Série Documentos Técnicos
Setembro 2014 - nº 21

Programa demonstrativo para inovação em cadeia produtiva selecionada

Indústria aeronáutica brasileira

cgee
Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

A **Série Documentos Técnicos** tem o objetivo de divulgar resultados de estudos e análises realizados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) com a participação de especialistas e instituições vinculadas aos temas a que se refere o trabalho.

Textos com indicação de autoria podem conter opiniões que não refletem necessariamente o ponto de vista do CGEE.

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

Programa demonstrativo para inovação em cadeia produtiva selecionada

Indústria aeronáutica brasileira

Brasília – 2014

Organização Social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI

© Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma associação civil sem fins lucrativos e de interesse público, qualificada como Organização Social pelo executivo brasileiro, sob a supervisão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Constitui-se em instituição de referência para o suporte contínuo de processos de tomada de decisão sobre políticas e programas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). A atuação do Centro está concentrada nas áreas de prospecção, avaliação estratégica, informação e difusão do conhecimento.

Presidente
Mariano Francisco Laplane

Diretor Executivo
Marcio de Miranda Santos

Diretores
Antonio Carlos Filgueira Galvão
Gerson Gomes

Edição | *Maisa Cardoso*
Design gráfico | *Núcleo de design Gráfico do CGEE*
Diagramação | *Eduardo Oliveira*
Infográficos | *Carla Dionata*

Apoio técnico ao projeto | *Patrícia Olivera*

Catalogação na Fonte

C389p
Programa demonstrativo para inovação em cadeia produtiva selecionada: Indústria aeronáutica brasileira – Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2014.
120 p.; il, 24 cm
ISBN: 978-85-60755-66-0
11. Setor Aeroespacial. 2. Política Pública. 3. Ciência e Tecnologia. 4. Financiamento. CGEE. II. Título.

CDU 629.7(81)

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
SCS Qd 9, Bl. C, 4º andar, Ed. Parque Cidade Corporate
70308-200, Brasília, DF
Telefone: (61) 3424.9600
http://www.cgee.org.br

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do 2º Contrato de Gestão CGEE – 6º Termo Aditivo/Ação: Inovação e Competitividade em Setores Econômicos e Industriais /Subação: Programa Demonstrativo para Inovação em Cadeia Produtiva Selecionada - 51.50.12 /MCTI/2012.

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada a fonte.
Sugestão de citação: CGEE, título, autoria, ano de publicação, CGEE: Brasília.

Tiragem impressa: 500. *Impresso em 2014*. Coronário Gráfica.

Programa demonstrativo para inovação em cadeia produtiva selecionada

Indústria aeronáutica brasileira

Supervisão
Gerson Gomes

Consultores
Mario Sergio Salerno
Eduardo de Senzi Zancul

Equipe técnica CGEE
Ione Egler (coordenadora)
Marcus de Freitas Simões
Carlos Antonio Silva Cruz
Antonio Oliveira

cgee

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

Onde o futuro está presente

Sumário

Apresentação 7

Resumo executivo 9

Introdução 11

Capítulo 1

1. Levantamento de proposições/recomendações em PD&I para a Cadeia Produtiva Aeronáutica – Documentos de referência 15

1.1. Metodologia de trabalho 15

1.2. Estudo prospectivo aeronáutico (2009) 17

1.3. Competências empresariais e políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial – Caso dos EUA (2012) 20

1.4. Competências empresariais e políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial – Casos da França e da Suécia (2010) 22

1.5. Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica, vol. IV (2009) 24

1.6. Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica, vol. III (2009) 25

1.7. Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica, segmento de fabricação de helicópteros, vol. II (2008) 25

1.8. Relatório de acompanhamento setorial, vol. I (2008) 27

1.9. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015: balanço das atividades estruturantes 2011 (2012) 28

1.10. A indústria aeronáutica no Brasil: evolução recente e perspectivas (2012) 29

1.11. Cadeia produtiva aeronáutica brasileira: oportunidades e desafios (2009) 31

1.12. Alternativas para o adensamento da cadeia produtiva aeronáutica brasileira: o "modelo europeu" (2006) 39

1.13. A cadeia aeronáutica brasileira e o desafio da inovação (2005) 39

1.14. O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil (2005) 40

1.15. Agendas setoriais estratégicas do Plano Brasil Maior (2013) 44

1.16. Plano Inova Empresa (2013) 46

1.17. Agenda setorial - Aeronáutico (2012) 46

1.18. Diagnóstico do setor aeronáutico – Plano Brasil Maior (2012) 49

1.19. Departamento da Indústria de Defesa (Comdefesa) da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) 52

1.20. Síntese das proposições/recomendações em PD&I para o setor aeronáutico 53

Capítulo 2

2. Síntese do levantamento de campo sobre lacunas e oportunidades 63

2.1. Roteiro de questões abordadas nas entrevistas 63

2.2. Relação das entidades, atores relevantes e especialistas entrevistados 65

2.3. Síntese das entrevistas 67

Capítulo 3

3. Minuta do Programa Demonstrativo de Inovação para Cadeia Produtiva do Setor Aeronáutico 75

3.1. Diretrizes estratégicas do Programa 76

3.2. Eixos e projetos integrantes do Programa 77

3.3. Valores a serem investidos no Programa 96

3.4. Metas e prazos para o Programa 98

Referências 100

Anexos 103

Anexo 1: Roteiro de entrevistas 105

Anexo 2: Programas de apoio ao setor aeronáutico no Brasil 109

Anexo 3: Relação de participantes da Oficina de especialistas 28/08/2013 111

Anexo 4: Relação de participantes da reunião de validação 18/10/2013 112

Glossário 113

Lista de figuras 115

Lista de tabelas 115

Siglas e Abreviaturas 117

Apresentação

A ideia de elaborar um Programa Demonstrativo para Inovação na Cadeia Produtiva do Setor Aeronáutico teve origem na reunião de validação, realizada em 2012, de um trabalho desenvolvido pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), denominado Dinâmica de Inovação nas Empresas Industriais Brasileiras. Naquela ocasião, especialistas em inovação e representantes de organizações empresariais e de instituições públicas consideraram relevantes as recomendações do estudo, no sentido de selecionar um setor estratégico para o desenvolvimento do país e para o qual deveria ser detalhada uma proposta concreta de organização e programação do processo de inovação, chegando, inclusive, ao custo dos investimentos necessários.

A opção pela cadeia produtiva aeronáutica, além de sua prioridade dentro da política industrial do governo, se fundamentou na existência de um acervo de informações sobre o setor, proveniente de um estudo prospectivo publicado poucos anos antes e de um trabalho, então em curso, de elaboração de um programa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas (PDT), voltado para a ampliação da competitividade setorial no curto e médio prazo. Essas condições favoreciam a preparação de recomendações para o setor aeronáutico com uma visão de longo prazo, ou seja, orientado para tecnologias com menor grau de maturidade.

Também tiveram papel relevante na escolha do segmento aeronáutico suas características diferenciadas, especialmente no que tange à sua dependência de tecnologias avançadas e ao seu alto potencial de difusão de novas tecnologias e efeito multiplicador na modernização industrial.

Vale recordar que para manterem a sua competitividade, as empresas do setor necessitam de uma base tecnológica constituída a partir de um sistema próprio de pesquisa, desenvolvimento e inovação, que lhes possibilite negociar com os fornecedores e integrá-los a seu processo de transformação tecnológica. Além disso, o setor aeronáutico comercial se caracteriza pela forte relação que mantém com o setor espacial e, ainda, com o setor militar. A contiguidade entre aviação civil e militar é de tal envergadura que grandes empresas montadoras de aviões civis chegam a ter quase 50% do seu faturamento derivado de vendas para a área de defesa.

A produção e venda de aeronaves comerciais no mundo está atualmente concentrada em quatro empresas, sendo que o segmento de jatos regionais é dominado pela Bombardier e a Embraer, enquanto que o mercado de grandes aeronaves é controlado pela Boeing e Airbus. Esse padrão de concentração de mercado também se apresenta nos principais segmentos da cadeia de fornecimento, bem como nas prestadoras de serviços de manutenção e suporte.

A indústria aeroespacial brasileira é a maior do hemisfério sul. E, embora a balança comercial do setor aeronáutico como um todo tenha sido superavitária nos últimos anos, há que se notar a forte dependência que o setor vive de importações do segmento de componentes.

Estudos prospectivos, comparativos e de cenários conjunturais recentes oferecem indícios de que mesmo em previsões favoráveis nos âmbitos interno e externo, o Brasil poderá ter sua posição ameaçada no mercado internacional em decorrência da fragilidade da cadeia produtiva instalada no território nacional e da entrada decisiva da China, Rússia e Japão no mercado de jatos regionais, para o qual parcerias com empresas de alta tecnologia foram estabelecidas.

Assim, a manutenção e ampliação da participação da indústria brasileira no mercado mundial de aeronaves e a maior inserção internacional da cadeia produtiva brasileira requerem a dinamização e a atualização tecnológica do setor, o que é alvo do Programa Demonstrativo para Inovação na Cadeia Produtiva do Setor Aeronáutico tratado nesta publicação.

Gerson Gomes
Diretor do CGEE

Resumo executivo

A indústria aeroespacial brasileira é a maior do Hemisfério Sul e disputa a terceira posição mundial na produção de aeronaves comerciais com capacidade de transporte de até 108 passageiros. O setor aeronáutico tem importante papel no desenvolvimento da competitividade industrial, pelo seu potencial na difusão de novas tecnologias e efeito multiplicador na modernização industrial; razão pela qual integra setor econômico prioritário do Plano Brasil Maior (PBM) e da Estratégia Nacional para Ciência Tecnologia.

A balança comercial brasileira do setor aeronáutico nos últimos anos tem sido superavitária, contemplando exportações da ordem de US$ 5 bilhões e importações em torno de US$ 2,5 bilhões. Este superávit tem sido composto por um saldo comercial positivo no segmento de aeronaves e um saldo negativo no segmento de componentes. Ressalta-se que o valor agregado de uma aeronave é alto em relação aos outros produtos exportados pelo Brasil, podendo chegar de US$ 1.300 a US$ 2.000 por quilo.

Apesar de o Brasil ser o quinto maior exportador de aeronaves do mundo, o País é fortemente dependente de importações de componentes. Nessa situação, o setor figura na 14ª posição da lista oficial dos principais produtos importados pelo Brasil.

Estudos prospectivos, comparativos e de cenários conjunturais oferecem indícios de que, mesmo em previsões favoráveis nos âmbitos interno e externo, o Brasil poderá perder progressivamente posição no mercado internacional face à fragilidade da cadeia produtiva instalada no território nacional e pela entrada decisiva da China, Rússia e do Japão no mercado de jatos regionais, para os quais parcerias com empresas de alta tecnologia foram estabelecidas.

A manutenção e ampliação da participação da indústria brasileira no mercado mundial de aeronaves e a maior inserção internacional da cadeia produtiva do País requerem dinamização e atualização tecnológica do setor, para as quais é necessário um conjunto de atividades coordenadas, dentre elas o aprimoramento dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I).

Por essa razão o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) demandou ao Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) a elaboração de estudo voltado à construção de

uma proposta de programa demonstrativo para inovação em cadeia produtiva da indústria aeronáutica, de sorte a obter uma indicação de investimentos necessários em pesquisa e desenvolvimento capazes de incrementar a atividade inovadora na cadeia produtiva do setor.

O presente estudo foi realizado ao longo de 2013 e sintetiza as propostas para a elaboração de programa estratégico de longo prazo para a atuação do Sistema Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação (SNCTI). Este programa tem como foco de atuação as tecnologias de menor nível de maturidade [Technology Readiness Level (TRL)], sendo, portanto, suplementar ao Programa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas (PDT), que foi concebido no âmbito do Plano Brasil Maior.

A primeira etapa do trabalho compreendeu o mapeamento das proposições/recomendações em PD&I para a cadeia aeronáutica sugeridas em documentos anteriores de referência do setor, publicados entre os anos de 2005 a 2013. A segunda etapa do trabalho compreendeu entrevistas com especialistas do setor para discutir as atuais lacunas e oportunidades e obter subsídios sobre as hipóteses de prioridades de PD&I a serem consideradas na elaboração do Programa Demonstrativo. A proposta de programa foi minutada e analisada em duas instâncias: uma reunião de especialistas envolvendo setor privado, governo e academia; e uma reunião de validação com representantes de governo diretamente envolvidos com atividades de pesquisa e desenvolvimento para o setor aeronáutico.

Esta publicação apresenta a proposta de Programa Demonstrativo validada nessa última reunião, destacando as seis diretrizes estratégicas, os seis eixos de atuação e os dezesseis projetos a serem implementados na primeira fase do programa (2014-2018), conforme descrito na Tabela 6. O orçamento global para esta fase é de aproximadamente R$100 milhões, que são incrementais aos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) já realizados no setor. Este orçamento não considera o custeio de alocação de pessoal das agências e dos órgãos da administração envolvidos com a operacionalização do Programa.

A recomendação dos especialistas que participaram da reunião de validação foi de que todos os projetos propostos deveriam ser implementados nos cinco anos da primeira fase do Programa. Entretanto, considera-se recomendável a realização de uma avaliação política de prioridades para o investimento sugerido. Essa avaliação pode auxiliar a execução do Programa, seja em decorrência de problemas administrativos ou de restrição temporal de recursos, seja pelo melhor entendimento do Programa, das necessidades do setor e da contribuição do MCTI em cada uma das ações e investimentos a serem realizados.

Introdução

A elaboração de uma proposta de programa demonstrativo para inovação em cadeia produtiva da indústria aeronáutica foi realizada pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) por solicitação do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), com vistas a obter uma indicação de investimentos necessários em pesquisa e desenvolvimento para alavancar a atividade inovadora neste setor.

O Brasil não é um pais conhecido pela geração de tecnologia e de inovação. A economia brasileira não é muito inovadora, o que é um problema para o desenvolvimento. Ao lado de empresas e atividades como Petróleo/Petrobras e Agricultura/Embrapa, o setor aeronáutico, e particularmente sua empresa líder, a Embraer, é um dos poucos casos de sucesso de competitividade internacional e de liderança de segmento de mercado por empresa brasileira baseada em alta tecnologia e atividades intensivas em engenharia. O presente estudo foi realizado considerando o papel chave do setor aeronáutico na indústria brasileira.

A metodologia e a sequência de trabalho empregadas - com produtos sucessivos, aproveitamento do conhecimento prévio gerado no setor e com a participação dos atores envolvidos por meio de entrevistas e de uma Oficina de Trabalho realizada em 28 de agosto de 2013 - resultam em uma proposta de minuta que busca refletir as principais demandas do setor para cobrir lacunas existentes e possibilitar seu desenvolvimento nos próximos anos. Deve-se destacar que a minuta também considera outras iniciativas em andamento, em especial o Programa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas (PDT), em fase de detalhamento pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). A minuta resultante visa a complementar tais iniciativas em andamento, por meio da capacitação de recursos humanos, da construção de infraestrutura laboratorial e do direcionamento do fomento à pesquisa.

Além da Introdução, a publicação está estruturada em mais três capítulos. O capítulo 1 apresenta o mapeamento e a análise de proposições em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) para o setor aeronáutico de outros estudos e projetos realizados previamente no País. O capítulo 2 expõe a síntese das entrevistas com diversos atores do setor para identificação de lacunas e de oportunidades de desenvolvimento. O capítulo 3 exibe a minuta do Programa Demonstrativo para Inovação em Cadeia Produtiva do Setor Aeronáutico.

A proposta de programa está estruturada em 16 projetos distribuídos por 6 eixos, a saber:

A. Formação de Pessoal - lacunas e demandas de informação e aperfeiçoamento;

B. Desenvolvimento da infraestrutura laboratorial para a pesquisa;

C. Realização de estudos para aprofundamento e detalhamento de projetos em temas promissores, mais ainda não suficientemente detalhados ou estruturados;

D. Fomento à pesquisa em tecnologias críticas e prioritárias;

E. Aperfeiçoamento de mecanismos/instrumentos existentes;

F. Incentivo ao surgimento e ao desenvolvimento de pequena e médias empresas (PME) de base tecnológica.

O orçamento dos projetos alcança R$ 95 milhões em cinco anos. Tal orçamento não inclui o Programa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas, já orçado e sendo estruturado em outra iniciativa. Para melhor visualização do que implica tal montante, aponta-se que este orçamento é menos do que 1% do dispêndio público em pesquisa e desenvolvimento (P&D) num ano. Este orçamento é ainda três vezes menor que o valor que uma só empresa do setor de autopeças levantou para incrementar suas atividades de P&D no Brasil.

É importante explicitar que o Programa Demonstrativo proposto está orientado ao desenvolvimento de tecnologias em si, à formação de pessoal e à infraestrutura laboratorial pública e, para tanto, focado em tecnologias menos maduras ou *Technology Readiness Level* (TRL) mais baixos - em um prazo mais longo. Ele é complementar ao Programa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas (PDT), que envolve a demonstração de sistemas integrados de tecnologias conhecidas (alto nível de maturidade ou TRL, no jargão do setor).

