiados por Agências de Fomento nos últimos 5 (cinco) anos: _____

4.4 Existe algum histórico de patentes concedidas ou requeridas nos últimos 5 (cinco) anos? Em caso positivo, quais?

4.5 Ainda em caso positivo, estas patentes tiveram algum vínculo com as contratações firmadas para os satélites CBERS 3&4 ou PMM?

4.6 A empresa participou da pesquisa da PINTEC?

- () SIM
- () NÃO

4.7 Para o Contrato firmado para desenvolvimento de subsistema dos Satélites CBERS 3&4, identificar o percentual de participação da empresa na autoria do Projeto (design):

- () 0% a 25%
- () 26% a 50%
- () 51% a 75%
- () 76% a 100%

Justificar:

Etapa II – Avaliação dos Efeitos Industriais Diretos e Indiretos

E. Criação ou ampliação de Infra-Estrutura Industrial

5.1 Infra-estrutura identificada como necessária para a consecução do trabalho contratado (CBERS 3&4):

Competência identificada na MDR	EFEITOS DIRETOS		EFEITOS INDIRETOS			Atribuir grau de importância para a competência obtida ²
	Assinalar caso a competência tenha sido obtido para o Contrato	Assinalar caso a competência tenha sido utilizada além do Contrato	Caso positivo, informar se a competência obtida gerou inovações ou incrementos em relação aos itens abaixo. Descreva.			
			Produtos	Processos	Negócios	
01- Meios de informática para projeto e análise / estações de trabalho e escritórios de engenharia;						
02- Meios e instalações para arquivo e controle da documentação gerada;						
03- Meios e instalações para fabricação e inspeção de painéis sanduíche, utilizando “face sheet” e “honey comb” metálicos, com dimensões compatíveis;						
04- Meios e instalações para realização de colagens estruturais;						
05- Meios e instalações para produção de componentes mecânicos extra painéis, em particular os elementos estruturais com adoção prevista de magnésio;						
06- Meios e instalações para desenvolvimento e produção de estruturas bobinadas em fibra de carbono, com dimensões compatíveis;						
07 – Meios e instalações para montagem e metrologia das estruturas, com dimensões compatíveis;						
08- Meios e instalações para realizações de ensaios estruturais, de especificações e dimensões compatíveis;						
09 – Melhoria e ampliação das facilidades para armazenamento e manuseio das chapas finais de alumínio, destinadas aos “face sheets” dos painéis;						
10 – Melhoria e ampliação das facilidades de corte de materiais de enchimento (núcleos de “honey comb”) dos painéis;						
11 – Ampliação das facilidades internas na área de preparação superficial das chapas para aplicação de primer;						
12 – Aumento da capacidade da linha de Nitrogênio comprimido para aplicação das pinturas especiais pré-colagem dos painéis;						
13 – Adequação dos dispositivos de movimentação de estruturas bobinadas e painéis sanduíches com maiores dimensões.						

⁽²⁾ **Escala de importância:** 1 – Muito pouca importância; 2 – Pouca importância; 3 – Importância; 4 – Grande importância; 5 – Muito grande importância.

Observações: _____

F. Aumento no Nível de Produção/ Produtividade

5.2 Houve aumento no nível de produção da empresa (aumento de produtividade) que possa ser atribuído à contratação relacionada aos satélites CBERS 3&4?

Não

Sim

Especifique:

5.3 Caso positivo, identifique o(s) principal(is) fator(es) que levou(aram) a este aumento no nível de produção

Investimento em novas máquinas e equipamentos

Modernização das instalações (inclui laboratórios)

Ampliação das instalações (inclui laboratórios)

Aumento da produtividade da mão-de-obra, por treinamento ou novas contratações

Técnicas gerenciais que levaram a uma utilização mais eficiente dos fatores de produção

Soluções tecnológicas e processos

Obs.: Caso mais de um item seja assinalado, tentar ordenar por ordem de importância do fator para o aumento do nível de produção verificado. Ex.: Nota 1 para o fator principal; nota 2 para o segundo fator mais importante, e sucessivamente.

G. Criação de Vagas de Emprego

5.4 Informar a quantidade de vagas que foram criadas a partir do Contrato firmado para os satélites CBERS 3&4, para as qualificações relacionadas a seguir:

Gerente de Programa

Adm. Financeiro/ Fiscal

Controle de Programa

Supervisor de Logística

Engenheiro de Projetos

Engenheiro de Estruturas

Engenheiro de Processos e Materiais

Engenheiro de Fabricação

Engenheiro de Ensaios

Engenheiro de Garantia do Produto

Técnico de Controle da Qualidade

Técnico de Materiais Compostos

Técnico Mecânico

Técnico em Metrologia

Projetista Mecânico

Outros. Especificar:

H. Efeitos Tecnológicos

6.1 Tecnologias identificadas como necessárias para a consecução do trabalho contratado (CBERS 3&4):

Tecnologias identificadas na MDR	EFEITOS DIRETOS	EFEITOS INDIRETOS				
	Assinalar caso a tecnologia tenha sido obtida para o Contrato	Assinalar caso a competência tenha sido utilizada além do Contrato	Caso positivo, informar se a competência obtida gerou inovações ou incrementos em relação aos itens abaixo. Descreva.			Atribuir grau de importância para a competência obtida ³
			Produtos	Processos	Negócios	
01- Projeto e análise de estruturas sanduíche utilizando "honey comb" metálico;						
02- Projeto e análise de estruturas em materiais compostos reforçados com fibras de carbono, obtidas pelo processo de bobinagem filamental ("filament winding");						
03- Projeto de componentes mecânicos utilizando ferramentas de informática para modelamento sólido;						
04- Análise estrutural de componentes mecânicos fabricados em materiais isotrópicos;						
05- Fabricação de painéis sanduíche utilizando "honey comb" metálico como enchimento e "face sheets" em alumínio incorporados através de colagem estrutural;						
06- Incorporação de insertos metálicos em painéis sanduíche através de colagem estrutural;						
07- Inspeção não destrutiva de painéis sanduíches metálicos;						
08- Ensaio tecnológicos de desenvolvimento de estruturas em materiais não isotrópicos fabricadas pelo processo de "filament winding";						
09- Projeto de ferramental para fabricação de estruturas bobinadas;						
10- Fabricação de componentes estruturais através do processo de bobinagem sob comando numérico;						
11- Ensaio para certificação de componentes estruturais em materiais compostos;						
12- Ensaio para certificação dos módulos estruturais completos;						
13- Fabricação de componentes fundidos em magnésio para emprego como elementos estruturais.						
14- Metrologia e montagem de componentes estruturais de concepções distintas: compostos, metálicos isotrópicos e sanduíches.						