Faz-se necessário frisar ainda, que, dada a importância do setor, seria altamente desejável a criação de uma governança específica, de alto nível, ou seja, envolvendo diretamente ministros de Estado, para traçar diretrizes de longo prazo, priorizar ações e definir aporte de recursos para programas especiais. A proposta de governança realizada para o programa de PDT pode ser

utilizada como modelo, uma vez que, ainda que dedicada a um grande programa, foi pensada de forma mais sistêmica para o setor[1].

Portanto, seria de fundamental importância a articulação com as instâncias do Plano Brasil Maior, que estão discutindo a estrutura de governança para o Programa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas (PDT), visando constituir uma estrutura única de governança para o setor.

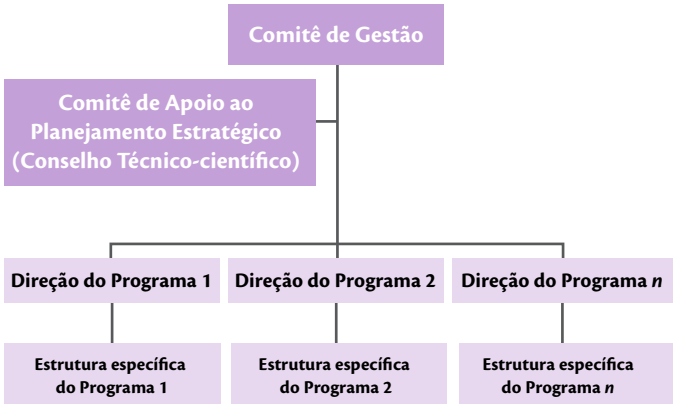

Figura 1 – Proposta de estrutura de governança para as ações do Estado em PD&I para o setor aeronáutico

O Comitê de Gestão ou Conselho de Orientação é a mais alta instância do Programa, estabelecida por portaria ministerial ou interministerial ou fonte assemelhada. Numa analogia, seria o "conselho de administração" das ações do Estado no setor, com papel de monitoramento de alto nível do desempenho das ações e de articulação institucional para ações futuras, seguindo a mesma linha de atuação dos Conselhos de Administração sumarizados das experiências internacionais (Acare - Europa, Clean Sky e outros). Aprova planejamento tecnológico (roadmap) e planejamento de ações. Deve ser composto por ministros de Estado e presidentes ou diretores de órgãos relevantes envolvidos com o tema. Promove reuniões pouco freqüentes - semestrais, por exemplo -, mas com datas predefinidas numa agenda anual.

Sugerimos para esta e para todas as demais instâncias que a participação seja pessoal, ou seja, que a portaria já nomeie as pessoas, em vez de nomear a instituição. Quando há nomeação da

1 Vide SALERNO, M.S. et al. Modelagem funcional para um programa de plataforma demonstradora tecnológica aplicável ao Brasil. Brasília: ABDI, maio de 2013 (relatório interno - produto 10 - do projeto pesquisa e desenvolvimento de produtos na área de inovação, competitividade e engenharia).

instituição, o seu representante não é necessariamente fixo, e se perde muita informação com a rotatividade. Ademais, os Ministros precisam de interlocutores constantes para que possam cobrá-los e terem maior segurança sobre o andamento do programa.

O Comitê de Apoio ao Planejamento Estratégico ou Comitê Técnico-científico tem as funções de elaborar, encomendar e articular estudos, prospecções, *roadmaps* e análises, além de construir cenários que ajudem o Comitê de Gestão a definir a estratégia do programa. Poderia ser articulado e liderado pelos Ministérios de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), que o criariam em portaria interministerial, envolvendo instituições com atribuição de realizar estudos e pesquisas prospectivas de alto nível. Os membros desse Comitê devem ser todos reconhecidos especialistas, altamente qualificados no setor, podendo representar empresas privadas, instituições de pesquisa, academia e governo. A especialização técnica deve ter maior peso na nomeação do que a representação institucional, dado que esta última é mais relevante no Conselho de Administração do programa. Sugerimos que a participação seja pessoal e não por representação.

Tal Comitê pode não ter uma estrutura completa permanente, mas deve ter um ponto focal fixo, que seria seu secretário. O secretário seria nomeado pelos ministros da Ciência, Tecnologia e Inovação e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e poderia acumular essa função com outras em outros órgãos. É recomendável, entretanto, que tenha atribuição formal neste Comitê, para haver continuidade.

Capítulo 1

1. Levantamento de proposições/ recomendações em PD&I para a Cadeia Produtiva Aeronáutica – Documentos de referência

Neste capítulo é apresentado o mapeamento das proposições/recomendações em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) para a cadeia aeronáutica, construídas a partir de textos de referência do setor. O capítulo é iniciado com a descrição da metodologia empregada nessa etapa do estudo, incluindo a explicitação sobre as fontes de informação e os critérios utilizados para realizar o mapeamento. Em seguida, é discutido o conteúdo dos principais textos de referência do setor e são identificadas as principais proposições/recomendações em PD&I para a cadeia produtiva aeronáutica. Por fim, é apresentada uma síntese das tecnologias críticas que podem ser alvo do Programa definido com base neste estudo. O Anexo 2 mostra algumas das principais ações governamentais de apoio ao setor em curso.

1.1. Metodologia de trabalho

A metodologia empregada envolveu inicialmente a identificação dos textos de referência do setor aeronáutico que contemplam informações relevantes para este trabalho. A pesquisa bibliográfica e documental compreendeu levantamento de estudos encomendados ou conduzidos por diversos órgãos de governo e instituições relacionados ao setor, tais como Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). A busca foi realizada no website de cada uma das instituições, uma vez que tais estudos são usualmente publicados na internet. Também foi realizada busca complementar em base de dados do Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBi) da Universidade de São Paulo (USP). Foram considerados estudos realizados nos últimos dez anos (desde 2003), dada a ênfase em tecnologias para o desenvolvimento futuro do setor, com foco em ações de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. A relação dos documentos selecionados para análise é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Relação de documentos de referência analisados

Fonte	Documentos
MCTI	• Estratégia Nacional de CT&I 2012-2015: balanço das atividades estruturantes 2011 (2012)
ABDI	• Competências empresariais e políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial – Caso dos EUA (2012) • Competências empresariais e políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial – Casos da França e da Suécia (2010) • Estudo prospectivo aeronáutico (2009) • Relatórios de acompanhamento setorial, vol. I a IV (2008 e 2009)
BNDES	• A indústria aeronáutica no Brasil: evolução recente e perspectivas (2012) • Cadeia produtiva aeronáutica brasileira: oportunidades e desafios (2009) • Alternativas para o adensamento da cadeia produtiva aeronáutica brasileira: o "modelo europeu" (2006) • A cadeia aeronáutica brasileira e o desafio da inovação (2005) • O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil – revista do BNDES (2005)
Plano Brasil Maior e Inova Brasil (envolvem diversos atores na elaboração)	• Agendas setoriais estratégicas do Plano Brasil Maior (2013) • Plano Inova Empresa (2013) • Agenda setorial – Aeronáutico (2012) • Diagnóstico do setor aeronáutico – Plano Brasil Maior (2012)
Fiesp	• Análise Comdefesa (vários anos) • Informe Comdefesa (vários anos)

Fonte Documentos

A análise desse material foi iniciada pela discussão do *Estudo prospectivo aeronáutico* de 2009, pois é o documento que trata de forma mais ampla e estruturada as proposições de PD&I para o setor.

Por fim, foi elaborada síntese, disposta no Tabela 4, que expõe a relação de tecnologias críticas apontadas nos diversos documentos analisados. As tecnologias consideradas na síntese são aquelas que devem ser alvo do Programa definido na presente publicação.

A seguir, são apresentadas as sínteses das principais proposições e recomendações dos documentos de referência produzidos na última década para o setor. Há entre os documentos de referência aqueles que não tratam diretamente de proposições e recomendações em PD&I no Brasil, mas que, por conta de sua relevância para a discussão de ações governamentais e empresariais de apoio à indústria aeronáutica brasileira, foram também sintetizados, entretanto, com maior economia.

1.2. Estudo prospectivo aeronáutico (2009)

O *Estudo prospectivo aeronáutico*, publicado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) em 2009, realiza um levantamento e a priorização de tecnologias para manutenção e aumento da competitividade da indústria aeronáutica brasileira em uma agenda de tecnologias promissora. O estudo começa pela identificação de três macro desafios para as tecnologias aeronáuticas: 1) competitividade industrial; 2) segurança de operações; e 3) atividade de aviação e seus efeitos na sociedade.

O macro desafio da competitividade industrial subdivide-se em três: minimização dos custos operacionais; atratividade ao usuário para a competitividade; ciclo de vida da aeronave para a competitividade. O macro desafio segurança de operações também subdivide-se em três: segurança na cabine de comando; operações aéreas no século XXI; e mitigação de consequências. O macro desafio da atividade de aviação e seus efeitos na sociedade, por sua vez, subdivide-se em dois: operação verde e preservação para as futuras gerações.

Os macro desafios e desafios estão associados a três grandes áreas de P&D: estruturas leves, sistemas embarcados e modelagem virtual da aeronave completa. As grandes áreas de P&D, por sua vez, subdividem-se em áreas de pesquisa tecnológica e tecnologias, conforme Tabela 2.

A priorização de grandes áreas de P&D, das áreas de pesquisa tecnológica e das tecnologias levou em conta as trajetórias tecnológicas atuais da indústria aeronáutica mundial (como o aumento do uso de novos materiais e a decorrente necessidade de novos modelos estruturais), bem como as características e capacitações da empresa-âncora (Embraer), da cadeia de fornecedores e da infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento aeronáutico no Brasil.

Além da identificação dos macro desafios e desafios e do levantamento e priorização das tecnologias necessárias para seu enfrentamento e superação, o *Estudo prospectivo aeronáutico* também identifica, em seu Anexo II, os fatores críticos de sucesso da indústria aeronáutica brasileira, dividindo-os em seis diretrizes: financiamento, infraestrutura, mercado, político-institucional, recursos humanos e tecnologia.

As áreas de pesquisa tecnológica e as tecnologias prioritárias mapeadas pelo *Estudo prospectivo aeronáutico* e apresentadas na Tabela 2 constituem uma importante proposição de trabalho para o setor a ser considerada no âmbito deste estudo.

Tabela 2 – Área de pesquisa tecnológica, tecnologia e nível de prioridade, *Estudo prospectivo aeronáutico* (2009)

Área de pesquisa tecnológica	Tecnologia
Materiais e processos	• Novos materiais metálicos • Novos conceitos estruturais • Processos de fabricação em materiais compósitos: *Resin Transfer Molding* (RTM) [Moldagem por Transferência de Resina]; *Resin Film Infusion* (RFI) [Infusão de Filme de Resina]; *Fiber-placement* [Colocação de Fibra]; entre outros
Manufatura avançada	• Novos métodos de junção de componentes e segmentos • Ferramental flexível e reconfigurável • Processos automatizados de montagem
Tecnologias para maximizar as possibilidades de sobrevivência em caso de acidentes	• Projeto estrutural considerando *crash worthiness* (i.e., capacidade de a estrutura proteger seus ocupantes durante um impacto)
Técnicas e processos para reduzir o impacto ambiental da produção de aeronaves	• Processos produtivos menos agressivos ao meio-ambiente
Sensoriamento e saúde da aeronave	• Prognóstico e diagnóstico da saúde de sistemas • Monitoramento de saúde estrutural • Redes de sensores, incluindo aplicações de nanotecnologia
Integração de sistemas e software embarcado	• *Fly-By-Wire* (sistemas de controle de voo assistidos por computador) • Controle adaptativo • Comunicação de dados sem fio • Fusão de dados • Software embarcado • Tecnologias para aeronave mais elétrica • Células a combustível • *Integrated Modular Avionics* (IMA) [Aviônica Modular Integrada] e *Integrated Modular Electronics* (IME) [Eletrônica Modular Integrada] • Métodos e processos para projeto e certificação de sistemas complexos e integrados
Combustíveis alternativos na aviação	• Procedimentos de operações (pouso, decolagens e cruzeiro) para baixo nível de emissões atmosféricas • Tecnologias de sensores para combustíveis alternativos • Métodos, técnicas e processos de engenharia e análises de segurança para permitir o uso de combustíveis alternativos
Tecnologias para um ambiente de cabine diferenciado	• Tecnologias para a redução de altitude de cabine • Conceitos de *Office-in-the-sky*[2] e *Home-in-the-sky*[3]
Tecnologias para um ambiente de cabine diferenciado	• Tecnologias inovadoras para interiores de aeronaves (controle ativo de umidade, temperatura e iluminação; dispositivos eletrônicos); revestimentos; entre outros • Design de interiores

2 Tornar o ambiente de aeronaves propício a atividades de negócios, a partir do uso de equipamentos de comunicação e informação avançados.

3 Tornar o ambiente de aeronaves propício a atividades de lazer, a partir do uso de equipamentos de comunicação e informação avançados.

Área de pesquisa tecnológica	Tecnologia
Tecnologias para prevenir e evitar acidentes	• Métodos e processos para análise integrada de segurança de sistemas aeronáuticos (*Integrated Safety Assessment*) • Tecnologias embarcadas (sensores, sistemas, etc.) para a detecção de ameaças atmosféricas, tais como: *windshear* (variações abruptas de vento); vorticidade de esteira; gelo, ventos adversos, entre outros • Automatização das rotinas de pouso. Verificação automática de segurança • Rotinas e sistemas de correção de erros humanos na pilotagem • Tecnologias de suporte a uma melhor integração homem-máquina no *cockpit* (na cabine de comando)
Integração de tecnologias embarcadas para CNS/ATM[4]	• Sistemas para suportar, com segurança, decisões colaborativas piloto-controlador de voo • Sistemas que permitam trafegar em ambientes de gestão de trajetórias, planejamento colaborativo de rotas e redução de separação mínima
Eficiência aerodinâmica e baixo consumo	• Métodos e ferramentas para predição de *icing* (gelo) e voo em condições atmosféricas adversas • Aeroelasticidade (modelamento da interação entre forças inerciais, elásticas e aerodinâmicas) • Projeto aerodinâmico com novos dispositivos hipersustentadores
Aeroacústica	• Conceitos e tecnologias para redução de ruído na fonte (soluções estruturais e aerodinâmicas de baixo ruído externo) • Procedimentos de operações geradores de baixo ruído externo (Noise abatement) • Estudos de configurações acusticamente ótimas para a instalação dos motores • Simulações aeroacústicas para ruído externo, considerando projeto integrado de aerodinâmica-estrutura para minimização de efeitos sonoros • Simulações aeroacústicas para ruído interno
Ferramentas avançadas de engenharia e simulação	• Realidade virtual • Simulações para engenharia em sistemas aeronáuticos (pneumático, mecânico, hidráulico, aeronave mais elétrica, etc.): ferramentas VIB – *Virtual Iron Bird* (modelo computadorizado de aeronave para verificação de seus sistemas)
Otimização do projeto aeronáutico	• Ferramentas de Engenharia Baseada no Conhecimento (automação de processos de engenharia) • Otimização multidisciplinar
Métodos, ferramentas e processos em engenharia de sistemas	• Modelagem de sistemas aeronáuticos utilizando Engenharia de Sistema • Processos de V&V (Validação e Verificação) • Métodos e técnicas para a integração de sistemas

4 A expressão CNS/ATM reúne quatro termos: Comunicação Aeronáutica (representada pela letra C); Navegação Aérea (representada pela letra N); Vigilância (letra S, de Surveillance); e Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ou ATM acrômico em inglês de *Air Traffic Managment*). Fonte: *http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/8543/TR%C3%81FEGO-A%C3%89REO---Entenda-o-conceito-CNS/ATM*-(Perguntas-Frequentes).

1.3. Competências empresariais e políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial – Caso dos EUA (2012)

O estudo *Competências empresariais e políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial – Caso dos Estados Unidos da América (EUA)*, publicado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial em 2012, examina as estratégias públicas e privadas para manutenção e aumento da competitividade do setor aeroespacial norte-americano, em particular da Boeing, mais importante *Original Equipment Manufacturer* (OEM)[5] dos EUA, empresa-âncora do cluster aeroespacial de Seattle, Washington.

O estudo está estruturado em quatro seções: a primeira, *A dinâmica da inovação na indústria aeroespacial: O caso do Boeing 787*, é um estudo de caso sobre o desenvolvimento do Boeing 787 Dreamliner; na segunda seção, intitulada *A empresa líder e as competências requeridas em sua cadeia produtiva*, são apresentados os diferentes segmentos de atuação da Boeing: aviação civil, defesa, espaço e segurança; a terceira seção, *Políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento da indústria aeroespacial norte-americana*, trata das iniciativas governamentais em nível federal e estadual de apoio ao setor aeroespacial norte-americano; e a quarta seção, *Desafios competitivos*, fecha o documento, situando o setor aeroespacial norte-americano em relação a seus competidores, em especial a Airbus, e identificando os desafios para a inserção internacional da indústria aeroespacial brasileira.

O estudo concentra sua análise da trajetória tecnológica da Boeing em um conjunto de inovações cuja evolução foi central para o Boeing 787 Dreamliner, definido como "futuro" projeto dominante em razão das tecnologias e inovações incorporadas ao avião. Dentre essas, o estudo destaca:

- O uso em larga escala de materiais compósitos, que no Boeing 787 passou a ser o material predominante, superando o emprego do alumínio;
- Encomenda para o desenvolvimento de novas turbinas para equipar o Boeing 787 pela General Electric e pela Rolls-Royce - em vez de adaptação de turbinas existentes - e a padronização das turbinas das duas fornecedoras em uma interface única;

5 Uma companhia que concebe (desenha) produtos e os manufatura a partir da aquisição de componentes, partes, estruturas e sistemas de diferentes fornecedores, vendendo-os com a marca da companhia.

- Sistemas avançados de navegação, controle de estabilidade, redução de ruído, monitoramento estrutural e economia de combustível, entre os quais o "Avionics Full-Duplex Switched Ethernet (AFDX) para transmitir dados entre diferentes aeronaves, permitindo uma maior autonomia em relação ao controle de solo [...] sistema de supressão das rajadas verticais, a Smoother Ride Technology, que proporciona um menor nível de turbulência" (p. 13);
- Tecnologias de conforto de cabine, de controle de ar, temperatura, pressão, umidade e iluminação ao design de poltronas e compartimentos de bagagem e redução de ruídos;
- Tecnologias de mitigação do impacto ambiental, em especial tecnologias de aerodinâmica e motorização redutoras de ruídos e emissões de carbono.

Em relação às políticas governamentais de apoio ao setor aeroespacial norte-americano, o estudo destaca, no nível federal:

- Utilização do poder de compra do Estado e, em especial, o papel do *Department of Defense* (DoD) e da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA);
- Integração com o sistema de ensino e de ciência, tecnologia e inovação com participação de universidades, que realizam pesquisas financiadas pela NASA e pela *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA) do Departamento de Defesa;
- Os mecanismos de apoio à exportação, em particular o *Export-Import Bank of the United States (EX-IM Bank)* e a *Defense Security Cooperation Agency* (DSCA), subordinada ao DoD.

Em nível estadual, as políticas de apoio ao setor aeroespacial incluem:

- O apoio ao *cluster (agrupamento)* aeroespacial de Seattle, Washington;
- Incentivos fiscais do estado de Washington;
- O apoio ao sistema de ensino e de ciência, tecnologia e inovação por meio da DARPA e do Departamento de Defesa com foco no financiamento de pesquisas.

1.4. Competências empresariais e políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial – Casos da França e da Suécia (2010)

O estudo *Competências empresariais e políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial – Casos da França e da Suécia*, publicado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial em 2010, examina as competências requeridas das empresas líderes e da cadeia aeronáutica da França e da Suécia e as políticas governamentais de apoio ao setor aeroespacial desses países.

O estudo está estruturado em três seções: a primeira, *Empresas líderes e as competências requeridas em suas cadeias produtivas*, apresenta as principais empresas pan-europeias, francesas e suecas do setor aeroespacial: *European Aeronautic Defence and Space Company (EADS)*, Airbus, Eurocopter, Astrium, Cassidian, Dassault Aviation, Saab e Swedish Space Corporation. A segunda seção trata das políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial na França e na Suécia, comparando-as a políticas dos EUA, da Alemanha, do Canadá, da China e do México. A terceira seção apresenta as considerações finais.

O estudo concentra-se na análise dos fatores econômicos, concorrenciais e industriais determinantes da competitividade da EADS, Airbus, Eurocopter, Astrium, Cassidian, Dassault Aviation, Saab e Swedish Space Corporation, examinando, por exemplo, estrutura acionária, cadeias produtivas, capacidades gerenciais e financeiras, portfólios de produtos e segmentos de atuação dessas empresas, entre outros aspectos. A análise das estratégias tecnológicas *stricto sensu* é, em comparação ao *Estudo prospectivo aeronáutico* e ao documento *Competências empresariais e políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial – O caso dos EUA*, muito mais limitada neste documento.

Em relação às políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial, o estudo destaca os seguintes instrumentos e instituições na França:

- O uso do poder de compra do Estado, em especial por meio da *Direction Générale de l'Armement* (DGA) [Direção Geral do Armamento], subordinada ao Ministério da Defesa da França;

- O sistema de ensino e de ciência, tecnologia e inovação, em especial o *Office National d'Etudes et de Recherches Aéronautiques* (Onera) [Serviço Nacional de Estudos e de Pesquisas Aeronáuticas], subordinado ao Ministério da Defesa, o *Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace* (ISAE) [Instituto Superior da Aeronáutica e do Estado], vinculado ao DGA do Ministério da Defesa e fazendo parte do sistema de *Grandes Écoles*[6], e o *Centre National d'Études Spatiales* (CNES) [Centro Nacional de Estudos Espaciais], subordinado aos ministérios da Educação Superior e Pesquisa e da Defesa;

- O apoio financeiro, em especial os financiamentos da Oséo, subordinada ao Ministério da Economia, Indústria e Emprego e ao Ministério da Educação Superior e Pesquisa;

- O suporte à internacionalização, em especial as atividades da *Compagnie Française d'Assurance pour le Commerce Extérieur* (Coface) [Companhia Francesa de Seguros para o Comércio Exterior], agência pública de apoio às exportações, e da Ubifrance (Agência Francesa para o Desenvolvimento Internacional das Empresas), subordinada ao Ministério da Economia, Indústria e Emprego;

- Suporte institucional a *clusters* aeroespaciais, entre os quais o *Aerospace Valley*, em Toulouse, o *Pôle Pégase*, em *Aix em Provence*, e o ASTech, em *Île de France*;

- Participação estatal nas empresas.

Na Suécia, as principais políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial elencadas pelo estudo são as seguintes:

- Poder de compra do Estado;

- O sistema de ensino e de ciência, tecnologia e inovação, em especial a Agência Sueca de Pesquisa em Defesa – *Totalförsvarets Forskningsinstitut* (FOI) –, subordinada ao Ministério da Defesa da Suécia; o Instituto Real de Tecnologia – *Kungliga Tekniska Högskolan* (KTH) –; e o Conselho Nacional Sueco para o Espaço – *Rymdstyrelsen* (SNSB) –, subordinado ao Ministério das Empresas, Energia e Comunicações;

- Suporte financeiro, em especial por meio do Conselho Sueco de Pesquisa – *Vetenskapsrådet* (VR) –, do Ministério da Educação e da Pesquisa; da Fundação Sueca para Pesquisa Estratégica – *Stiftelsen för Strategisk Forskning* (SSF) –; e da Agência Governamental Sueca para Sistemas de Inovação (Vinnova);

6 No sistema de ensino superior francês, além das universidades, existem as *Grandes Écoles*, que são estabelecimentos de renome em áreas especializadas, como, por exemplo, aeronáutica.

- Suporte à internacionalização, em especial pelo Conselho de Comércio Sueco – *Exportrådet* (STC) –, subordinado ao Ministério das Relações Exteriores.

O estudo *Competências empresariais e políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial – Casos da França e da Suécia* é encerrado com uma comparação das políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial nos dois países em relação às políticas dos EUA, da Alemanha, do Canadá, da China e do México.

1.5. Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica, vol. IV (2009)

O Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica, vol. IV, publicado em dezembro de 2009 pela ABDI em parceria com a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), apresenta uma análise sintética do desempenho da indústria aeronáutica brasileira, os efeitos negativos da crise financeira mundial sobre o setor no país e as medidas concebidas para enfrentar os novos desafios.

O relatório está dividido em quatro seções: *A indústria aeronáutica mundial: evolução do comércio internacional*; *A indústria aeronáutica brasileira: desempenho recente*, com análise de indicadores de produção física, emprego e salário e comércio exterior; *A indústria aeronáutica brasileira: empresas*, em que são analisadas a empresa líder Embraer e a cadeia de fornecedores e seus nichos de mercado e *Considerações finais*.

O relatório trata dos impactos econômicos, produtivos e financeiros da crise mundial sobre o setor aeronáutico, o que naturalmente lhe confere caráter bastante descritivo e pouco propositivo. Em relação a ações governamentais e desenvolvimentos tecnológicos, o relatório chama atenção para medidas anticíclicas do BNDES, em especial duas novas modalidades de financiamento destinadas a apoiar a cadeia produtiva aeronáutica durante a crise: o Pró-Aeronáutica Empresa (financiamento de parceiras de risco) e o Pró-Aeronáutica Exportação (apoio à internacionalização de pequenas e médias empresas). O relatório também aponta o processo de diversificação de negócios das empresas do setor aeronáutico, que passou a fornecer para outros setores como forma de minorar os efeitos da crise econômica.

Em relação aos desenvolvimentos tecnológicos recentes, o relatório chama a atenção para a produção local do EC725 pela Helibras, subsidiária da Eurocopter, e para a finalização do

protótipo da TR3500, primeira turbina aeronáutica nacional, desenvolvida pela Polaris Tecnologia em parceria com o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

1.6. Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica, vol. III (2009)

O *Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica, vol. III*, publicado em julho de 2009 pela ABDI em parceria com a Unicamp, está estruturado em quatro seções: *A indústria aeronáutica mundial: evolução recente*; *A indústria aeronáutica brasileira: evolução recente*; *A indústria aeronáutica brasileira: estruturas e empresas* e *Considerações finais*. O relatório trata de dois períodos distintos: os anos de 2007 e 2008, imediatamente anteriores à crise, e os primeiros meses de 2009, em que já se faziam sentir os primeiros efeitos da crise mundial.

Em relação ao desenvolvimento tecnológico, o relatório dá destaque ao projeto do Boeing 787 Dreamliner, que é conceituado como o primeiro avião comercial a ser fabricado predominantemente com materiais compostos. A substituição do alumínio por compostos representa uma alteração fundamental, a começar pela forma de projetar novas aeronaves e de desenvolver tecnologias-chave para sua produção.

Dedicado ao acompanhamento dos aspectos econômicos, produtivos e financeiros e aos, naquela época, ainda muito recentes primeiros efeitos da crise mundial sobre o setor aeronáutico, o relatório não faz recomendações de ações governamentais ou empresariais.

1.7. Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica, segmento de fabricação de helicópteros, vol. II (2008)

O *Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica, segmento de fabricação de helicópteros, vol. II*, publicado em outubro de 2008 pela ABDI em parceria com a Unicamp, concentra sua análise sobre o segmento de aeronaves de asa rotatória e está estruturado em quatro seções: *A indústria mundial de helicópteros*; *O mercado brasileiro de helicópteros*; *Helibras:*

a empresa brasileira de helicópteros, abordando sua origem, caracterização, inserção de mercado e relação com a Eurocopter; e *O projeto* EC725 *e os desafios competitivos da indústria brasileira de helicópteros*.

Em relação aos aspectos tecnológicos e industriais do segmento brasileiro de helicópteros, o relatório chama a atenção para: a produção do helicóptero HB-350 Esquilo; a montagem de outros modelos da Eurocopter a partir de *kits Complete Knock-Down* (CKD)[7]; e atividades de serviços de manutenção, reparo e revisão [*Maintenance, Repair and Overhaul* (MRO)] e reforma e modernização (*retrofitting).*

Em relação aos desenvolvimentos tecnológicos do segmento nacional de helicópteros, o relatório destaca a assinatura do consórcio Helibras-Eurocopter para a produção do helicóptero pesado EC725. O relatório também aponta para a estratégia tecnológica da Eurocopter em relação ao EC725 e o papel atribuído à empresa nacional que seria de ter a Helibras como um grande centro de produção do EC725. Chama atenção o fato de a Eurocopter ter lançado recentemente o NH90, que é uma categoria de helicóptero assemelhada ao EC725, sendo contudo um helicóptero completamente novo. Daí, "é possível inferir que a unidade francesa da Eurocopter centrará esforços no NH90, podendo em médio prazo transferir grande parte da produção mundial do EC725 para o Brasil" (pp. 15-16). O programa de produção nacional do EC725 prevê atingir um índice de nacionalização de 50%.

Ainda segundo o relatório a importância desse projeto está ligada ao transbordamento deste dinamismo tecnológico aos fornecedores. O programa EC725 deve propiciar a capacitação tecnológica da Helibras, para que, numa segunda etapa, entre 10 e 15 anos, a empresa possa participar de projetos conjuntos de desenvolvimento de novos helicópteros.

O relatório, no entanto, por seu caráter de instrumento de acompanhamento, não propõe ações governamentais e empresariais para o alcance dos objetivos anteriormente descritos.

7 Conjunto de partes necessárias para montar um produto.

1.8. Relatório de acompanhamento setorial, vol. I (2008)

O *Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica, vol. I*, publicado em março de 2008 pela ABDI em parceria com a Unicamp, examina a competitividade do setor aeronáutico brasileiro em relação ao padrão de concorrência, estrutura de mercado e desempenho da indústria aeronáutica brasileira e mundial. O relatório está estruturado em quatro seções: *A indústria Aeronáutica Mundial: Padrão de Concorrência e Estrutura de Mercado*; *A Indústria Aeronáutica Brasileira: Padrão de Concorrência e Estrutura de Mercado*; *Desempenho da Indústria Aeronáutica Brasileira* e *Desafios Competitivos da Indústria Aeronáutica Brasileira*.

O relatório concentra-se na análise da competitividade da empresa líder e da cadeia aeronáutica brasileira em fatores como qualificação da mão de obra, estrutura da cadeia, relações entre empresa líder e cadeia (parcerias de compartilhamento de riscos e subcontratação), com menor atenção aos fatores tecnológicos e inovadores que influenciam a competitividade do setor.

Em relação às perspectivas de desenvolvimento tecnológico e produtivo do setor aeronáutico brasileiro, o relatório destaca os jatos executivos Phenom 100 e Phenom 300, bem como o cargueiro militar C-390 (cuja denominação atual é KC-390), todos projetos da Embraer; o Programa FX-2, de substituição de caças supersônicos da FAB; e o projeto de montagem do EC725 da Eurocopter pela Helibras.

Por fim, o *Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica, vol. I* identifica dois desafios competitivos da indústria aeronáutica brasileira: a adoção de uma estratégia tecnológica de longo prazo voltada ao domínio do estado da arte das tecnologias aeronáuticas e o adensamento da cadeia produtiva, considerado como fator mais relevante para a competitividade da indústria aeronáutica nacional.

O relatório assume que a introdução de novas tecnologias representa uma oportunidade do setor aeronáutico nacional ocupar novos mercados, particularmente nos segmentos menos consolidados. Portanto, o relatório conclui que a estratégia de adensar a cadeia produtiva da indústria aeronáutica nacional deve ter como objetivo central o desenvolvimento de fornecedores com escala mundial, nos novos nichos de mercado. Entretanto, o relatório não detalha as tecnologias, nem sugere ações governamentais e empresariais para vencer esses dois desafios.

1.9. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015: balanço das atividades estruturantes 2011 (2012)

A *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015: balanço das atividades estruturantes 2011*, publicada pelo MCTI em 2012, está estruturada em dois capítulos e seus anexos. O primeiro capítulo apresenta a *Estratégia nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015*; o segundo capítulo faz o *Balanço das atividades estruturantes 2011*.

A *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015* (ENCTI 2012-2015) está organizada em torno de três tópicos: Desafios; Eixos de Sustentação da ENCTI; e Programas prioritários para os setores portadores de futuro. A ENCTI identifica cinco desafios a serem enfrentados: redução da defasagem científica e tecnológica que ainda separa o Brasil das nações mais desenvolvidas; expansão e consolidação da liderança brasileira na economia do conhecimento da natureza; ampliação das bases para a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono; consolidação do novo padrão de inserção internacional do Brasil; e superação da pobreza e redução das desigualdades sociais e regionais.

Os desafios, por sua vez, orientam os cinco eixos de sustentação da ENCTI: promoção da inovação nas empresas; novo padrão de financiamento público para o desenvolvimento científico e tecnológico; fortalecimento da pesquisa e da infraestrutura científica e tecnológica; formação e capacitação de recursos humanos; e aperfeiçoamento do marco legal.

Os programas prioritários para os setores portadores de futuro, por sua vez, elencam as áreas de maior potencial de desenvolvimento científico, tecnológico e inovador, em um total de quinze: tecnologias da informação e da comunicação (TIC); fármacos e complexo industrial da saúde; petróleo e gás; complexo industrial da defesa; aeroespacial; nuclear; biotecnologia; nanotecnologia; energia renovável; biodiversidade; mudanças climáticas; oceanos e zonas costeiras; popularização da CT&I e melhoria do ensino de ciências; inclusão produtiva e social; tecnologias para cidades sustentáveis.