⁽³⁾ **Escala de importância:** 1 – Muito pouca importância; 2 – Pouca importância; 3 – Importância; 4 – Grande importância; 5 – Muito grande importância.

Observações:

I. Efeitos Comerciais

6.2 Indique se a contratação firmada permitiu alguns dos efeitos comerciais abaixo listados.

Cooperação Internacional

Não

Sim

Descreva: _____

Cooperação com outras empresas nacionais

Não

Sim

Descreva: _____

Transferência de Tecnologia, podendo ser:

Transferência de tecnologias entre firmas

Transferência de tecnologias entre unidades da mesma firma

Transferência de tecnologias entre departamentos ou divisões da empresa

Descreva: _____

Criação de um novo departamento ou divisão dentro da firma

Não

Sim

Descreva: _____

Criação de uma nova firma, como uma subsidiária, por exemplo.

Não

Sim

Descreva: _____

Criação de nova firma em conjunto com uma firma de outro setor (joint-venture)

Não

Sim

Descreva: _____

Inovação de produtos

Criação de novo(s) produto(s) para o mercado

Criação de novo(s) produto(s) para a empresa

Incremento em produtos existentes na empresa (qualidade, performance, etc.)

Descreva: _____

Melhoria na produtividade, permitindo redução de custos e maior competitividade

Não

Sim

Descreva: _____

Transferência entre uma firma do setor espacial e uma firma de outro setor (licença, patente, etc.)

Não

Sim

Descreva: _____

Assistência técnica prestada pela firma do setor espacial no desenvolvimento de um produto por uma firma de outro setor

Não

Sim

Descreva: _____

Uso da participação no Programa Espacial Brasileiro como referência de marketing

Não

Sim

Descreva: _____

J. Efeitos em Organizações e Métodos

6.3 Ferramentas de Gerenciamento e Controle de Projeto identificadas como necessárias para a consecução do trabalho contratado (CBERS 3&4):

Ferramentas de Gerenciamento e Controle identificadas na MDR	EFEITOS DIRETOS		EFEITOS INDIRETOS			Atribuir grau de importância para a ferramenta implementada ⁴
	Assinalar caso a ferramenta tenha sido implementada para o Contrato	Assinalar caso a nova ferramenta tenha sido utilizada para além do Contrato	Caso positivo, informar se o uso da nova ferramenta permitiu ganhos em relação aos itens abaixo. Descreva.			
			Produtos	Processos	Negócios	
01- Ordem de Serviço (OSE) e Autorização de Fornecimento (AFO);						
02- Reuniões de acompanhamento;						
03- Lista com Itens de Ação;						
04- Relatórios de Progresso/ Acompanhamento;						
05- Cronograma;						
06- Controle de Documentação;						
07- Árvore do Produto;						
08- Configuração de Documentos Internos;						
09- Configuração de Documentos Externos;						

⁽⁴⁾ **Escala de importância:** 1 – Muito pouca importância; 2 – Pouca importância; 3 – Importância; 4 – Grande importância; 5 – Muito grande importância.

Observações: _____

Outras ferramentas não citadas na MDR foram utilizadas para Gerenciamento e Controle do Projeto?

K. Efeitos relacionados ao Fator de Trabalho

6.4 Recursos Humanos e Planos de Treinamento identificados como necessários para a consecução do trabalho contratado (CBERS 3&4):

Requisito identificado na MDR	EFEITOS DIRETOS		EFEITOS INDIRETOS			Atribuir grau de importância para a competência adquirida ⁵
	Assinalar caso a competência tenha sido adquirida para o Contrato	Assinalar caso a competência tenha sido utilizada além do Contrato	Caso positivo, informar se a competência adquirida gerou inovações ou incrementos em relação aos itens abaixo. Descreva.			
			Produtos	Processos	Negócios	
01 – Gerente de Programa;						
02 – Administrador Financeiro/ Fiscal;						
03 – Controle de Programa;						
04 – Supervisor de Logística;						
05 – Engenheiro de Projetos;						
06 – Engenheiro de Estruturas;						
07 – Engenheiro de Processos e Materiais;						
08 – Engenheiro de Fabricação;						
09 – Engenheiro de Ensaios;						
10 – Engenheiro de Garantia do Produto;						
11 – Técnico de Controle da Qualidade;						
12 – Técnico de Materiais Compostos;						
13 – Técnico Mecânico;						
14 – Técnico em Metrologia;						
15 – Projetista Mecânico						
16 – Treinamento: Tratamento superficial de peças e chapas de alumínio – operação de limpeza;						
17 – Treinamento: Tratamento superficial de peças e chapas de alumínio – aplicação de alodine;						
18 – Treinamento: Tratamento superficial de peças e chapas de alumínio – aplicação do primer;						
19 – Treinamento: Fabricação dos painéis – operação de colagem						
20 – Treinamento: Fabricação dos painéis – operação de colagem dos insertos						
21 – Treinamento: Processo de manufatura com material composto – operação de laminação						
22 – Treinamento: Processo de manufatura com material composto – operação de bobinagem						

⁽⁵⁾ **Escala de importância:** 1 – Muito pouca importância; 2 – Pouca importância; 3 – Importância; 4 – Grande importância; 5 – Muito grande importância.