A ENCTI 2012-2015 não trata do setor aeronáutico e de tecnologias diretamente associadas, aparecendo apenas marginalmente em dois programas prioritários: no programa para o complexo industrial da defesa e no programa para o setor aeroespacial. O programa da defesa faz referência a mísseis de 5ª geração e a veículos aéreos não tripulados (Vant), enquanto o programa para o

setor aeroespacial faz referências a satélites de comunicação e monitoramento, que futuramente poderão integrar a nova geração de sistemas de gerenciamento de tráfego aéreo, geração essa que será baseada em comunicações diretas entre aviões e satélites.

1.10. A indústria aeronáutica no Brasil: evolução recente e perspectivas (2012)

O estudo *A indústria aeronáutica no Brasil: evolução recente e perspectivas*, de autoria de Sérgio Bittencourt Varella Gomes, então gerente do Departamento de Comércio Exterior do BNDES, publicado em 2012, está estruturado em cinco seções: a primeira e a segunda seção apresentam um panorama histórico do setor aeronáutico brasileiro da década de 1960 até o presente, passando pela privatização da Embraer em 1994 e pela atual tentativa de consolidar a Helibras como fabricante nacional de helicópteros. A terceira seção examina a cadeia produtiva aeronáutica brasileira. A quarta seção analisa as perspectivas e os desafios do setor, ao passo que a quinta seção propõe como poderá se dar o apoio do BNDES nos próximos anos. Na conclusão é ressaltada a atuação do BNDES como agente estatal na implantação de políticas públicas, em particular as do Plano Brasil Maior (PBM).

Em relação às perspectivas e desafios do setor, o referido estudo começa por apontar os projetos atualmente em curso no Japão, na China e na Rússia, de entrada no segmento de jatos regionais, hoje dominado pela Embraer e pela Bombardier, para então caracterizar os desafios tecnológicos que o setor de aviação civil enfrentará nos próximos anos: o advento de aviões mais "verdes", ou seja, com menor impacto ambiental, e o desenvolvimento de uma nova geração de turbinas para jatos regionais, genericamente conhecidas como *geared turbofan* (GTF).

O enfrentamento do primeiro desafio passa, mas não se limita, pelos ganhos de eficiência trazidos pela nova geração de turbinas. No entanto, envolve também um conjunto muito mais amplo de tecnologias, como emprego em larga escala de materiais compósitos, motores elétricos, sistemas embarcados de otimização do consumo de energia, sistemas de controle e tráfego aéreo que otimizem as operações dos aviões. Essas tecnologias, no entanto, ainda estão nos estágios iniciais de desenvolvimento, sendo pouco maduras para aplicações comerciais no curto prazo, ao passo que a nova geração de turbinas já está disponível. Isso levou as Original Equipment Manufacturer (OEM) tanto a priorizar a integração da nova geração de turbinas em novos projetos quanto a

remotorização de aviões já em operação, relegando os demais desenvolvimentos tecnológicos para o médio prazo.

Além do conjunto de tecnologias com potencial para reduzir sensivelmente as emissões de gases de efeito estuda e ruídos e da nova geração de motores, o estudo ainda identifica uma oportunidade tecnológica no desenvolvimento de novos tipos de querosene de aviação a partir de biomassa: "estabelecer a cadeia produtiva e consolidar a certificação aeronáutica para os novos tipos de querosene de aviação (QaV), obtidos com base no processamento de biomassa (algas, óleo de soja, de milho, etc.)" (p. 177). Para tanto, faz-se necessário constituir também uma cadeia produtiva de biomassa, que abranja a produção, estocagem, venda e distribuição, a fim de viabilizar o fornecimento de combustível a preços competitivos com o do QaV. O relatório prevê ainda que diversos tipos de QaV novos sejam testados e certificados pelas autoridades aeronáuticas, de modo a permitir sua utilização.

No que tange à questão da evolução recente e das perspectivas futuras, o estudo relata que a indústria brasileira tem fragilidades para enfrentar os novos desafios. Também analisa que a Embraer, diferentemente das demais três lideres do mercado internacional, ainda não lançou oficialmente projetos novos ou possibilidades de remotorização das aeronaves em fabricação com a nova tecnologia de motores a jato, avaliando a alternativa de remotorização da família E-170/190, além de outras melhorias estruturais e de aerodinâmica, que poderiam resultar em primeiras entregas por volta de 2017-2018.

Por outro lado, o estudo conclui que os jatos executivos da Embraer, em especial os jatos da linha Phenom e os novos Legacy 450 e Legacy 500, estão no estado da arte e têm melhor posição competitiva em relação a seus concorrentes.

Em relação à Helibras, o estudo aponta a importância, ainda que limitada, dos contratos de montagem do EC725, em especial por conta das cláusulas de *offset* (contrapartida industrial) e de progressiva nacionalização da produção, fazendo com que o índice de nacionalização (metodologia FINAME) tenha de chegar a 50% ao fim de sete anos, para o último lote de aeronaves e para o plano estratégico da Helibras de desenvolver um helicóptero no Brasil para ser integrado ao portfólio global da Eurocopter, controladora da Helibras.

Em relação às propostas de ações de apoio à indústria aeronáutica brasileira apresentadas pelo estudo A indústria aeronáutica no Brasil: evolução recente e perspectivas, elas se referem aos instrumentos de atuação do BNDES:

- Conceder tratamento especial para indústrias do setor, com financiamentos das linhas de inovação do Banco;
- Dispor, especialmente na sua cadeia produtiva, de financiamentos para fusões e aquisições em geral, de forma a promover um grau maior de consolidação das empresas existentes;
- Acessar, especialmente na sua cadeia produtiva, de forma mais ágil e direta, as linhas de renda variável do Banco, de forma que desenvolvimentos tecnológicos de maior vulto - que não seriam comportados pelas linhas da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e das fundações estaduais de amparo à pesquisa - possam ser realizados sem comprometimento da saúde financeira das empresas no curto prazo.

1.11. Cadeia produtiva aeronáutica brasileira: oportunidades e desafios (2009)

O estudo *Cadeia produtiva aeronáutica brasileira: oportunidades e desafios*, organizado por Guilherme Montoro e Marcio Migon, é um extenso trabalho sobre a cadeia produtiva da indústria aeronáutica no Brasil. O estudo foi realizado por um grupo de pesquisadores da Unicamp, da USP e equipe técnica do BNDES. O estudo está estruturado em cinco capítulos, além de Prefácio, Apresentação, Introdução e Conclusão. Cada um desses capítulos é discutido a seguir.

O primeiro capítulo, *Avaliação dos impactos econômicos dos programas ERJ 145 e Embraer 170/190*, de autoria de André Tosi Furtado e Edmilson Jesus Costa Filho, examina os dois programas mais recentes da Embraer no segmento de aviação civil. O estudo analisa, por meio de metodologia específica (metodologia BETA, desenvolvida pela da Universidade de Estrasburgo), os impactos diretos, indiretos, tecnológicos, comerciais, organizacionais e metodológicos, em recursos humanos e sociais dos programas ERJ 145 e Embraer 170/190.

O capítulo em questão realiza um exame bastante denso dos impactos dos programas ERJ 145 e Embraer 170/190. No entanto, este capítulo é de cunho eminentemente analítico, não fazendo,

por isso, recomendações de ações governamentais e empresariais para apoio da indústria aeronáutica para além do efeito demonstrativo da descrição dos programas.

O capítulo *Mapeamento da Cadeia Produtiva Aeronáutica Brasileira (CAB)*, de autoria de Ruy Quadros (coordenador), Afonso Fleury, João Amato, Davi Nakano, Flávia Consoni, Edmundo Inácio Jr. e Cássio Garcia Ribeiro Soares da Silva, descreve e analisa a cadeia produtiva aeronáutica brasileira, com estudo de caso do programa Embraer 170/190 e análises sobre os principais parceiros de risco da Embraer e fornecedores nacionais.

O capítulo em questão apresenta, na seção 2.4.1, uma série de Conclusões e Recomendações referentes aos fornecedores principais (parceiros de risco), em sua maior parte empresas estrangeiras, e sobre o segmento dos fornecedores nacionais.

Fornecedores principais (parceiros de risco):

- "Internacionalização das decisões que influenciam a localização dos fornecedores de sistemas e seus componentes. Identificou-se que o *upgrade* (melhoria) dos fornecedores dos principais sistemas das aeronaves da Embraer para se tornarem subintegradores promoveu importantes ganhos na eficiência da cadeia de valor, mas enfraqueceu as possibilidades de nacionalização. Esse movimento diminui o poder da Embraer de comandar o investimento na cadeia e de influenciar a localização de fornecedores de componentes. E, como se viu, é pequena a propensão de os subintegradores instalarem suas atividades de manufatura ou buscar fornecimento de componentes no Brasil. O alto grau de internacionalização de sistemas críticos da cadeia aeronáutica limita as possibilidades de nacionalização da produção" (p. 184);

- "Trajetória virtuosa da Eleb. Em comparação com os demais segmentos dos fornecedores principais, a experiência da Eleb é o exemplo mais bem-sucedido de adensamento da criação de valor no Brasil. Embora muitos componentes da Eleb sejam e continuem a ser importados, a empresa tem crescido, ampliado suas oportunidades de exportação de trens de pouso e serviços e obtido novos contratos. Com isso, entrou num movimento virtuoso de incremento de capacidades tecnológicas e crescimento. Sugere-se que o modelo de joint venture envolvendo a Embraer e outras grandes empresas internacionais seja estudado como possibilidade para o adensamento em outros segmentos de grandes fornecedores (por exemplo, o desenvolvimento e a manufatura de asas)" (p. 184);

- "Importância dos serviços de MRO (*Maintenance, repair and operations*) no Brasil. Tem sido bastante significativo o aumento da prestação de serviços de MRO no Brasil. A Celma-GE

prevê [à época da publicação do documento] crescimento de suas exportações desses serviços para cerca de US$ 1 bilhão em 2008/2009. Os fornecedores de sistemas (Hamilton Sundstran, Parker e Eleb) ressaltaram a importância desses serviços como componente expressivo de seus negócios e fonte de criação de valor no setor. No entanto, o sucesso dessa indústria requer regimes alfandegários especiais. Recomenda-se o aperfeiçoamento do arcabouço legal que abrange esse segmento. Sugere-se, ainda, o envolvimento do BNDES no financiamento do material importado para clientes dessa atividade, especialmente no que envolve reparos" (pp. 184-185).

Fornecedores nacionais:

- "Pequeno porte dos fornecedores nacionais. Um dos aspectos mais ressaltados nesta pesquisa é o pequeno porte dos fornecedores nacionais. A maioria das empresas pesquisadas (17 em 30) apresentava faturamento abaixo de R$ 9 milhões anuais, em 2004. Disso decorrem as fragilidades gerenciais e tecnológicas [...]. Essa constatação salienta a importância de políticas do BNDES e a constituição de consórcios de exportação, como o *High Technology Aeronautics* (HTA) [Alta Tecnologia Aeronáutica], que podem favorecer processos de consolidação de empresas nesse setor" (p. 185);

- "Gargalos dos fornecedores nacionais de processos industriais. Esses fornecedores têm problemas relacionados a: defasagem de equipamentos; pouca competência para montar subconjuntos e produtos mais acabados; gargalo no acesso a serviços de tratamento térmico; limitações de capital e competência na importação de matéria-prima; insuficiência de capital de giro; e limitações nas competências em gestão" (p. 185-186). Para resolver a questão dos gargalos dos fornecedores nacionais de processo industriais, o estudo sugere quatro ações básicas.
  - Realizar articulações com a Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq) para facilitar o atendimento às demandas específicas desse segmento pela indústria de bens de capital, ou viabilizar a importação de máquinas; 2) Apoiar a criação de uma empresa de tratamento térmico que forneça esse serviço para toda a cadeia, com a cultura do setor aeronáutico (exigências são distintas do tratamento térmico feito para a indústria automotiva); 3) Viabilizar cursos[8] de gestão para pequenas e médias empresas do setor aeronáutico, abordando questões de importação e exportação de produtos; aspectos legais; e capacitação em gestão empresarial. (pp. 185-186); 4) Estimular a adoção de critérios pela Embraer para que a empresa formalize a continuidade de compras com empresas fornecedoras, permitindo o fortalecimento desse segmento no país.

8 O Centro para Inovação e Competitividade do Cone Leste Paulista (Cecompi) e a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) devem se envolver na viabilização dessa iniciativa, com custos para as empresas

O capítulo *Estudo prospectivo do setor aeronáutico*, de autoria de Sergio Salles (coordenador), Maria Beatriz Bonacelli, Mauro Zackiewicz, Rafael Petroni, Rogério Veiga, Flávio Araripe e David Vieira, analisa um amplo conjunto de estudos prospectivos: "síntese de estudos prospectivos de mercado, com base em publicações disponíveis; estudos prospectivos tecnológicos, com base na busca de patentes e na análise de especialistas sobre sistemas e tecnologias prioritárias; estudo do perfil de competências científicas e tecnológicas no Brasil por meio dos grupos e linhas de pesquisa da Plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); e, cenários futuros para a indústria, preparados com a participação de especialistas de diversas áreas ligadas ao setor aeronáutico no País" (p. 199). Este capítulo oferece uma série de recomendações e sugestões para o desenvolvimento da cadeia aeronáutica brasileira.

O capítulo inicia com um alerta: "Esse conjunto de trabalhos apontou uma conjuntura preocupante para o futuro do setor no Brasil. Destaca-se, principalmente nas conclusões, uma série de excepcionalidades que torna a indústria aeronáutica brasileira um caso único em vários pontos de vista. Em qualquer cenário, seja ele otimista ou pessimista, emergem questões que inspiram atenção. Por exemplo, a construção de um sistema setorial de inovação, com base mínima para participar das definições dos novos padrões técnicos e produtivos do futuro, é considerada uma condição essencial. Já o adensamento produtivo deve ser visto com cautela, embora necessário em certa medida" (p. 199).

Este capítulo apresenta, ainda, um extenso trabalho de mapeamento de tecnologias, capacitações e ações governamentais e empresariais de desenvolvimento da cadeia produtiva da indústria aeronáutica em anos recentes no Brasil. Entre outras contribuições, examina estratégias de mercado e tecnológicas das maiores empresas aeronáuticas do mundo (OEM e sistemistas), patentes de tecnologias aeronáuticas relevantes, estoque de pesquisadores, áreas de pesquisa aeronáutica ou correlata no Brasil, exercícios de construção de cenários de mercado e tecnológicos da indústria aeronáutica mundial e recomendações para a indústria brasileira enfrentar esses cenários.

A contribuição mais relevante do citado capítulo é o exercício de identificação das tendências tecnológicas aeronáuticas por sistemas priorizados (p. 322 e seguintes). Os critérios adotados para a identificação das tendências tecnológicas e sistemas priorizados mais relevantes para a indústria aeronáutica brasileira são os seguintes:

- "A indústria aeronáutica brasileira, incluindo algumas empresas do setor de defesa, é formada por: uma grande empresa integradora (Embraer), empresas nacionais de médio porte (por

exemplo: Avibras, Mectron, Aeromot), empresas com participação estrangeira (por exemplo: Helibras, Aeroeletrônica, GE-Celma) e diversas empresas de pequeno porte, concentradas principalmente na região de São José dos Campos";

- "Os sistemas, componentes e materiais de fornecedores estrangeiros da Embraer podem ser divididos em: itens de alto valor e de alta tecnologia (por exemplo: motores, aviônicos, sistema de ar condicionado, auxiliar powerunit - APU); itens de menor valor (por exemplo: componentes elétricos, componentes hidráulicos, assentos); e matéria-prima (por exemplo: ligas de alumínio, aços especiais, materiais compostos)";

- "As tecnologias críticas relacionadas a um determinado sistema dependem da atividade exercida pela empresa. Como exemplo, pode-se citar que, na área de propulsão, para uma empresa desenvolvedora de motores, a tecnologia *single crystal cast*[9], utilizada na fabricação de palhetas de turbina, é muito importante para um futuro ganho de competitividade. Já para uma fabricante de aeronaves, as tecnologias críticas na área de propulsão podem ser a integração do sistema de controle do motor com o de comando de voo da aeronave [*Full Authority Digital Engine Control* (*Fadec*)[10] *and Flight Control Interface]* e as técnicas para redução de ruído";

- "É pouco provável que nos próximos dez anos o Brasil venha a ter indústrias nacionais que produzam itens de alto valor agregado para o setor aeronáutico, como os motores" (pp. 322-332).

Com base nesses critérios foram selecionadas as seguintes tecnologias apresentadas na tabela 3, com potencial para serem desenvolvidas pela indústria aeronáutica brasileira.

Tabela 3 – Tecnologias selecionadas por sistemas priorizados, Cadeia produtiva aeronáutica brasileira: oportunidades e desafios (2009)

Sistemas priorizados	Tecnologias
Engenharia	• Otimização multidisciplinar de projetos • Dinâmica computacional de fluidos • Aeroacústica • Estruturas ativas com sensores integrados • Monitoramento e diagnóstico da saúde estrutural • Sistemas integralmente elétricos • Veículos aéreos não tripulados

9 Tecnologia de fabricação de lâminas de turbina baseada na seleção de um único cristal de superliga e de uma pluralidade de segmentos de lâminas de turbina para ser formada por diferentes peças fundidas de uma superliga.

10 Controle digital de motor com autoridade total.

Sistemas priorizados	Tecnologias
Controle (comandos de voo)	• Controle ativos • Controles de voo reconfiguráveis e adaptativos • Sistema à prova de falhas • Controle integrado propulsão/voo • Sistemas automáticos para limitação de carga de voo • *Fly-by-wire* (acionamentos sem cabos) • *Fly-by-light* (acionamentos por luz)
Propulsão	• Controle total digital de motores (Fadec) • Motor sem necessidade de óleo • Redução de ruído e emissões • Células de combustível APU (*auxiliary power unity* – unidade auxiliar de energia)
Combustível	• Álcoois (etanol e metanol) • Combustíveis criogênicos (metano e hidrogênio) • Combustíveis de baixa emissão
Aviônica	• Arquitetura computadorizada distribuída • Núcleo comum de painel de instrumentos e controle de voo com funcionalidade programável • Visão artificial para todo tipo de condição meteorológica • Reconhecimento digital do solo • Resistência à radiação eletromagnética • Armazenagem de informação de alta densidade • Aviônica à prova de falhas
Comunicação	• *Link* de dados em banda ultralarga • Comunicação via satélite • Redes seguras de comunicação (criptografia, *frequency hopping* – método de transmissão de sinais com vários canais de frequência, visando resistência a interferências, dificuldade de interceptação e compartilhamento da banca por diversos tipos de transmissores) • Redes cêntricas (mais precisas, com menor pausa operacional, maior velocidade)
Software	• Simulação e modelagem • Computação de alto desempenho • Engenharia de software auxiliada por computador (CASE) • Aplicações críticas de software para segurança • Sistemas de poio à decisão com inteligência artificial • Realidade aumentada • Aeronave virtual
Matéria-prima	• Materiais compósitos (prepreg – compósito pré-impregnado, fibra de carbono) • Compósitos de alta resistência • Metal-cerâmica • Materiais nanoestruturados • Nanotubos de compósitos
Fabricação de peças	• Grandes estruturas de compósitos • Manufatura altamente automatizada • Fresadoras com 5 eixos • Máquinas-ferramenta multitarefa • Técnicas avançadas de corte (jato d'água, feixe de laser, feixe de elétrons) • Conformação superplástica
Proteção superficial	• Proteção contra corrosão • Materiais de revestimento • Tratamento superficial

As tecnologias identificadas e listadas na Tabela 3 foram avaliadas em conjunto com as tecnologias identificadas no *Estudo prospectivo aeronáutico* e em demais estudos analisados ao longo desta publicação. O resultado da análise conjunta e de sua compilação é apresentado na Tabela 4.

O capítulo *Tendências estruturais, estratégias de competitividade e novas arquiteturas globais das cadeias de valor de aeroestruturas: Uma comparação internacional*, de autoria de Roberto Carlos Bernardes, dedica-se à "análise das estruturas econômicas, dos aspectos determinantes para a competitividade e dos novos padrões de organização das cadeias de fornecimento no setor aeronáutico civil mundial" dos EUA, Canadá, Europa e Ásia (p. 397). O estudo examinou a "indústria de aeroestruturas e sua articulação com o estágio de montagem final das integradoras de aeronaves. Para tanto, foi realizado um mapeamento da cadeia produtiva internacional do setor. Além disso, foram analisados os atuais padrões de integração e desenvolvimento de produto entre os grandes atores do setor e sua influência nas arquiteturas internacionais da cadeia produtiva aeronáutica. Nesse sentido, poderemos identificar quais são os nichos de mercado e os ativos ou competências estratégicas para as trajetórias de inserção e progressão na cadeia mundial" (p. 397).

O exame da indústria de aeroestruturas é de especial relevância em função de sua enorme importância para a nova geração de aviões que começam a chegar ao mercado. A Pesquisa e Desenvolvimento de Aeroestruturas é uma das áreas tecnológicas críticas identificadas pelos estudos e documentos sintetizados nesta publicação, envolvendo desde novos materiais a modelagem e simulação de aeroestruturas inovadoras, o que confere especial interesse ao capítulo Tendências Estruturais, Estratégias de Competitividade e Novas Arquiteturas Globais das Cadeias de Valor de Aeroestruturas: Uma Comparação Internacional. O capítulo em questão realiza um extenso mapeamento da cadeia produtiva de aeroestruturas na América do Norte, Europa e Ásia.

O capítulo é concluído com duas recomendações para o apoio à cadeia aeronáutica brasileira: "primeiro, deve-se estimular o fortalecimento econômico do capital nacional por meio da formação de *holding*s para o fornecimento externo; segundo, é preciso redefinir os processos de manufatura, a gestão dos negócios e a importância dos fatores locacionais no setor, para os próximos anos" (p. 466). Além disso, apresenta "as principais conclusões que consideraram as tendências tecnológicas e organizacionais e as experiências identificadas no cenário internacional para os próximos anos" divididas nos seguintes tópicos (pp. 465-472):

- Novas estratégias de negócios e para o fortalecimento do capital nacional;
- Ferramentas de suporte tecnológico e apoio à decisão;
- Estratégias de manufatura e diferenciação por serviços;
- Gestão, organização de P&D e institutos de pesquisa;
- Organização de centros de excelência em manufatura, parques tecnológicos e sistemas produtivos regionais de inovação;
- Certificações e políticas de qualidade;
- Formação de competências em Recursos Humanos;
- Estratégias de parcerias e alianças para desenvolvimento de programas;
- Estabelecimento de capacitação nacional em novos materiais [fibra de carbono (FDC)];
- Formação de competências para internacionalização e gestão dos negócios;
- Implementação de práticas de *offset*;
- Desenvolvimento de programas na área de defesa.

O capítulo *Políticas internacionais de promoção da indústria aeronáutica*, de autoria de Cássio Garcia Ribeiro Soares da Silva, último deste estudo, examina as políticas de apoio à indústria aeronáutica nos EUA, na China, no Japão, no Canadá e na Europa. O exame dessas políticas de apoio à indústria aeronáutica fornece o contexto para as seções seguintes do capítulo, que abordam as disputas comerciais entre Boeing e Airbus e Embraer e Bombardier com especial atenção às disputas mediadas pela Organização Mundial do Comércio (OMC).

Devido a seu caráter analítico e histórico, o capítulo não apresenta propostas ou recomendações para o apoio à indústria aeronáutica brasileira, concluindo que "Os dois casos estudados (Boeing versus Airbus e Embraer versus Bombardier) revelam que as políticas dos países envolvidos, dirigidas ao setor aeronáutico, em muitos casos infringem as regras internacionais, ainda que isso represente uma possível retaliação, o que só corrobora a importância dessa indústria para esses países" (p. 539).

1.12. Alternativas para o adensamento da cadeia produtiva aeronáutica brasileira: o "modelo europeu" (2006)

O estudo *Alternativas para o adensamento da cadeia produtiva aeronáutica brasileira: o "modelo europeu"*, de Marco Aurélio Cabral Pinto e Marcio Nobre Migon, à ocasião, gerentes da Área de Comércio Exterior do BNDES, publicado em 2006, tem como objetivo analisar alternativas para o adensamento da cadeia aeroespacial no País, com foco na coordenação entre os objetivos públicos e as estratégias das empresas integradoras. O estudo adota como referência a organização da indústria aeroespacial europeia, tendo a EADS como modelo. O estudo apresenta fatores determinantes que levaram os estados europeus à integração industrial no segmento aeroespacial, entre os quais a necessidade crescente de cooperação em desenvolvimento tecnológico e a própria reestruturação patrimonial do setor norte-americano na década de 1990, detendo-se então na reconstrução da trajetória recente do setor aeroespacial europeu e, mais especificamente, na história da EADS.

O estudo recomenda que o Brasil adote uma estratégia de adensamento da cadeia produtiva aeronáutica semelhante ao modelo europeu que pode ser caracterizado pelo seguinte:

- Existência de estrutura *holding* divisionalizada, com elevado nível de participações cruzadas;
- Cooperação tecnológica decorrente de programas mobilizadores públicos em defesa;
- Sucesso em mercados civis como atenuador dos riscos envolvidos em negócios no segmento defesa.

1.13. A cadeia aeronáutica brasileira e o desafio da inovação (2005)

O estudo *A Cadeia aeronáutica brasileira e o desafio da inovação*, de autoria de Jorge Lima, Marco Aurélio Pinto, Marcio Migon, Guilherme Montoro e Marcelo Alves, publicado em 2005 (portanto ainda sentindo os efeitos dos atentados de 11 de setembro de 2001 sobre a atividade da aviação comercial), objetiva relacionar as mudanças estruturais experimentadas pelo mercado de aviação civil internacional no passado recente e a resposta inovadora dada pela cadeia de produção

brasileira de aeronaves. O estudo está estruturado nas seguintes seções: o mercado internacional de transporte aéreo de passageiros; caracterização da cadeia aeronáutica brasileira; capacidade inovadora da cadeia de produção aeronáutica brasileira; além da introdução e da conclusão.

O estudo destaca o papel central da Embraer na criação e implementação de inovações na organização da produção de aeronaves no Brasil, a partir da década de 90. A análise das atividades inovadoras mais importantes para a competitividade da Embraer são o modelo de gestão de inovação do programa ERJ-170/190, sua estratégia mercadológica e a diversificação dos segmentos de atuação (comercial, defesa, jatos executivos, aviões agrícolas - como o EMB-200 -, e prestação de serviço). Vale ainda ressaltar a atuação da empresa no desenvolvimento e na fabricação de trem de pouso, no sistema de combustível e de tanque de combustível para o helicóptero Helibus S-92.

Por seu caráter avaliativo a analítico, o estudo A Cadeia aeronáutica brasileira e o desafio da inovação não chega a avançar propostas de ações para apoio da indústria aeronáutica brasileira.

1.14. O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil (2005)

O estudo *O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil*, de autoria de Sérgio Gomes, Walter Bartels, Jorge Lima, Marco Aurélio Pinto e Marcio Migon, publicado na Revista do BNDES em 2005, apresenta a proposta de um modelo de organização empresarial que permita ao capital nacional ocupar *loci* mais elevados na hierarquia da cadeia de produção de aeronaves produzidas pela Embraer. O formato da proposta toma por base a estrutura *holding* divisionalizada, que permitiria flexibilidade no aproveitamento de oportunidades e alinhamento estratégico. O estudo aponta que este modelo é compatível com o consórcio *High Technology Aeronautics* (HTA) e que a origem da formação dos conglomerados de capital nacional no setor aeronáutico deveria contar com a participação de agências e bancos públicos de desenvolvimento, de modo a "permitir que o capital nacional alcance a condição de parceiro de risco no próximo ciclo de investimentos da Embraer" (p. 122).

O estudo está estruturado em cinco seções: *Introdução*; *Oportunidades para o capital nacional* no período 2004/07; *A formação de holdings setoriais como instrumento para apoio ao fortalecimento do capital nacional no setor aeronáutico brasileiro*; *O caso do High Technology Aeronautics* (HTA); e *Conclusão*.

A proposta de formação de uma *holding* setorial nacional parte da constatação de que o incremento da demanda efetiva gerada no País aliado ao aumento na cadência, na fabricação e no índice de nacionalização das aeronaves produzidas pela Embraer não são suficientes para garantir o fortalecimento do capital nacional na cadeia de produção estabelecida no País. Após identificar as fragilidades do modelo brasileiro vigente em 2005 (praticamente inalterado até 2013), em especial as dificuldades de planejamento financeiro e de ampliação da capacidade instalada, o estudo *O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil* propõe um modelo "de formação de *holdings* com unidades de negócio definidas [que] permite o atingimento de escala compatível com a inserção das empresas de capital nacional em *loci* mais elevados nas hierarquias de fornecimento das principais empresas integradoras do setor aeronáutico, notadamente da Embraer" (p. 127).

A principal vantagem do modelo proposto de *holding* seria a criação de estruturas que permitissem racionalizar plantas onde as empresas atendessem as necessidades de entrega de produtos acabados, e com escala competitiva internacional, para mais de uma empresa integradora.

O estudo propõe uma metodologia para formação da *holding* composta pelas seguintes etapas:

- "Definição das unidades de negócio de maneira a explorar competências, sinergias e oportunidades mercadológicas entre pequenas e médias empresas";
- "Seleção das empresas, avaliação econômico-financeira e constituição da *holding* com a participação acionária dos empreendedores das pequenas e médias empresas";
- "Reorganização dos ativos segundo unidades de negócio definidas";
- "Implantação de gestão profissional e elaboração de um plano de negócios";
- "Atração de novos parceiros de maneira a ampliar escala e escopo".

A Figura 2 compara o modelo atual ao modelo proposto de *holding*.

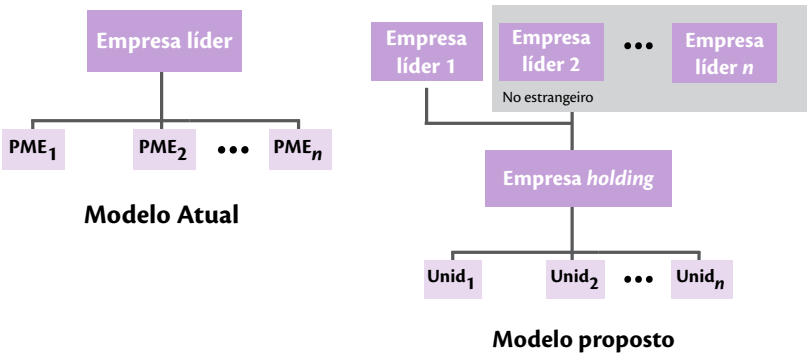

Figura 2 – Transição do modelo competitivo Atual para o modelo de *Holding* com Unidades de Negócio Definidas - Proposta modelo *holding*. O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil (2005)

O modelo proposto pelo estudo O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil aponta para estabelecimento de modelos organizacionais conducentes à transferência de tecnologia e ao acesso a mercados externos pelos empresários brasileiros. O modelo recepciona a participação da Embraer, tanto na qualidade de acionista minoritária na *holding* quanto em formação de *joint ventures* que venham a se estabelecer. Neste sentido, o modelo vislumbra a atração de empresas estrangeiras, empregando-se mecanismos que permitam a eventual formação de *joint ventures* com o capital nacional. O estudo também considera a possibilidade de internacionalização do capital das *holdings* pela via dos mercados de capitais.

Os autores do estudo defendem que a atuação de bancos e agências públicas de desenvolvimento no capital das *holdings* pode conferir robustez adequada às estratégias de longo prazo, "propiciando melhores condições de competitividade ao capital nacional no momento em que, por hipótese, vier a ser confrontado pelas intenções de investidores estrangeiros. Mecanismos financeiros poderiam ser criados com vistas à saída progressiva dos investimentos públicos em prazos e condições compatíveis com o crescimento das próprias empresas, além do instrumento de ação especial com poder de veto (*golden share*)" (p. 129).

Em seguida à discussão do modelo de formação da *holding*, o estudo apresenta uma proposta de constituição da *holding* de acordo com o modelo sugerido. Trata-se da *High Technology Aeronautics* (HTA), que é um consórcio formado por cerca de 10 a 15 pequenas e médias empresas de capital

nacional localizadas da região de São José dos Campos (SP). O eixo de competência dessas empresas envolve engenharia e projetos, usinagem com controle numérico computadorizado e convencional, materiais e compostos, montagem de componentes e chapas e execução de testes e ensaios não destrutivos.

O modelo proposto de formação de *holdings* seria aplicado ao consórcio HTA, com a constituição de quatro unidades de negócios:

- Usinagem;
- Tratamento superficial e ensaios não destrutivos;
- Materiais compostos;
- Montagem.

A Figura 3 apresenta a estrutura da *holding* baseada na HTA.