Observações: _____

**ANEXO C – LISTA DE COMPETÊNCIAS IDENTIFICADAS NA MDR COMO
NECESSÁRIAS PARA EXECUÇÃO DOS SUBSISTEMAS PESQUISADOS**

Competências Identificadas na MDR

1 – Subsistema Estrutura dos satélites CBERS 3&4

Competências de Infraestrutura:

- 01- Meios de informática para projeto e análise / estações de trabalho e escritórios de engenharia;
- 02- Meios e instalações para arquivo e controle da documentação gerada;
- 03- Meios e instalações para fabricação e inspeção de painéis sanduíche, utilizando “*face sheet*” e “*honey comb*” metálicos, com dimensões compatíveis;
- 04- Meios e instalações para realização de colagens estruturais;
- 05- Meios e instalações para produção de componentes mecânicos extra painéis, em particular os elementos estruturais com adoção prevista de magnésio;
- 06- Meios e instalações para desenvolvimento e produção de estruturas bobinadas em fibra de carbono, com dimensões compatíveis;
- 07 – Meios e instalações para montagem e metrologia das estruturas, com dimensões compatíveis;
- 08- Meios e instalações para realizações de ensaios estruturais, de especificações e dimensões compatíveis;
- 09 – Melhoria e ampliação das facilidades para armazenamento e manuseio das chapas finais de alumínio, destinadas aos “*face sheets*” dos painéis;
- 10 – Melhoria e ampliação das facilidades de corte de materiais de enchimento (núcleos de “*honey comb*”) dos painéis;
- 11 – Ampliação das facilidades internas na área de preparação superficial das chapas para aplicação de primer;
- 12 – Aumento da capacidade da linha de Nitrogênio comprimido para aplicação das pinturas especiais pré-colagem dos painéis;
- 13 – Adequação dos dispositivos de movimentação de estruturas bobinadas e painéis sanduíches com maiores dimensões.

Competências tecnológicas:

- 01- Projeto e análise de estruturas sanduíche utilizando “*honey comb*” metálico;
- 02- Projeto e análise de estruturas em materiais compostos reforçados com fibras de carbono, obtidas pelo processo de bobinagem filamentar (“*filament winding*”);
- 03- Projeto de componentes mecânicos utilizando ferramentas de informática para modelamento sólido;
- 04- Análise estrutural de componentes mecânicos fabricados em materiais isotrópicos;
- 05- Fabricação de painéis sanduíche utilizando “*honey comb*” metálico como enchimento e “*face sheets*” em alumínio incorporados através de colagem estrutural;
- 06- Incorporação de insertos metálicos em painéis sanduíche através de colagem estrutural;
- 07- Inspeção não destrutiva de painéis sanduíches metálicos;
- 08- Ensaios tecnológicos de desenvolvimento de estruturas em materiais não isotrópicos fabricadas pelo processo de “*filament winding*”;
- 09- Projeto de ferramental para fabricação de estruturas bobinadas;
- 10- Fabricação de componentes estruturais através do processo de bobinagem sob comando numérico;
- 11- Ensaios para certificação de componentes estruturais em materiais compostos;

- 12- Ensaio para certificação dos módulos estruturais completos;
- 13- Fabricação de componentes fundidos em magnésio para emprego como elementos estruturais.
- 14- Metrologia e montagem de componentes estruturais de concepções distintas: compostos, metálicos isotrópicos e sanduíches.

Competências em Organizações e Métodos:

- 01- Ordem de Serviço (OSE) e Autorização de Fornecimento (AFO);
- 02- Reuniões de acompanhamento;
- 03- Lista com Itens de Ação;
- 04- Relatórios de Progresso/ Acompanhamento;
- 05- Cronograma;
- 06- Controle de Documentação;
- 07- Árvore do Produto;
- 08- Configuração de Documentos Internos;
- 09- Configuração de Documentos Externos;

Competências de Fator de Trabalho:

- 01 – Gerente de Programa;
- 02 – Administrador Financeiro/ Fiscal;
- 03 – Controle de Programa;
- 04 – Supervisor de Logística;
- 05 – Engenheiro de Projetos;
- 06 – Engenheiro de Estruturas;
- 07 – Engenheiro de Processos e Materiais;
- 08 – Engenheiro de Fabricação;
- 09 – Engenheiro de Ensaio;
- 10 – Engenheiro de Garantia do Produto;
- 11 – Técnico de Controle da Qualidade;
- 12 – Técnico de Materiais Compostos;
- 13 – Técnico Mecânico;
- 14 – Técnico em Metrologia;
- 15 – Projetista Mecânico
- 16 – Treinamento: Tratamento superficial de peças e chapas de alumínio – operação de limpeza;
- 17 – Treinamento: Tratamento superficial de peças e chapas de alumínio – aplicação de alodine;
- 18 – Treinamento: Tratamento superficial de peças e chapas de alumínio – aplicação do primer;
- 19 – Treinamento: Fabricação dos painéis – operação de colagem
- 20 – Treinamento: Fabricação dos painéis – operação de colagem dos insertos
- 21 – Treinamento: Processo de manufatura com material composto – operação de laminação
- 22 – Treinamento: Processo de manufatura com material composto – operação de bobinagem

2 – Subsistema DDR – Gravador Digital de Dados

Competências de Infraestrutura:

- 1 - Equipamentos de informática (microcomputadores, impressoras, aplicativos, planilhas, etc.)
- 2 - Software aplicativo para elaboração de esquemas elétricos
- 3 - Software aplicativo para elaboração de desenhos mecânicos
- 4 - Software de simulação e análise de circuitos eletrônicos de baixa frequência
- 5 - Software de elementos finitos para a realização de análise estrutural e análise térmica
- 6 - Software para análise de confiabilidade
- 7 - Software para análise de radiação
- 8 - Ferramenta CASE para análise funcional de software
- 9 - Software aplicativo para projeto de layout
- 10 - Ferramentas para fabricação e inspeção mecânica
- 11 - Ferramentas para fabricação e inspeção eletrônica
- 12 - Salas apropriadas para montagem de circuitos eletrônicos com controle anti-estática
- 13 - Laboratório para realização de testes
- 14 - Equipamentos de testes - multímetros, geradores de função, frequencímetros, osciloscópios e emulador de microcomputador
- 15 - Equipamentos de Suporte Elétrico (ESE)
- 16 - Sala Limpa
- 17 - Centros de usinagem (previsto usar competência externa)
- 18 - Usar competência do LIT/ INPE: Laboratórios de testes de EMI/EMC; Dispositivos para determinação de propriedade de massa (centro de gravidade e momentos de inércia); Shakers para testes de vibração senoidal e aleatória; Câmera termo-vácuo para ciclo térmico

Competências tecnológicas:

- 1 - Usinagem de precisão em máquinas convencionais e de controle numérico
- 2 - Montagem de placas eletrônicas com soldagem automática e manual
- 3 - Ensaio de vibração, aceleração, térmicos e estruturais
- 4 - Processos de proteção superficial (pintura e alodinação)
- 5 - Construção de módulos de memória
- 6 - Balanço de consumo - necessário esforço para fazer caber dentro da alocação para o subsistema
- 7 - Memórias SDRAM de alta capacidade de armazenamento, esperado para entrar em obsolescência em meados de 2006. Substituições requerem outros estudos e avaliações.
- 8 - Interfaces LVDS, nunca utilizadas em programas espaciais brasileiros. Pouca disponibilidade no mercado
- 9 - FPGAs, com pouca disponibilidade no mercado
- 10 - Gerenciar o prazo de entrega dos componentes utilizados no projeto

Competências em Organizações e Métodos:

- 1 - Matriz de responsabilidades
- 2 - Interface entre setores envolvidos no projeto
- 3 - Matriz de documentos
- 4 - Gerenciamento de interfaces físicas

- 5 - Interfaces com o contratante (reuniões de acompanhamento, gerenciamento, etc.)
- 6 - Ferramentas de planej. e controle físico do projeto (cronograma macro, etc.)
- 7 - Divisão Detalhada do Trabalho (WBS)
- 8 - Descrição dos pacotes de trabalho
- 9 - Revisões de Projeto (MDR, PDR, CDR, QR, AR)
- 10 - Relatório Mensal de Progresso
- 11 - Controle de documentação (matriz de documentos, configuração de documentos emitidos, transferidos e recebidos)
- 12 - Controle financeiro do projeto (fluxo de caixa, controle de aplicação da mão de obra, controle contábil de despesas, etc.)
- 13 - Equipe de Garantia do Produto com autoridade formal e independência das funções de projeto e fabricação;
- 14 – Ciclo de vida de Projetos Espaciais, com revisões autorizando o projeto a passar para a etapa seguinte de desenvolvimento;
- 15 – Qualificação de processos e operações críticas;
- 16 – Auditorias para avaliação de desempenho de subcontratados e fornecedores;
- 17 – Padronização e controle de práticas de projeto e fabricação;
- 18 – Utilização do Sistema Internacional de Unidades;
- 19 – Gerenciamento e Controle da Configuração;
- 20 - Requisitos de Garantia da Confiabilidade;
- 21 - Segurança - ECSS-Q-40 - demonstração de que o equipamento será fabricado, armazenado, transportado, instalado e testado com segurança durante todas as fases do projeto - segurança nos testes operacionais: planos de testes, especificações e procedimentos para testes em solo e check de prontidão para voo;
- 22 – Considerar critérios de Manutenibilidade desde o início do projeto;
- 23 – Tratamento de não-conformidades – classificação, notificação, MRBs, etc.;
- 24 – Garantia da Qualidade de Software (SQA).

Competências de Fator de Trabalho:

- 1 - Gerente de programa
- 2 - Gerente técnico
- 3 - Especialista em projeto e desenvolvimento de hardware
- 4 - Especialista em projeto e desenvolvimento de software
- 5 - Especialista em garantia do produto
- 6 - Especialista em fabricação
- 7 - Responsável pelo planejamento
- 8 - Engenheiro mecânico de desenvolvimento
- 9 - Projetista elétrico
- 10 - Projetista mecânico
- 11 - Programador de software de equipamento de suporte elétrico
- 12 - Técnicos eletrônicos (com treinamento para testes com qualificação espacial)
- 13 - Supervisor de qualidade
- 14 - Montadores eletrônicos (com treinamento para testes com qualificação espacial)
- 15 - Técnicos de usinagem
- 16 - Plano para treinamento e certificação da mão de obra

3 – Subsistema Câmera MUX

Competências de Infraestrutura:

- 01- Sala Limpa Classe 100kg, com cerca de 150m², podendo ser toda a sala 100k e duas capelas internas classe 1000 ou toda a sala classe 10k com uma capela classe 1000;
- 02- Isolação de vibração com piso antivibratório auxiliado por mesas antivibração;
- 03 - Sala de montagem ESD limpa com +/-100m². Ambiente controlado e protegido contra descargas eletrostáticas;
- 04 – Almoxarifado dedicado, com proteção contra ESD e contíguo ao laboratório de montagem limpa;
- 05 – Sala escura para testes ópticos, contígua à sala limpa classe 100k
- 06 – Base instrumental e computacional: cópias adicionais de softwares de simulação e projeto de sistemas ópticos, simulação e projeto de filmes finos e de sistemas eletrônicos, CAD mecânicos, com modelagem de sólidos e geração de programas CAM;
- 07 – Instrumentos adicionais como espectrofotômetros, radiômetros, osciloscópios, geradores de onda AWG, condicionadores de sinal, emuladores de microprocessadores e DSP em circuito, CNC de circuitos impressos, câmeras NIR, interferômetros, autocolimadores, etc.
- 08 - Calibração do instrumento medidor de MTF, Trioptics 500, e provável "upgrade", para permitir medições de sistemas ópticos com distância focal superior a 600mm, limite atual
- 09 – Utilização de laboratórios do INPE;
- 10 – Utilização da filial Opto no exterior para apoio em compras e remessa de material;
- 11 – Ampliação da bibliotécnica técnica da Opto, para gerência e arquivamento dos documentos gerados pelo Programa MUX.

Competências tecnológicas:

- 01 – Tecnologia Óptica: adquirir mais experiência no desenho de sistemas ópticos destinados a operar sob radiação ionizante intensa;
- 02 – Assimilar técnica de “dose limite” para desenho do sistema óptico, de forma a utilizar materiais “comuns” desde que haja blindagem suficiente;
- 03 – Tecnologia Eletrônica: Desenho, seleção de materiais e componentes, fabricação, testes de circuitos para operar em condições climáticas extremas, utilizando CCD e adotando técnicas e arquiteturas baseadas na experiência do INPE;
- 04 – Análise e Controle Térmico: estimacão dos níveis de radiação térmica e simulacão dos efeitos de deformacão por ela causados, incluindo o circuito de controle necessário para manter o sistema dentro das margens operacionais adequadas;
- 05 – Análise estrutural: experiência pelo método dos elementos finitos e aquisicão de softwares FEA de análise estrutural e térmica (MSC-NASTRAN e ANSYS)
- 06- Subcontratacão do desenvolvimento dos GSEs e realizacão da bancada óptica de teste da MUX na própria Opto;
- 07- Protecão contra radiação ionizante – Maior desafio;
- 08 – Controle de configuracão / qualificacão para vôo – níveis de complexidade maiores que os exigidos pela Anvisa e Comunidade Européia para os equipamentos médicos;
- 09 – Containers – embalagens sofisticadas e caras, parecidas com as utilizadas para transporte de vacinas e equipamentos médicos críticos;
- 10 – Itens críticos – aquisicão de componentes e materiais ópticos e materiais e componentes eletrônicos destinados ao controle térmico, MLI, isoladores, etc.