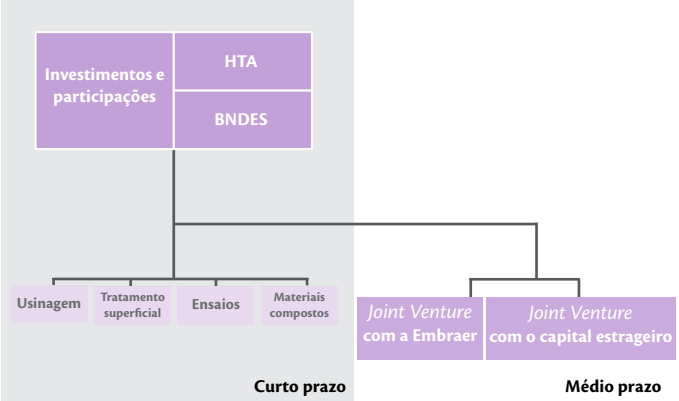

Figura 3 – Modelo de *Holding* com Unidades de Negócio Definidas para o HTA - Proposta *holding* HTA -O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil (2005)

Segundo os autores do estudo *O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil*, "a estrutura proposta permite o fortalecimento do capital nacional por meio da constituição de estrutura organizacional compatível com a flexibilidade e a robustez exigidas pelo competitivo mercado internacionalizado da indústria aeronáutica contemporânea" (p. 132). Essa estrutura prevê a participação do capital estrangeiro e incentiva a formação de novas parcerias

onde o capital nacional possa se associar de forma mais equitativa. Em síntese, o modelo proposto explora sinergias por meio da formação de *holding*s com unidades de negócio definidas, que permitiriam uma atuação orquestrada e mais competitiva de pequenas e médias empresas, inclusive para o enfrentamento de dificuldades de acesso a crédito e de mercados externos..

1.15. Agendas setoriais estratégicas do Plano Brasil Maior (2013)

As *Agendas setoriais estratégicas do Plano Brasil Maior*, lançadas em abril de 2013 pelo Grupo Executivo do Plano Brasil Maior, detalham ações e instrumentos de apoio à indústria aeronáutica brasileira definidos no referido Plano. No capítulo dedicado a *Defesa, Aeronáutica e Espacial*, são apresentadas as ações de apoio a essas três áreas, os cinco objetivos, as medidas e os prazos para o alcance de cada um desses objetivos.

Os objetivos, as medidas e os prazos definidos pelas *Agendas setoriais estratégicas do Plano Brasil Maior* que incidem direta ou indiretamente sobre a área aeronáutica são:

- Objetivo: Fortalecer a cadeia produtiva de defesa, aeronáutica e espacial:
  - Medida: Implantar programa de financiamento para Empresas Estratégicas de Defesa (EED) (Prazo: 06/2013. Responsável: BNDES);
  - Medida: Implementar o Plano de Articulação e Equipamentos de Defesa (PAED) – 1ª fase [Prazo: 12/2013. Responsável: Ministério da Defesa (MD)];
  - Medida: Viabilizar a instalação do Centro de Tecnologia de Helicópteros (Prazo: 12/2014. Responsável: ABDI);
  - Medida: Instituir Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Espacial – Padie (Lei 7.526/2010) [Prazo: 12/2014. Responsável: Agência Espacial Brasileira (AEB)];
  - Revisar a Política Nacional da Indústria de Defesa (PNID) (Prazo: 06/2013. Responsável: MD);
  - Medida: Alinhar as compras de produtos de defesa com a estratégia nacional de defesa (Prazo: 06/2013. Responsável: MD);
  - Medida: Regulamentar a Lei 12.598/12 (Prazo: 06/2013. Responsável: MD);
  - Criar empresa privada ou mista de *trading* com controle institucional do Ministério da Defesa (Prazo: 12/2013. Responsável: MD);
  - Medida: Implantar a Política Nacional de Exportação de Produtos de Defesa (Pneprod),

com a adoção de novo sistema informatizado e parametrizado de produtos e países (Prazo: 06/2013. Responsável: MD);

  - Medida: Criar núcleo de promoção comercial no Ministério da Defesa (Prazo: 06/2013. Responsável: MD) (p. 22);
  - Medida: Implantar o Sistema Nacional de Homologação de Produtos de Defesa e Credenciamento de Empresas de Defesa (Prazo: 06/2013. Responsável: MD); e
  - Medida: Implantar Sistema de Auditagem de Conteúdo Nacional (Prazo: 12/2013. Responsável: MD).

- Objetivo: Consolidar o Sistema de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial (CTIC) *offset* para compras e vendas nos setores de defesa, espacial e aeronáutico:
  - Medida: Estabelecer Política Nacional de Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial (CTIC) *offset* e desenvolver metodologia para identificação dos projetos e programas nacionais e internacionais, com participação de empresas brasileiras, que possam ser objeto de recebimentos e de ofertas de *offset* pelo governo brasileiro (Prazo: 06/2013. Responsável: MD) (p. 23).

- Objetivo: Implementar programa de P&D pré-competitivo para o setor aeronáutico baseado em projetos de desenvolvimento de tecnologias de fronteira:
  - Medida: Elaborar estudo de viabilidade técnica-operacional para a implementação de programa de plataformas demonstradoras tecnológicas (Prazo: 08/2013. Responsável: ABDI);
  - Medida: Identificar as tecnologias duais que beneficiarão outras empresas, Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) e setores industriais a partir dos transbordamentos do desenvolvimento de programa de plataformas demonstradoras tecnológicas (Prazo: 07/2013. Responsável: ABDI);
  - Medida: Identificar empresas nacionais e ICT com condições de compartilhar os riscos tecnológicos de um projeto piloto (Prazo: 07/2013. Responsável: ABDI);
  - Medida: Negociar com órgãos governamentais de financiamento e apoio à inovação recursos para criação de um programa de plataformas demonstradoras tecnológicas (Prazo: 11/2013. Responsável: ABDI); e
  - Medida: Implementar programa de plataformas demonstradoras tecnológicas a partir da proposição dos três projetos piloto (Prazo: 12/2018. Responsável: ABDI) (p. 25).

1.16. Plano Inova Empresa (2013)

O *Plano Inova Empresa*, divulgado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia de Inovação em março de 2013, define sete setores e ações estratégicas para cada um deles: cadeia agropecuária; energia; petróleo e gás; complexo da saúde; complexo aeroespacial e defesa; tecnologias da informação e comunicação; e sustentabilidade socioambiental.

Em relação ao complexo aeroespacial e de defesa, o *Plano Inova Empresa* cria a linha de financiamento Inova Defesa, com orçamento de R$ 2,4 bilhões, e identifica cinco áreas tecnológicas prioritárias para destinação dos investimentos:

- Veículos balísticos e não tripulados;
- Sensores e comando e controle;
- Propulsão espacial, satélites e plataformas espaciais;
- Plataformas tecnológicas para aeronaves mais eficientes; e
- Novos materiais.

1.17. Agenda setorial - Aeronáutico (2012)

A *Agenda setorial - Aeronáutico*, elaborada pelo BNDES em conjunto com a ABDI, a Finep e a Associação das Indústrias Aeroespaciais Brasileiras (AIAB) em maio de 2012, está estruturada em Orientação estratégica e Objetivos.

- Orientação estratégica: consolidar e expandir a cadeia de valor da indústria aeronáutica como um todo para atender aos mercados doméstico e internacional.

Perspectiva: ampliação de mercado:

1. **Consolidar a liderança no mercado mundial de jatos comerciais, aumentar a participação nos mercados de jatos executivos, de helicópteros e de manutenção aeronáutica (MRO):**

- Ampliar as vendas de aeronaves para a aviação regional no País por meio de incentivos, da revisão do marco regulatório da aviação civil e da modernização da infraestrutura aeroportuária;

- Eliminar as barreiras técnicas e comerciais de acesso a mercados internacionais;
- Fomentar a criação de programas piloto para capacitação de empresas do *tier*[11] 1 e 2 visando a obter competitividade no mercado internacional;
- Disseminar, em especial entre as Micro, Pequenas e Médias Empresas (MPME), informações sobre os mecanismos de garantia e financiamento público para exportações;
- Ampliar as ações e instrumentos para a internacionalização e promoção comercial do setor aeronáutico;
- Iniciar a participação brasileira no mercado doméstico da aviação geral a pistão e turbo-hélice; e
- Fomentar o fornecimento nacional de aviões certificados pela Agência Nacional de Aviação Civil (Anac) e tecnologicamente atualizados para a formação de pilotos e mecânicos aeronáuticos.

2. **Ampliar a participação brasileira no mercado doméstico do subsetor de controle de tráfego aéreo (CNS/ATM):**

- Atender o mercado doméstico primordialmente de CNS/ATM por meio de produtos desenvolvidos e/ou produzidos pela indústria aeronáutica brasileira; e
- Perspectiva: adensamento produtivo e tecnológico das cadeias de valor.

3. **Melhorar o ambiente do custo do investimento no País quanto a questões financeiras, tributárias, regulatórias e aduaneiras:**

- Reduzir o custo dos encargos trabalhistas da folha de pagamento para as atividades de fabricação, de serviços de manutenção aeronáutica (CNAE[12] 1.2001.39.1, 1.2001.39.11) e de engenharia de projetos (CNAE 1.1403.29.10) referentes a produtos aeronáuticos;
- Revisar o marco regulatório da Anac, visando a diminuir o custo de certificação de aeronaves de pequeno porte, seus sistemas e componentes; e
- Reduzir o custo regulatório/tributário incidente nas atividades dos serviços de manutenção aeronáutica (CNAE 1.2001.39.1, 1.2001.39.11).

4. **Fortalecer o adensamento vertical da cadeia produtiva aeronáutica:**

11 Nível da empresa fornecedora na cadeia de valor.
12 Classificação Nacional de Atividades Econômicas.

- Fortalecer a cadeia produtiva aeronáutica por meio de um programa de apoio verticalizado envolvendo governo e empresas OEM;
- Fomentar a criação de programas piloto para capacitação de empresas no *tier* 1 e 2, visando a alcançar competitividade internacional;
- Criar fundo garantido de crédito para as operações das MPME da cadeia produtiva; e
- Definir uma participação das MPME da cadeia produtiva aeronáutica de, no mínimo, 25% nos contratos governamentais, que inclua capacitação e mitigação dos riscos inerentes a desenvolvimento.

5. **Viabilizar a elaboração de um programa de PD&I para o setor aeronáutico:**

- Elaborar programa de plataformas demonstradoras de tecnologias pré-competitivas, de projetos identificados como estratégicos, e com metas de curto e médio prazos, com envolvimento colaborativo de MPME;
- Estabelecer condições similares às praticadas nos países líderes no setor aeronáutico, para o apoio aos projetos de plataformas demonstradoras de tecnologias, com a definição das respectivas fontes de financiamento; e
- Prever recursos públicos adequados e contínuos para PD&I e investimento produtivo para a cadeia produtiva.

Perspectiva: criação e fortalecimento de competências críticas:

6. **Desenvolver e ampliar conhecimento de tecnologias e mercados futuros:**

- Adequar a institucionalidade visando a direcionar tecnologias para PD&I, de aplicações civis e do setor de defesa, que contenham cunho comercial;
- Implantar um centro de inteligência para o suporte decisório das empresas da cadeia produtiva;
- Disseminar a cultura de propriedade intelectual e de obtenção de marcas e patentes no Brasil e no exterior, considerando as peculiaridades setoriais; e
- Capacitar os atores do setor aeronáutico quanto ao uso adequado da informação tecnológica contida em documentos de patentes.

7. **Fomentar a formação, a atualização e capacitação de recursos humanos para a indústria aeronáutica em todos os seus níveis e áreas de atuação:**

- Criar polos adicionais de capacitação aeronáutica em várias regiões do País;
- Desenvolver programas de tutoria de alunos de engenharia, em parceria com empresas do setor aeronáutico, para atuação, desde os anos iniciais de sua formação, no desenvolvimento de projetos estratégicos; e
- Aplicar recursos do Fundo Aeroviário destinados à capacitação de recursos humanos para a indústria aeronáutica.

8. **Desenvolver sistema de inteligência tecnológica, industrial e comercial, no âmbito do governo, para subsidiar as decisões das autoridades governamentais nos setores de defesa, aeronáutico e espacial, sobre requisitos de produtos dos três setores, encomendas tecnológicas e negociações de acordo de *offset*:**

- Identificar, priorizar e categorizar as tecnologias críticas e estratégicas para os setores de defesa, aeronáutico e espacial, conforme capacidade de desenvolvimento autônomo, necessidade de cooperação internacional e oportunidade de transferência por meio de programas de *offset*.

1.18. Diagnóstico do setor aeronáutico – Plano Brasil Maior (2012)

O *Diagnóstico do setor aeronáutico – Plano Brasil Maior*, apresentado pelo Comitê Executivo de Defesa, Aeronáutico e Espacial do Plano Brasil Maior, em março de 2013, com coordenação de Murilo Barboza, do Ministério da Defesa, e vice-coordenação de Maria Luisa Campos Leal, da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, elaborou um diagnóstico do setor aeronáutico brasileiro estruturado em três partes e uma síntese segundo metodologia de Análise SWOT (*Strengths*, *Weaknesses*, *Opportunities and Threats* ou Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças), da qual derivaram as Diretrizes da Agenda Setorial.

O diagnóstico é composto por quatro eixos:

- Eixo tendências da demanda;
- Eixo organização industrial e estrutura produtiva;
- Eixo mudança tecnológica; e
- Análise SWOT.

A Análise SWOT sintetizou nos seguintes termos o diagnóstico do setor aeronáutico brasileiro:

Forças:

- Embraer é uma empresa consolidada internacionalmente no segmento de aviões comerciais e executivos;
- Existência de base industrial de helicópteros instalada e contratos de cooperação industrial e de *offset* vigentes;
- O Brasil tem total domínio da certificação aeronáutica e a autoridade certificadora é reconhecida internacionalmente; e
- Exercício do poder de compra do governo proporciona acordos de cooperação industrial, adensamento tecnológico e da base industrial de helicópteros.

Fraquezas:

- Cadeia aeronáutica brasileira pouco densa, pouco competitiva e composta por empresas de pequeno porte, com escassez de mão de obra para atender às necessidades setoriais;
- Arcabouço institucional incipiente em relação aos países concorrentes no que se refere a: financiamentos, PD&I e compras governamentais;
- Sistema tributário e aduaneiro dificultam desenvolvimento da cadeia produtiva; e
- Micro e Pequenas Empresas (MPE) fornecedoras necessitam qualificar-se para fornecer itens de maior valor agregado.

Oportunidades:

- Introdução de novos produtos nos segmentos de Vant, aeronaves leves e na aviação executiva;
- Boa oportunidade de crescimento no segmento de helicópteros médios;
- Possibilidades de cooperação industrial devido aos contratos *offset* e encomendas tecnológicas;
- Mercado mundial para aeronaves comerciais, executivas e helicópteros em recuperação pós-crise; e
- Novos processos de internacionalização produtiva.

Ameaças:

- Setor aeronáutico sensível aos ciclos econômicos internacionais;
- Aumento da competição internacional no segmento aeronáutico;
- Possível reação competitiva dos fabricantes dominantes da aviação executiva;
- Cerceamento aos produtos de elevado conteúdo tecnológico de uso dual e que podem levar a uma defasagem tecnológica na indústria aeronáutica brasileira;
- Imposição de novas restrições à entrada de produtos em mercados em crescimento ou já estabelecidos (ex.: China e Rússia).

As Diretrizes da Agenda Setorial estão organizadas em quatro conjuntos:

A. Elaboração e implementação de Programa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas para a indústria aeronáutica brasileira:

- Adequar a institucionalidade visando a direcionamentos tecnológicos para PD&I, de interesse comercial, de aplicações civis e do setor de defesa do País;
- Elaborar projeto de plataformas demonstradoras tecnológicas, com a identificação de projetos estratégicos; e
- Estabelecer as condições similares às praticadas nos países líderes no setor aeronáutico, para o apoio aos projetos de plataformas demonstradoras de tecnologias, com a definição das fontes de financiamento.

B. Estímulo ao adensamento produtivo e tecnológico da cadeia produtiva aeronáutica brasileira:

- Desenvolver programas de apoio à cadeia de fornecedores nacionais;
- Ampliar vagas no ensino técnico, superior e de pós-graduação em engenharia aeronáutica, no País e no exterior;
- Disseminar informações que facilitem o acesso de recursos públicos para PD&I e investimento produtivo; e
- Estimular o fortalecimento do porte econômico e financeiro de empresas nacionais, inclusive via fusões, aquisições e associações.

C. Aprimoramento do registro de propriedade intelectual no Brasil:

- Disseminar a cultura de propriedade intelectual e de obtenção de marcas e patentes no Brasil e no exterior, considerando as peculiaridades setoriais; e
- Capacitar os atores do setor aeronáutico quanto ao uso adequado da informação tecnológica contida em documentos de patentes.

D. Incentivo ao crescimento do setor aeronáutico brasileiro no mercado doméstico e externo:

- Ampliar as ações e os instrumentos para a internacionalização e promoção comercial do setor aeronáutico;
- Disseminar, em especial entre as MPME, informações sobre os mecanismos de garantia e financiamento público para exportações; e
- Ampliar as vendas de aeronaves para a aviação regional por meio de incentivos, da revisão do marco regulatório da aviação civil e da modernização da infraestrutura aeroportuária.