Competências em Organizações e Métodos:

- 01- Estrutura Organizacional do P&D e Divisão Aeroespacial: 4 unidades – UENG, GGSS, UGQP e UMONT;
- 02 – Controle físico e financeiro – criação de um centro de custo específico para o Programa.
- 03 – Criação de almoxarifado novo, exclusivo para os materiais deste projeto e com características próprias para a manipulação de componentes eletrônicos sensíveis;
- 04 – Implementação de Sistema de Gerenciamento de Riscos para o projeto MUX - metodologia de análise e mitigação de riscos baseada no documento ECSS-M-00A;
- 05 - Equipe de Garantia do Produto com autoridade formal e independência das funções de projeto e fabricação;
- 06 – Ciclo de vida de Projetos Espaciais, com revisões autorizando o projeto a passar para a etapa seguinte de desenvolvimento;
- 07 – Qualificação de processos e operações críticas;
- 08 – Auditorias para avaliação de desempenho de subcontratados e fornecedores;
- 09 – Padronização e controle de práticas de projeto e fabricação;
- 10 – Utilização do Sistema Internacional de Unidades;
- 11 – Gerenciamento e Controle da Configuração;
- 12 - Requisitos de Garantia da Confiabilidade;
- 13 - Segurança - ECSS-Q-40 - demonstração de que o equipamento será fabricado, armazenado, transportado, instalado e testado com segurança durante todas as fases do projeto - segurança nos testes operacionais: planos de testes, especificações e procedimentos para testes em solo e check de prontidão para voo;
- 14 – Considerar critérios de Manutenibilidade desde o início do projeto;
- 15 – Tratamento de não-conformidades – classificação, notificação, MRBs, etc.;
- 16 – Garantia da Qualidade de Software (SQA).

Competências de Fator de Trabalho:

- 01 – Gerente do Programa/ Gerência Técnica
- 02 – 3 especialistas em projeto óptico, estabilidade térmica e estrutural e resistência à radiação;
- 03 – Auxiliar em Projeto Óptico;
- 04 – Estagiário em Física ou Eng. aeronáutica para suporte à confecção da documentação técnica
- 05 – 4 engenheiros elétricos com ênfase em eletrônica
- 06 – 3 auxiliares projeto eletrônico;
- 07 – Projetista técnico em mecânica;
- 08 – Projetista mecânico, chefe dos projetistas;
- 09 – 02 engenheiros mecânicos
- 10 – Auxiliar projeto mecânico;
- 11 – Assessor para Gestão e Garantia do Projeto
- 12 – 2 Engenheiros de Gestão e Suprimentos;
- 13 – Auxiliar de suprimentos, formação: técnico eletrônico ou mecânico;
- 14 – Especialista em Garantia do Produto, grad. eng. de materiais;
- 15 – Engenheiro da Qualidade de fabricação;
- 16 – Engenheiro da Qualidade do Produto;
- 17 – Especialista em fabricação de sistemas elétricos ou eletrônicos;
- 18 – 3 projetistas técnicos em eletrônica
- 19 – 2 auxiliares de montagem, formação eletrônica ou mecânica;

- 20 – Especialista em filmes finos
- 21 – Especialista em projetos ópticos;
- 22 – especialista em fabricação óptica;
- 23 – Plano de Treinamento UENG: técnicas de montagem aeroespacial, a ocorrer no INPE;
- 24 – Treinamento GGSS e UGQP: técnicas de montagem aeroespacial e manipulação de componentes sensíveis. Talvez, treinamento no INPE ou CTA sobre critérios e técnicas de gestão para produtos aeroespaciais;
- 25 – Treinamento UMONT e reciclagem para todos – exigido certificação INPE em montagem aeroespacial e treinamento em montagem de circuitos sensíveis a ESD;

4 – Subsistema Câmera WFI

Competências de Infraestrutura:

- 1 – Estações de trabalho com ferramentas: MS Office, Open office, Proengineer, Nastran, Patran, Sater, Pcad, LabView.
- 2 – Sistema integrado de arquivo, controle, geração e atualização de informações e dados entre os consorciados baseados em FTPs e intranets.
- 3 – Almoxarifados exclusivos e dedicados ao projeto WFI, com proteção ESD, temperatura e umidade controladas e anexas às áreas de fabricação.
- 4 – Oficina de ótica com precisão com geradoras esféricas, máquinas de polimento, refratômetros, interferômetros e estoque de materiais ópticos.
- 5 – Evaporadoras de alta capacidade e precisão
- 6 – Limpadoras por ultra-som
- 7 – Câmaras limpas
- 8 – Laboratório com equipamentos eletroeletrônicos de medição e testes, bancadas para montagens eletrônicas, controle ESD, estações de solda com controle efetivo de temperatura, ferramentas básicas de montagem convencional e SMD
- 10 – Laboratório para montagem de subconjuntos ópticos e eletrônicos com controle ESD, bancadas e ferramentas adequadas a montagens eletroeletrônicas e ópticas
- 11 – Ampliações, adequações em instalações já existentes assim como a construção de novas áreas
- 12 – Sala classe 100K c/ 30m2, construção modular, com monitoramento de temperatura, umidade e contaminação em tempo real, com quatro estações de montagens dotadas de auxílios, equipamentos e ferramentas necessárias a montagens de PCIs usando tecnologia convencional e também de montagem superficial, (SMD) segundo normas aplicáveis.
- 13 – Sala 10K com 150m2 para a integração, ajustes e testes
- 14 – Ferramentas “proengineer” e “solidworks” e ferramentas para cálculo de elementos finitos, tais como PATRAN, NASTRAN, e para análise térmica o SATER.
- 15 – Os dados de engenharia serão trocados entre as empresas do consórcio através dos padrões IGES ou STEP.
- 16 – Centros de usinagem, CNC, tornos CNC e demais equipamentos e ferramentas para produção de componentes mecânicos.