1.19. Departamento da Indústria de Defesa (Comdefesa) da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp)

O estudo *A Indústria Aeroespacial Brasileira - Conquistas e Desafios*, elaborado pelo Departamento da Indústria de Defesa (Comdefesa) da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp), em 2011, faz uma breve caracterização da indústria aeroespacial brasileira. O documento não avança em propostas e recomendações.

1.19.1 Por que é importante definir Produto Estratégico de Defesa? (2011)

O documento *Por que é importante definir Produto Estratégico de Defesa?* recomenda a adoção de uma definição de produto estratégico de defesa.

O Departamento da Indústria de Defesa (Comdefesa) da Fiesp, em conjunto com o Ministério da Defesa, trabalhou, desde 2004, em um projeto de lei que prevê vantagens competitivas para empresas privadas na área de defesa. O projeto propõe o estabelecimento de critérios e

procedimentos para aquisição e contratação de Produtos Estratégicos de Defesa, alterando a Lei 8.666/93. Conforme definido na Política Nacional da Indústria de Defesa (PNID) e reiterado no Projeto de Lei, Produtos Estratégicos de Defesa são bens e serviços que pelas particularidades de obtenção, produção, distribuição, armazenagem, manutenção ou emprego possam comprometer, direta ou indiretamente, a consecução de objetivos relacionados à segurança ou à defesa do País. Estes se caracterizam por incorporar maior tecnologia e conhecimento, necessitar de longo período de investimento em P&D, ter alto valor e estar mais relacionado com o exercício da função Defesa Nacional.

Esse, como outros documentos do Comdefesa, trata apenas indiretamente da indústria aeronáutica, naquilo em que ela se enquadra no setor de defesa. Os documentos do Comdefesa referem-se em geral à indústria de defesa, raramente detendo-se nas especificidades da indústria aeronáutica.

1.20. Síntese das proposições/recomendações em PD&I para o setor aeronáutico

Os resultados do levantamento realizado ao longo das seções anteriores foram compilados, de forma sintética, em uma tabela de áreas de pesquisa tecnológica e tecnologias. A tabela é apresentada adiante (Tabela 4).

A construção da tabela tomou como base as áreas de pesquisa tecnológica e as tecnologias propostas no *Estudo prospectivo aeronáutico* de 2009, por ser o documento mais amplo do ponto de vista de proposições em PD&I para o setor aeronáutico.

As tecnologias identificadas nos demais documentos analisados foram relacionadas com as tecnologias citadas no *Estudo prospectivo aeronáutico*. Nos casos em que não havia relação direta, foram acrescentadas novas tecnologias e, somente quando necessário, novas áreas de pesquisa tecnológica.

O método resultou na inclusão de três novas áreas de pesquisa tecnológica: propulsão, demais tecnologias básicas e plataformas tecnológicas. Ao todo, foram identificadas 78 tecnologias prioritárias como resultado do mapeamento das proposições/recomendações em PD&I para a cadeia aeronáutica considerando os textos de referência do setor.

Tabela 4 – Síntese das tecnologias críticas identificadas a partir dos textos de referência do setor

ID	Área de pesquisa tecnológica	Tecnologia	Estudo prospectivo	Competências – caso EUA	Estratégia Nacional CT&I	Cadeia produtiva	Desafio capital nacional	Inova Empresa	Agenda setorial
1	Materiais e processos	Novos materiais metálicos	x					x	
2	Materiais e processos	Novos materiais avançados (compósitos - prepreg, *carbon fiber*); materiais nano-estruturados; nanotubos de carbono; metal-cerâmica)		x		x	x	x	
3	Materiais e processos	Novos conceitos estruturais				x	x		
4	Materiais e processos	Proteção superficial				x	x		
5	Materiais e processos	Processos de fabricação em materiais compósitos [(RTM (Resin Transfer Molding), RFI (Resin Film Infusion), Fiber-placement, entre outros]	x			x			
6	Materiais e processos	Ensaios não-destrutivos					x		
7	Manufatura avançada	Novas tecnologias de fabricação (usinagem 5 eixos, processos avançados de corte - ex.: laser)				x	x		
8	Manufatura avançada	Novos métodos de junção de componentes e segmentos	x				x		
9	Manufatura avançada	Ferramental flexível e reconfigurável	x			x			
10	Manufatura avançada	Processos automatizados de montagem	x			x	x		

ID	Área de pesquisa tecnológica	Tecnologia	Estudo prospectivo	Competências – caso EUA	Estratégia Nacional CT&I	Cadeia produtiva	Desafio capital nacional	Inova Empresa	Agenda setorial
11	Tecnologias para maximizar as possibilidades de sobrevivência em caso de acidentes	Projeto estrutural considerando *crash worthiness* (i.e., capacidade de a estrutura proteger seus ocupantes durante um impacto)	x						
12	Técnicas e processos para reduzir o impacto ambiental da produção de aeronaves	Processos produtivos menos agressivos ao meio ambiente	x						
13	Sensoriamento e saúde da aeronave	Prognóstico e diagnóstico da saúde de sistemas	x						
14	Sensoriamento e saúde da aeronave	Monitoramento de saúde estrutural	x	x		x			
15	Sensoriamento e saúde da aeronave	Redes de sensores, incluindo aplicações de nanotecnologia	x						
16	Integração de sistemas e software embarcado	*Fly-By-Wire* (sistemas de controle de voo assistidos por computador)	x			x			
17	Integração de sistemas e software embarcado	Controle adaptativo	x			x			
18	Integração de sistemas e software embarcado	Sensores e comando e controle						x	
19	Integração de sistemas e software embarcado	Comunicação de dados sem fio [*high band* (banda/ alta frequência), satélite]	x			x			
20	Integração de sistemas e software embarcado	*Avionics Full Duplex Switched Ethernet* (AFDX)		x					
21	Integração de sistemas e software embarcado	Fusão de dados	x						

ID	Área de pesquisa tecnológica	Tecnologia	Estudo prospectivo	Competências – caso EUA	Estratégia Nacional CT&I	Cadeia produtiva	Desafio capital nacional	Inova Empresa	Agenda setorial
22	Integração de sistemas e software embarcado	*High density data storage* (alta densidade de armazenagem de dados)				x			
23	Integração de sistemas e software embarcado	Software embarcado	x						
24	Integração de sistemas e software embarcado	Tecnologias para aeronave mais elétrica	x			x			
25	Integração de sistemas e software embarcado	Células a combustível	x			x			
26	Integração de sistemas e software embarcado	*Integrated Modular Avionics* (IMA) e *Integrated Modular Eletronics* (IME)	x						
27	Integração de sistemas e software embarcado	Métodos e processos para projeto e certificação de sistemas complexos e integrados	x						
28	Integração de sistemas e software embarcado	Métodos e processos para projeto e certificação de sistemas complexos e integrados	x						
29	Integração de sistemas e software embarcado	*Full Authority Digital Engine Control* (Fadec)				x			
30	Integração de sistemas e software embarcado	*Active structures with embedded sensors* (Estruturas ativas com sensores embutidas)				x			
31	Integração de sistemas e software embarcado	*Electromagnetic Radiation Hardening (Resistênca à Radiação Eletromagnética)*				x			
32	Integração de sistemas e software embarcado	*Fail-safe Avionics (Aviônica à prova de falha)*				x			
33	Combustíveis alternativos na aviação	Etanol, metanol, hidrogênio				x			

ID	Área de pesquisa tecnológica	Tecnologia	Estudo prospectivo	Competências – caso EUA	Estratégia Nacional CT&I	Cadeia produtiva	Desafio capital nacional	Inova Empresa	Agenda setorial
34	Combustíveis alternativos na aviação	Procedimentos de operações (pouso, decolagens e cruzeiro) para baixo nível de emissões atmosféricas	x						
35	Combustíveis alternativos na aviação	Tecnologias de sensores para combustíveis alternativos	x						
36	Combustíveis alternativos na aviação	Métodos, técnicas e processos de engenharia, e análises de segurança para permitir o uso de combustíveis alternativos	x						
37	Tecnologias para um ambiente de cabine diferenciado	Tecnologias para a redução de altitude de cabine	x						
38	Tecnologias para um ambiente de cabine diferenciado	Conceitos de *Office-in-the-sky* e *Home-in-the-sky*	x						
39	Tecnologias para um ambiente de cabine diferenciado	Tecnologias inovadoras para interiores de aeronaves (controle ativo de umidade, temperatura e iluminação dispositivos eletrônicos; revestimentos, entre outros)	x	x					
40	Tecnologias para um ambiente de cabine diferenciado	Design de interiores	x	x					
41	Tecnologias para prevenir e evitar acidentes	Métodos e processos para análise integrada de segurança de sistemas aeronáuticos (*Integrated Safety Assessment*)	x						
42	Tecnologias para prevenir e evitar acidentes	Tecnologias embarcadas (sensores, sistemas, etc.) para a detecção de ameaças atmosféricas, tais como: *windshear* (variações abruptas de vento); vorticidade de esteira; gelo e ventos adversos, entre outros	x	x					

ID	Área de pesquisa tecnológica	Tecnologia	Estudo prospectivo	Competências – caso EUA	Estratégia Nacional CT&I	Cadeia produtiva	Desafio capital nacional	Inova Empresa	Agenda setorial
43	Tecnologias para prevenir e evitar acidentes	*All-weather Synthetic Vision [*(Visão sintética para todas as condições) Sistema composto por vários sensores que operam simultaneamente - infravermelho, laser, GPS e LLLTV]				x			
44	Tecnologias para prevenir e evitar acidentes	*Digital Terrain Recognition (Reconhecimento Digital de Terreno)*				x			
45	Tecnologias para prevenir e evitar acidentes	Automatização das rotinas de pouso. Verificação automática de segurança	x						
46	Tecnologias para prevenir e evitar acidentes	Rotinas e sistemas de correção de erros humanos na pilotagem							
47	Tecnologias para prevenir e evitar acidentes	Tecnologias de suporte a uma melhor integração homem-máquina no *cockpit* (cabine de comando)	x						
48	Tecnologias para prevenir e evitar acidentes	*Safety Critical Applications Software* (Software de segurança de aplicações críticas)				x			
49	Integração de tecnologias embarcadas para CNS/ATM	Sistemas para suportar, com segurança, decisões colaborativas piloto-controlador de voo	x			x			
50	Integração de tecnologias embarcadas para CNS/ATM	Sistemas que permitam trafegar em ambientes de gestão de trajetórias, planejamento colaborativo de rotas, e redução de separação mínima	x						x
51	Integração de tecnologias embarcadas para CNS/ATM	Controle ativo e integração controle de voo e propulsão				x			x

ID	Área de pesquisa tecnológica	Tecnologia	Estudo prospectivo	Competências – caso EUA	Estratégia Nacional CT&I	Cadeia produtiva	Desafio capital nacional	Inova Empresa	Agenda setorial
52	Integração de tecnologias embarcadas para CNS/ATM	*Flight Load-limiting Automatic Systems* (Sistemas automáticos de limitação de cargas em voo)				x			x
53	Integração de tecnologias embarcadas para CNS/ATM	*Fly-by-Light*				x			x
54	Integração de tecnologias embarcadas para CNS/ATM	*Fault Tolerant Systems* (Sistemas concebidos para continuarem a trabalhar satisfatoriamente, mesmo em presença de falhas)				x			
55	Eficiência aerodinâmica e baixo consumo	Métodos e ferramentas para predição de *icing* (gelo) e voo em condições atmosféricas adversas	x						
56	Eficiência aerodinâmica e baixo consumo	Aeroelasticidade (modelamento da interação entre forças inerciais, elásticas e aerodinâmicas)	x						
57	Eficiência aerodinâmica e baixo consumo	Projeto aerodinâmico com novos dispositivos hipersustentadores	x						
58	Aeroacústica	Conceitos e tecnologias para redução de ruído na fonte (soluções estruturais e aerodinâmicas de baixo ruído externo)	x	x		x			
59	Aeroacústica	Procedimentos de operações geradores de baixo ruído externo (Noise abatement)	x			x			
60	Aeroacústica	Estudos de configurações acusticamente ótimas para a instalação dos motores	x			x			

ID	Área de pesquisa tecnológica	Tecnologia	Estudo prospectivo	Competências – caso EUA	Estratégia Nacional CT&I	Cadeia produtiva	Desafio capital nacional	Inova Empresa	Agenda setorial
61	Aeroacústica	Simulações aeroacústicas para ruído externo, considerando projeto integrado de aerodinâmica-estrutura para minimização de efeitos sonoros	x	x		x			
62	Aeroacústica	Simulações aeroacústicas para ruído interno	x			x			
63	Ferramentas avançadas de engenharia e simulação	Realidade virtual	x			x			
64	Ferramentas avançadas de engenharia e simulação	*Augmented reality (Realidade aumentada)*				x			
65	Ferramentas avançadas de engenharia e simulação	*Computational Fluid Dynamics (CFD)* [Dinâmica de fluido computacional]				x			
66	Ferramentas avançadas de engenharia e simulação	Simulações para engenharia em sistemas aeronáuticos (pneumático, mecânico, hidráulico, aeronave mais elétrica, etc.): ferramentas VIB – *Virtual Iron Bird* (modelo computadorizado de aeronave para verificação de seus sistemas)	x			x			
67	Otimização do projeto aeronáutico	Ferramentas de Engenharia Baseada no Conhecimento (automação de processos de engenharia)	x						
68	Otimização do projeto aeronáutico	Otimização multidisciplinar	x						
69	Métodos, ferramentas e processos em engenharia de sistemas	Modelagem de sistemas aeronáuticos utilizando Engenharia de Sistema	x						

ID	Área de pesquisa tecnológica	Tecnologia	Estudo prospectivo	Competências – caso EUA	Estratégia Nacional CT&I	Cadeia produtiva	Desafio capital nacional	Inova Empresa	Agenda setorial
70	Métodos, ferramentas e processos em engenharia de sistemas	Processos de V&V (Validação e Verificação)	x						
71	Métodos, ferramentas e processos em engenharia de sistemas	Métodos e técnicas para a integração de sistemas	x						
72	Propulsão	Aviação geral a pistão e turbo-hélice							x
73	Propulsão	*Oil-Free Engine* (Motores sem óleo lubrificante)				x			
74	Demais tecnologias básicas	*Computer-Aided Software Engineering* (CASE)[13]							
75	Demais tecnologias básicas	*High-performance computing* (Computação de alta performance)				x			
76	Demais tecnologias básicas	Distributed computer architecture (Arquitetura de computadores distribuídos)				x			
77	Plataformas tecnológicas	Plataformas tecnológicas para aeronaves mais eficientes						x	
78	Plataformas tecnológicas	Plataformas demonstradoras de tecnologias pré-competitivas							x

13 Ferramentas automatizadas que auxiliam atividades de engenharia de software, desde a análise de requisitos e modelagem até programação e testes.

Capítulo 2

2. Síntese do levantamento de campo sobre lacunas e oportunidades

Este capítulo apresenta os principais resultados das entrevistas com representantes de empresas, de instituições de pesquisa e especialistas sobre lacunas e oportunidades para inovação na cadeia aeronáutica brasileira. Os resultados das entrevistas subsidiaram a definição do Programa Demonstrativo em questão, servindo para mapear forças e fraquezas das empresas, universidades e institutos de pesquisa nacionais no que tange à sua capacidade de inovação, pesquisa e desenvolvimento.

O capítulo é iniciado com a apresentação do roteiro de entrevistas, seguido pela apresentação da relação dos entrevistados e da síntese das entrevistas. No Anexo2 é apresentado o roteiro de entrevistas completo.

2.1. Roteiro de questões abordadas nas entrevistas

O levantamento de campo sobre lacunas e oportunidades para inovação na cadeia aeronáutica brasileira foi realizado com base em um roteiro de entrevistas semiestruturadas aplicado ao conjunto de entrevistados anteriormente referidos, alguns deles com experiência em gestão de políticas públicas no âmbito do MCTI. A escolha dos entrevistados seguiu o método de seleção de informantes por relevância e escopo (Cf. Robert K. Yin, Case Study Research: Design and Methods, 2009). Seguindo essa estratégia, foram entrevistados indivíduos com amplo conhecimento e experiência na área de inovação, pesquisa e desenvolvimento aeronáutico de grandes empresas integradoras, ou OEM, tanto de aeronaves de asa fixa quanto de asa rotativa; de pequena empresa fornecedora da cadeia aeronáutica; de institutos de pesquisa e laboratórios com atuação na cadeia aeronáutica nacional; e de departamentos universitários de engenharia aeronáutica e áreas correlatas.

A relevância do conjunto de entrevistados foi garantida, portanto, pela posição de destaque, conhecimento e experiência dos entrevistados no que se refere à inovação, pesquisa e

desenvolvimento no setor aeronáutico. A amplitude do escopo, por sua vez, foi alcançada pela aplicação do critério de entrevistar indivíduos de duas empresas grandes e uma pequena, integradoras e fornecedoras, dos segmentos de aeronaves de asa fixa e rotativa, de institutos de pesquisa, laboratórios e universidades com forte atuação na indústria aeronáutica.