Competências tecnológicas:

- 1 - Tecnologias de gestão, em função da parceria estratégica (consórcio) para o desenvolvimento de produto complexo;
- 2 - Tecnologia óptica: Desenho óptico sofisticado, próximo ao limite de difração do sistema, exigindo o uso de materiais sofisticados e precisos;
- 3 - Tecnologia óptica: Utilização da técnica de "dose limite" para o projeto óptico com relação à radiação;
- 4 - Tecnologia óptica: Escolha dos materiais ópticos em função dos ensaios de radiação com vidros ópticos;
- 5 - Tecnologia óptica: Montagem e alinhamento do sistema óptico da câmera - criticidade em função da necessidade de perfeito alinhamento dos dois canhões ópticos;
- 6 - Tecnologia óptica: Passagem do ar para o vácuo e impacto da temperatura sobre a eletrônica do equipamento;
- 7 - Tecnologia eletrônica: Implementação da eletrônica de proximidade do plano focal de acordo com o projeto da eletrônica de proximidade do OMB;
- 8 - Análise e controle térmico: ambiente térmico do WFI é mais crítico que o da MUX em função do posicionamento e tamanho do subsistema, exigindo aperfeiçoamento dos modelos térmicos em relação aos da MUX;
- 9 - Análise estrutural: Reforço do sistema de fixação dos dois canhões ópticos, uma vez que não há envelope mecânico para os dois conjuntos ópticos;
- 10 - Modelagem da WFI e procedimentos de simulação
- 11 - Proteção contra radiação ionizante: ângulo sólido correspondente ao campo de visada sem qualquer blindagem. Escolha dos materiais (vidro) e da espessura da caixa de alumínio e posição e blindagem dos componentes C-MOS;
- 12 - Garantia da rastreabilidade dos modelos de Câmera ao longo das etapas de aquisição, fabricação, montagem, integração e testes. Dificuldade adicional pelo fato das atividades serem feitas em empresas diferentes com sistemas de gestão diferentes, exigindo um esforço no projeto dos procedimentos operacionais para conhecimento integral das contrapartes e do INPE quanto à configuração dos produtos entregues;
- 13 - Containers: embalagens bem sofisticadas e custosas.
- 14 - Itens críticos, de responsabilidade do INPE: lead-time e possibilidade de embargos

Competências de Organizações e Métodos:

- 1 - Gestão do consórcio - parceria estratégica para desenvolvimento de produto complexo, exigindo tecnologias de gestão como portais corporativos, intranets e redes FTP, fonoconferência
- 2 - Organização do projeto em grupos: atividades de caráter sistêmico (WFI-PT) e integrador e atividades de caráter especializado (quatro grupos: opto electronic block; signal processing electronics; structural and thermal hardware; ground support equipment)
- 3 - Implementação de processo de gerenciamento de riscos: identificação, avaliação, atuação e monitoramento de riscos, implementados de maneira cíclica ao longo do ciclo de vida do projeto;
- 4 - Árvore do produto
- 5 - Estrutura de Divisão do Trabalho (EDT ou WBS), baseada nos preceitos da norma IEEE 1220;
- 6 - Matriz de alocação de responsabilidades (documentos e produtos)

- 7 - FDD: Disciplina Funcional de Projeto (associada à integração do subsistema WFI e engenharia de sistemas e associada ao projeto, desenvolvimento e fabricação dos componentes do WFI, ao nível de blocos ou assemblies, e GSE)
- 8 - Comunicação com o contratante e entre as consorciadas
- 9 - Documentação e informação (armazenamento, proteção e confidencialidade, não ambiguidade, modularização e padronização, status e controle de revisão, etc.)
- 10 - Gerenciamento de prazos e custos
- 11 - Suporte logístico integrado
- 12 - Registro de propriedades do documento
- 13 - Equipe de Garantia do Produto com autoridade formal e independência das funções de projeto e fabricação;
- 14 – Ciclo de vida de Projetos Espaciais, com revisões autorizando o projeto a passar para a etapa seguinte de desenvolvimento;
- 15 – Qualificação de processos e operações críticas;
- 16 – Auditorias para avaliação de desempenho de subcontratados e fornecedores;
- 17 – Padronização e controle de práticas de projeto e fabricação;
- 18 – Utilização do Sistema Internacional de Unidades;
- 19 – Gerenciamento e Controle da Configuração;
- 20 - Requisitos de Garantia da Confiabilidade;
- 21 - Segurança - ECSS-Q-40 - demonstração de que o equipamento será fabricado, armazenado, transportado, instalado e testado com segurança durante todas as fases do projeto
- 22 – Considerar critérios de Manutenibilidade desde o início do projeto;
- 23 – Tratamento de não-conformidades – classificação, notificação, MRBs, etc.;
- 24 – Garantia da Qualidade de Software (SQA).

Competências de Fator de Trabalho:

- 1 - Coordenação do Contrato:
- 2 - Gerentes técnicos
- 3 - Suporte ao gerenciamento
- 4 - Garantia da Qualidade
- 5 - Garantia do Produto
- 6 - Engenheiro de desenvolvimento
- 7 - Engenheiro de projeto
- 8 - Testes funcionais e ambientais
- 9 - Fabricação de sistemas eletroeletrônicos embarcados
- 10 - Engenheiro Eletrônico Senior com experiência em projeto e simulação de circuitos eletrônicos
- 11 - Técnico eletrônico com experiência em layout de placas de circuito impresso
- 12 - 3 técn. eletrônicos com experiência em montagens de PCBs
- 13 - Projetista estrutural
- 14 - Projetista térmico
- 15 - Projetista Mecânico
- 16 - Analista térmico
- 17 - Responsável pelo projeto e fabricação do GSEs
- 18 - Programador com experiência em LabView
- 19 - Especialista em Óptica Sênior
- 20 – Técn. eletrônico c/ experiência em integração de sistemas

- 21 - Equipe de especificação, projeto, fabricação e testes do Bloco opto-eletrônico (27 especialistas, 12 funcionários na engenharia do produto, 35 funcionários na oficina mecânica, 25 funcionários na oficina óptica e 8 funcionários no departamento de garantia do produto)
- 22 - Novas contratações no Departamento de Gestão de Desenvolvimento
- 23 - Novas contratações no Departam.de Garantia do Produto
- 24 - Treinamento para os técnicos eletrônicos operadores de montagens de PCIs, de acordo com normas ESA
- 25 - Treinamento geral para utilização das áreas limpas

5 – Subsistema MWT – Transmissor de Dados das Câmeras MUX e WFI

Competências de Infraestrutura:

- 1 - Gerenciamento e projeto: Área de 40m² com mesas, computadores em rede e impressoras. Computadores com Word, Excel, Visio e MsProject, software de cálculo e simulação de circuitos de RF, Orcad, ANSYS, Autocad e Betasoft.
- 2 - Área de 30m² com mesas, computadores em rede e impressoras, com setor segregado, de acesso controlado, para a guarda dos documentos de projeto. Computadores equipados com softwares de controle de documentação.
- 3 - Área reservada, com controle ambiental e acesso restrito. Os componentes qualificados precisam de estocagem especial. Materiais mecânicos exigem apenas controle rigoroso, principalmente das placas e chapas de alumínio.
- 4 - Área de fabricação mecânica de 400m²
- 5 - Área de pintura e serigrafia com 50m²
- 6 - Área de inspeção mecânica (metrologia) de 30m²
- 7 - Conjunto de máquinas e ferramentas necessárias para a fabricação mecânica: Fresadora CNC, Torno, Furadeira, Bancadas de montagem, Mesa de desempenho. Ferramentas de medição (torquímetro, micrometro, paquímetro, etc.), Ferramentas diversas, Medidos de Contaminação Iônica
- 8 - Tratamento superficial: terceirizada com empresas experientes. Eletrodeposição: Galtec Gavanotécnica e Micropress. Alodine incolor: Galva-cromo Rivoli S/A
- 9 - Fabricação de PCI's: terceirizada com Micropress
- 10 - Sala limpa classe 100.000, com área de cerca de 30m², com 03 bancadas de montagem aterradas e com sugadores de fluidos, controle de umidade, controle de temperatura, medidor de contaminação iônica, câmara de vácuo para degasagem e medidor de concentração de partículas.
- 11 - Embalagem à vácuo dos equipamentos para o transporte para o INPE.
- 12 - Sala limpa, classe 10.000, com cerca de 35m², dotada de 03 bancadas de laboratório aterradas e com equipamentos de proteções antiestáticas. A sala deve possuir controle de umidade, temperatura e concentração de partículas
- 13 - Testes vácuo, ciclo térmico, medidas de vibração senoidal, medida de vibração randômica, choque mecânico, aceleração, medidas físicas e testes de EMI/EMC serão realizados no LIT/ INPE.

Competências tecnológicas:

- 1 - Estudos e atividades para execução dos projetos preliminares, definição a lista de partes e materiais e do plano de fabricação

- 2 - Projeto do STE (Subsystem Test Equipment), do SCOE (Special Checkout Equipment) e ESE (Equipam. suporte elétrico)
- 3 - Geração da documentação de fabricação dos Modelos de Engenharia e elaboração do plano de verificação e plano de testes dos EM's
- 4 - Processo de tratamento superficial das bases (carriers) de alumínio que irão receber os circuitos de alta-frequencia. Este processo, que envolve o uso de níquel químico e estanho-chumbo, tem que ser rigorosamente supervisionado de forma a manter a qualidade necessária para proporcionar uma adesão entre a PCI e a base uniforme e sem a presença de bolhas de ar. Este processo já foi desenvolvido e utilizado pelo consórcio em outros projetos e não apresenta risco.
- 5 - O equipamento mais complexo é o SSPA, em função do nível de potência de RF de saída para a faixa de frequência especificada. A maior dificuldade envolve o projeto térmico em função dos altos níveis de potência a serem dissipados - adotar solução similar à usada para outro equipamento do CBERS 1&2
- 6 - Tratamento superficial das peças em alumínio: alodine 1500 e tratamento superficial das bases (carriers) com níquel químico seguido de estanho-chumbo
- 7 - Aquisição de componentes eletrônicos e materiais com qualificação espacial acompanhados dos respectivos certificados de conformidade
- 8 - Inspeção, limpeza e manuseio dos componentes eletrônicos
- 9 - Pré-formagem dos componentes eletrônicos
- 10 - Solda e fixação dos componentes eletrônicos
- 11 - Limpeza dos cartões eletrônicos montados
- 12 - Usinagem das peças mecânicas
- 13 - Inspeção das peças mecânicas
- 14 - Montagem e integração das peças mecânicas e dos cartões eletrônicos
- 15 - Cabeação interna dos circuitos eletrônicos dos equipamentos
- 16 - Cabeação externa dos equipamentos do subsistema MWT
- 17 - projeto e fabricação de ferramental
- 18 - Resinagem de componentes
- 19 - Integração dos equipamentos
- 20 - Limpeza química

Competências de Organizações e Métodos:

- 1 - Gestão do consórcio
- 2 - Documentação de Entrega do Produto (DEP): Dossiê As-Built, EIDP,
- 3 - Equipe de interface Omnisys/ INPE
- 4 - Árvore do produto
- 5 - Estrutura de Divisão do Trabalho (EDT ou WBS)
- 6 - Matriz de documentação
- 7 - Cronograma detalhado
- 8 - Gerenciamento e Controle da Configuração;
- 9 - Plano de desenvolvimento e testes
- 10 - Plano de Garantia do Produto
- 11 - plano de qualificação de processos
- 12 - Plano de verificação
- 13 - Plano de testes
- 14 - Revisões de Projeto (PDR, CDR, QR, AR)
- 15 - Qualificação, melhoria e otimização de processos e operações críticas;
- 16 - Auditorias para avaliação de desempenho de subcontratados e fornecedores;

- 17 – Padronização e controle de práticas de projeto e fabricação;
- 18 – Análise de confiabilidade
- 19 – Análise de falha - FMEA
- 20 – Simulação e análise de circuitos
- 21 – Balanço de massa e potência
- 22 – Considerar critérios de Manutenibilidade desde o início do projeto;
- 23 – Tratamento de não-conformidades – classificação, notificação, MRBs, etc.;
- 24 – Garantia da Qualidade de Software (SQA).

Competências de Fator de Trabalho:

- 1 - 01 Gerente do Projeto: interface com o INPE, gestão da equipe técnica, controle de custos e o cronograma de trabalho:
 - 2 - 01 Coordenador técnico: responsável técnico do projeto com função de coordenar a equipe nas áreas de software, elétrica, mecânica e confiabilidade do equipamento. As atividades de desenvolvimento dos projetos mecânico e de CAD, análise térmica e estrutural, estarão sob sua responsabilidade, sendo os recursos obtidos da estrutura matricial da empresa:
 - 3 - 01 Coordenador de Garantia do Produto: responsável pelas atividades de GP e Controle de Configuração:
 - 4 - 01 Coordenador Industrial: responsável pelas atividades de procura e compra de materiais e de componentes, fabricação de partes e peças mecânicas, geração dos processos, montagem elétrica, mecânica e eletromecânica, embalagem e despacho dos equipamentos:
 - 5 - 01 Coordenador de testes: responsável pelas atividades de testes dos equipamentos, incluindo as atividades de elaboração dos procedimentos de testes de placas, módulos e integração:
 - 6 - 01 Coordenador de Engenharia do Produto: atividades de controle e arquivamento do acervo técnico, manutenção tecnológica dos produtos, atualização e manutenção da lista de fabricantes qualificados e projetos de CAD:
 - 7 - 01 Gerente de Contrato
 - 8 - 06 Engenheiros eletrônicos
 - 9 - 01 Engenheiro mecânico
 - 10 - 01 Desenhista projetista
 - 11 - 03 Montadores elétricos
 - 12 - 03 Montadores mecânicos
 - 13 - 03 Montadores eletro-mecânicos
 - 14 - 01 Pintor
 - 15 - 01 Serigrafista
 - 16 - 01 Expeditor
 - 17 - 01 Recebedor
- Não precisará treinar e certificar a equipe, uma vez que já são qualificados.

6 – Subsistema SAG – Gerador Solar dos CBERS 3&4

Competências de Infraestrutura:

01- Sala Limpa Classe 100.000 - Adequação da Sala Limpa para Fabricação de SCAs e Módulos: realização de manutenção preventiva dos ar-condicionados e purificadores do ar e revalidação do certificado de contagem de partículas;

02 - Gabarito de soldagem de células solares

03 - Réguas de transferência - utilizadas na retirada dos módulos solares dos gabaritos de soldagem de módulos solares, nas transferências dos módulos solares para as bandejas de armazenamento e na montagem dos módulos solares nas placas espelho

04 - LIT/ INPE, para realização dos testes de classificação elétrica dos módulos solares, desempenho elétrico dos painéis solares e ambientais

05 - Equipamentos de Inspeção e testes: Simulador Solar Pulsado (LAPSS) e Dispositivo de Inspeção de Módulos Solares e de Painéis Solares

Ferramental de Fabricação:

06 - Moldura dos painéis p/ instalação dos painéis e provisão de referências de posicionamento p/ colagem de kapton e laydown dos módulos solares

07 - Gabaritos para aplicação de adesivo nas posições de colagem dos kaptons dos quadros de diodo e de resistores

08 - Gabaritos de laydown p/ aplicação de adesivo nas posições de colagem dos módulos solares

09 - Gabaritos de posicionamento dos kaptons e dos módulos solares nos processos de colagem dos mesmos

10 - Placas Espelho, p/ posicionamento dos módulos solares para o laydown dos módulos solares

Competências tecnológicas:

1. Processos de fabricação de SCAs, Módulos Solares, laydown e cablagem

2. Adequação dos parâmetros dos processos de fabricação às novas dimensões e tipo de células e dos coverglasses e verificação funcional do ferramental de fabricação com as novas dimensões de SCAs e módulos solares

3. Usinagem dos interconectores para uso nos SCAs DM - tempo longo devido a necessidade de ajuste dos processos de fabricação e fabricação de lote piloto para verificação da qualidade

4. Ferramental para fabricação dos SCAs DM, que deverá ser projetado, emitido e configurados os desenhos de fabricação, realizar a usinagem e o tratamento superficial dos mesmos para, finalmente, poderem ser realizados os testes para verificação funcional dos mesmos e correção de eventuais defeitos de fabricação

5. Projeto Preliminar e análise do Gerador Solar

6. Projeto Detalhado do Gerador Solar

7. Ferramental para fabricação do Cupom de Teste

8. Fabricação dos SCAs MV

9. Ferramental de Fabricação dos MVs

10. Fabricação, montagem e testes de aceitação do MV1 e MV2

Competências de Organizações e Métodos:

01- Divisão das atividades em elementos gerenciáveis denominados Pacotes de Trabalhos;

- 02 - Categorização das atividades de gerenciamento em quatro domínios principais, permitindo que sejam divididas em Pacotes de Trabalho com níveis gerenciais menos complexos;
- 03 - Estabelecimento de um Setor de Garantia do Produto;
- 04 - Estabelecimento de Gerenciamento de Riscos;
- 05 - Controle físico-financeiro utilizando MS-Project;
- 06 - Suporte logístico integrado para assegurar que os recursos externos de suporte necessários para a operacionalização das atividades do projeto estarão disponíveis, de acordo com o cronograma do projeto;
- 07 - Ciclo de vida de Projetos Espaciais, com revisões autorizando o projeto a passar para a etapa seguinte de desenvolvimento;
- 08 - Qualificação de processos e operações críticas;
- 09 - Auditorias para avaliação de desempenho de subcontratados e fornecedores;
- 10 - Padronização e controle de práticas de projeto e fabricação;
- 11 - Utilização do Sistema Internacional de Unidades;
- 12 - Gerenciamento e Controle da Configuração;
- 13 - Requisitos de Garantia da Confiabilidade;
- 14 - Segurança - ECSS-Q-40 - demonstração de que o equipamento será fabricado, armazenado, transportado, instalado e testado com segurança durante todas as fases do projeto - segurança nos testes operacionais: planos de testes, especificações e procedimentos para testes em solo e check de prontidão para vôo;
- 15 - Considerar critérios de Manutenibilidade desde o início do projeto;
- 16 - Tratamento de não-conformidades – classificação, notificação, MRBs, etc.;
- 17 - Garantia da Qualidade de Software (SQA);
- 18 – Método de verificação por inspeção e testes.