O roteiro de entrevistas foi desenvolvido em estreita colaboração com equipe de especialistas do CGEE, com a seguinte estrutura de trabalho: inicialmente, elaboramos roteiro de entrevistas preliminar; esse roteiro preliminar foi submetido a um processo de crítica por parte da equipe do CGEE e as sugestões de mudanças foram sistematizadas pela coordenadora da ação no CGEE; finalmente, por meio videoconferência, a equipe de consultoria e a coordenadora discutiram as sugestões de ajustes e definiram o formato final do roteiro de entrevistas.

O roteiro de entrevistas mostrou-se adequado para a obtenção do resultado almejado, a saber, um conjunto amplo e qualificado de informações referentes às lacunas e oportunidades em inovação na cadeia aeronáutica brasileira, conjunto este que subsidiará a elaboração de um programa setorial aeronáutico do sistema de ciência, tecnologia e inovação.

O roteiro de entrevistas aborda essencialmente os seguintes aspectos:

- Dados de identificação do entrevistado e da empresa/instituição;
- Contextualização do momento presente da empresa/instituição;
- Identificação de lacunas para o setor no âmbito do estudo;
- Identificação de oportunidades para o setor no âmbito do estudo;
- Identificação de áreas prioritárias para pesquisa, desenvolvimento e inovação no Brasil.

O roteiro de entrevistas na sua versão final é apresentado no Anexo 1.

2.2. Relação das entidades, atores relevantes e especialistas entrevistados

A Tabela 5 apresenta os dados relativos às entrevistas realizadas. Ao todo, foram 20 entrevistados, entre 7 de maio e 13 de agosto de 2013. As entrevistas foram realizadas com profissionais considerados especialistas na área de inovação, pesquisa e desenvolvimento aeronáutico de OEM (Embraer, Helibras e Boeing); de uma pequena empresa fornecedora da cadeia aeronáutica (Fibraforte); de institutos de pesquisa (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo e o nascente Centro de Tecnologia de Helicópteros); e de laboratórios com atuação na cadeia aeronáutica nacional e de departamentos universitários de engenharia aeronáutica e áreas correlatas (Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo e Instituto de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Itajubá).

Tabela 5 – Relação de Entrevistados

Empresa/ Instituição	Entrevistado	Cargo	Data	Local/mídia
Boeing Research& Technology Brasil	AntoniniPuppin Macedo, com participação da presidente da empresa, Donna Hrinak, e de Al Bryant, Vice-presidente, responsável pelo Centro de Pesquisa e Tecnologia da Boeing no Brasil	Diretor, Coordenação de Pesquisas	07/05/2013	Boeing R&T Brasil, São Paulo, SP
Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos	João Fernando Gomes de Oliveira	Professor Titular do Departamento de Engenharia de Produção, ex-presidente do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)	14/05/2013	Videoconferência
Instituto de Pesquisas Tecnológicas	Fernando José Gomes Landgraf	Presidente, ex-diretor de inovação e professor do Departamento de Engenharia Metalúrgica de Materiais da Escola Politécnica da USP (Poli-USP)	17/05/2013	IPT, São Paulo, SP
Instituto de Pesquisas Tecnológicas	Marco Antonio Grecco d'Elia	Responsável pelo Laboratório de Estruturas Leves (SJC)	17/5/2013	IPT, São Paulo. SP

Empresa/ Instituição	Entrevistado	Cargo	Data	Local/mídia
Instituto de Pesquisas Tecnológicas	Mario Boccalini Jr.	Pesquisador do Laboratório de Metalurgia e Materiais Cerâmicos (LMMC)	17/5/2013	IPT, São Paulo, SP
Universidade Federal de Minas Gerais	Evando Mirra de Paula e Silva	Professor Emérito da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, membro da Academia Brasileira de Ciências, ex-diretor de inovação da ABDI, ex-presidente do CGEE, ex-presidente do CNPq, membro ativo da elaboração do *Estudo prospectivo aeronáutico*	20/05/2013	Videoconferência, USP, São Paulo, SP
Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos	Volnei Tita	Professor Livre-Docente do Departamento de Engenharia Aeronáutica da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo	28/05/2013	Videoconferência, USP, São Paulo, SP
Embraer	Paulo Tadeu de Mello Lourenção	Coordenador Técnico do Programa de Especialização em Engenharia da Embraer	06/06/2013	Embraer, São José dos Campos, SP
Embraer	Fernando Ranieri	Diretor de Desenvolvimento Tecnológico	06/06/2013	Embraer, São José dos Campos, SP
Embraer	Luciano Pedrote	Gerente de Desenvolvimento Tecnológico	06/06/2013	Embraer, São José dos Campos, SP
Embraer	Francisco Soares	Diretor de Engenharia de Manufatura	04/07/2013	Embraer, São José dos Campos, SP
Embraer	Paulo Celso Pires	Responsável por automação da manufatura	04/07/2013	Embraer, São José dos Campos, SP
Fibraforte	Jadir Nogueira Gonçalves	Diretor	04/07/2013	Fibraforte, São José dos Campos, SP
Helibras	Walter Filho	Diretor do Centro de Engenharia	09/07/2013	Helibras, Itajubá, MG
Helibras	Vitor Afonso Coutinho	Diretor de Inovação	09/07/2013	Helibras, Itajubá, MG
Universidade Federal de Itajubá	Ariosto Bretanha Jorge	Professor do Instituto de Engenharia Mecânica	09/07/2013	Helibras, Itajubá, MG
Unicamp, Faculdade de Ciências Aplicadas	Marcos José Barbieri Ferreira	Professor de Economia da Faculdade de Ciências Aplicadas da Unicamp	18/07/2013	Videoconferência, USP, São Paulo, SP
ITA	Prof. Luis Gonzaga Trabasso	Laboratório de Automação da Montagem Estrutural de Aeronaves (LAME)	13/08/2013	ITA, São José dos Campos. SP

2.3. Síntese das entrevistas

A seguir, é apresentada a síntese das entrevistas, explorando lacunas, demandas e oportunidades segundo os seguintes blocos temáticos:

- Recursos humanos - lacunas e demandas de formação e aperfeiçoamento;
- Infraestrutura laboratorial e capacitação de instituições de ciência e tecnologia;
- Tecnologias e áreas de pesquisa a explorar; e
- Demais lacunas e oportunidades para inovação, pesquisa e desenvolvimento.

2.3.1 Formação de recursos humanos

A questão da formação de recursos humanos abordada nas entrevistas pode ser avaliada em dois níveis: recém-formados, especialmente em engenharia; especialistas técnicos com nível de pós-graduação e/ou experiência ampla na indústria.

Em relação à formação de novos engenheiros no País, de forma geral, os entrevistados não entendem que existam gargalos significativos para a área aeronáutica. Particularmente, não consideraram haver problema com falta de engenheiros ou problemas na qualificação de engenheiros. Em grande medida, tal percepção é derivada da política da Embraer de patrocinar curso de especialização em engenharia aeronáutica, de dois anos, para o qual se candidatam engenheiros recém-formados de todo o País. Tal curso é fundamental para suprir a demanda interna da própria Embraer - estimada em 200 a 300 engenheiros/ano - e ainda ajuda a suprir a demanda de outras instituições e empresas. A procura pelo curso de especialização é alta, de forma que é realizado processo seletivo para escolher alunos com bom desempenho acadêmico e com perfil alinhado com as necessidades identificadas pela Embraer. Constatou-se nas entrevistas que, por se tratar de setor estruturado e, em certa medida, atraente para engenheiros recém-formados, a atual oferta de profissionais é adequada para esse setor. Nas entrevistas, também foi verificado que as empresas do setor aeronáutico buscam engenheiros de várias áreas de formação básica (mecânica, eletrônica, software, dentre outras), além da formação em engenharia aeronáutica. Um dos entrevistados afirmou: "não há aerodinamistas sobrando no mundo, mas há bons no Brasil".

Algumas lacunas identificadas na formação de mão de obra para início de carreira no setor são listadas abaixo:

- Aprimorar a formação de engenheiros para a gestão de projetos;
- Aprimorar o aprendizado da língua inglesa por meio de uso mais amplo desse idioma no ambiente universitário; e
- Realizar ações coordenadas com o Programa Ciências sem Fronteiras, visando a identificar necessidades das empresas e orientar os estudantes para universidades estrangeiras de interesse para a indústria – inclusive existem oportunidades de estágio em empresas do setor na Europa, por exemplo.

Em relação aos recursos humanos especializados, com nível de pós-graduação e com experiência, a preocupação é maior. Entende-se que, no médio prazo, o estoque presente e o nível de reposição de pessoal para o setor aeronáutico precisarão aumentar sensivelmente para atender a demanda estimada, que inclui as OEM e também os centros de manutenção de aeronaves das empresas aéreas. Isso pode apontar para formas de fixação de pessoal na indústria, especialmente em momentos de retração da demanda por serviços de engenharia para o setor, uma vez que o término de um grande projeto de aeronave tem grande repercussão na demanda por profissionais. Existe também necessidade de formação em áreas específicas. As principais lacunas citadas são explicitadas abaixo:

- Existência de maior escassez de mão de obra, especialmente em aerodinâmica, aeroelasticidade e ciência de materiais;
- Necessidade de formação de pesquisadores na área de mecânica de materiais;
- Perfil da mão de obra relativamente inadequado para a indústria: há poucos profissionais com experiência mista na universidade e na indústria;
- Necessidade de criação de mestrados e doutorados tecnológico-industriais;
- Necessidade de recursos financeiros para contratação de pesquisadores e técnicos industriais;
- Bolsa do Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (Rhae) não é atrativa para empresas pequenas e médias, pois não cobre custeio operacional com o bolsista (despesas gerais, licenças de software, horas do engenheiro sênior para treinamento, etc.). Poderia haver taxa de bancada para cobrir esses gastos;
- Atração de pós-graduandos para programas direta e indiretamente associados à área aeronáutica é dificultada por razões econômicas – a remuneração por meio de bolsas de pós-

graduação é considerada baixa para profissionais e alunos qualificados e o setor não dispõe de fundo setorial com volume de projetos de desenvolvimento tecnológico significativo, que permitiria engajar pós-graduandos em projetos com possibilidade de remuneração atrativa; e

- O processo para trazer um profissional estrangeiro ao Brasil é extremamente demorado (por volta de 60 dias), dificultando a contratação de consultores e funcionários estrangeiros com qualificação em áreas que as empresas não dominam – a utilização de tais profissionais é comum na indústria, dado o alto nível de especialização requerido em alguns casos. A importação de serviços nesse caso também é uma forma de capacitar as empresas no Brasil.

2.3.2 Infraestrutura laboratorial e capacitação de instituições de ciência e tecnologia

Considerando a infraestrutura laboratorial existente em universidades e instituições de ciência e tecnologia (ICT) brasileiras e o atual nível de integração entre universidades e empresas para pesquisas para o setor aeronáutico, as entrevistas indicaram haver lacunas e oportunidades relacionadas com dois aspectos principais: incremento da disponibilidade de infraestrutura avançada em áreas específicas; aspectos institucionais e necessidade de melhoria dos mecanismos de trabalho conjunto.

Em relação à infraestrutura, existem demandas específicas citadas nas entrevistas:

- A maior parte das ICT brasileiras está abaixo do nível tecnológico que uma empresa de nível internacional precisa;
- As deficiências do Brasil em ensaios não destrutivos dizem respeito sobretudo à infraestrutura laboratorial, inexistente no País na quantidade necessária para realizar esse tipo de teste;
- Necessidade de infraestrutura laboratorial para realização de "campanha de *allowables*". Essas campanhas demandam muitas horas de uso de máquinas em ensaios mecânicos. A indústria aeronáutica realiza essas campanhas no exterior, por não haver no País estrutura laboratorial capaz de atender essa demanda por ensaios mecânicos de qualificação de corpos de prova;
- O Laboratório de Estruturas Leves (LEL) de São José dos Campos poderia ser complementado por laboratórios "satélite", dotados de equipamentos e máquinas de menor porte, que poderiam ser distribuídos em outras cidades com universidades com competência na área de materiais compostos, tais como Campinas, São Carlos e mesmo São Paulo. Tais laboratórios teriam como objetivos realizar suas próprias pesquisas, gerar massa crítica de pesquisa na área

no Brasil e apoiar a formação dos futuros engenheiros e técnicos do setor aeronáutico – parte desse pessoal poderia posteriormente constituir mão de obra para o próprio LEL;

- Necessidade de criação de um laboratório de integração de sistemas complexos;
- Carência de um túnel de vento transônico, que é muito caro, demanda muita energia elétrica, pessoal qualificado e que só seria viável se operasse em escala mundial, atendendo ensaios originários de todas as partes do mundo. Tal operação global exigiria agilidade em procedimentos de contratação, recepção e emissão de partes a serem ensaiadas, que atualmente têm sido tratados como processos de importação e exportação. O túnel de vento transônico *benchmarking* (padrão para avaliação comparada) está atualmente localizado na Holanda;
- Necessidade de consolidar a experiência bem-sucedida experiência do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em automação da montagem aeronáutica, com laboratório de robótica em espaços confinados/ambientes fechados e automação flexível (baixa cadência de produção);
- Oportunidade de pesquisa sobre introdução de tecnologias de manufatura aditiva para o setor aeronáutico, considerando requisitos de materiais e de desempenho;
- Necessidade de criação de laboratório de simulação da manufatura para o setor aeronáutico, com apoio de softwares;
- Importância de estruturar o desenvolvimento conceitual de helicóptero nacional e projetos vinculados;
- Possibilidade de desenvolver um laboratório de conforto de cabine com foco em estudos de acústica (controle ativo de ruídos), vibração e ergonomia para aeronaves de asas rotativas;
- Necessidade de torre de testes e de simulador do tipo *iron bird*[14] para ambiente de desenvolvimento; e

14 Laboratório para simulação física (não digital). Definição da *European Aeronautic Defence and Space Company* (EADS) para *iron bird*: "*The systems integration test bench – also known as the 'Iron Bird' – is a ground-based engineering tool used to incorporate, optimise and validate vital aircraft systems, including electrical and hydraulic generation, and flight controls. It is the physical integration of these systems, with each laid out in relation to the actual configuration of the aircraft, and all components installed at the same place as they would on the real airframe. It is the perfect tool to confirm the characteristics of all system components, or to discover an incompatibility that may require modifications during early development stages. Additionally, the effects and subsequent treatment of failures introduced in the systems can be studied in full detail and recorded for analysis by using the Iron Bird as a testbed." In: http://www.airbus.com/innovation/proven-concepts/in-design/iron-bird/*, captura em 10/7/2013 (erros de digitação do original). "Os sistemas de integração de teste de bancada – também conhecidos como '*Iron Bird*' – é uma ferramenta de engenharia usada para incorporar, otimizar e validar sistemas vitais de aeronaves, incluindo geração elétrica e hidráulica e controles de voo. É a integração física desses sistemas – cada um colocado em relação à real configuração da aeronave, assim como a todos os componentes instalados no mesmo lugar, como se eles estivessem na estrutura real. É uma ferramenta perfeita para confirmar as características de todos os componentes do sistema, ou para descobrir a incompatibilidade que pode requerer modificações durante estágios iniciais. Adicionalmente, os efeitos e o tratamento subsequente de falhas introduzidas nos sistemas podem ser estudados em detalhe e registrados para análise usando o Iron Bird como plataforma de teste." (Tradução nossa).

- Núcleos de pesquisa aeronáutica deveriam ter algum grau de especialização, por exemplo, em aeroestruturas, em aeroelasticidade, em aeroacústica, etc. Poderiam seguir, com alguns ajustes, o modelo dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT).

Em relação aos mecanismos de trabalho conjunto entre universidades e empresas do setor aeronáutico, foram citados os seguintes aspectos:

- Instituições de ciência e tecnologia (ICT) brasileiras possuem infraestrutura de pesquisa, mas há muita dificuldade para desenvolver mecanismos de interação com a indústria. Particularmente, as ICT públicas têm enormes dificuldades para contratar pessoas para trabalhar em projetos específicos;

- Os órgãos de fomento brasileiros, ao contrário dos congêneres nos países com indústria aeronáutica consolidada, não financiam pessoal e, para muitos casos, pessoal é o principal item de dispêndio e fonte de aprendizagem;

- As instituições de financiamento brasileiras poderiam formar comitês diretivos (*steering committees*) mistos compostos por membros da academia e da indústria para avaliar projetos do setor produtivo, de modo a reduzir o viés acadêmico dos processos de avaliação de mérito de propostas de pesquisa e desenvolvimento industrial. Esse geralmente é o caso encontrado nas Fundação de Apoio à Pesquisa (FAP), especialmente na Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp);

- Os processos de avaliação de projetos no Brasil deixam a desejar. Seria importante que o resultado do processo culminasse com devolutiva qualificada e detalhada aos proponentes, de modo a justificar a aceitação ou rejeição do projeto e orientar as empresas em futuras submissões de propostas;

- A insegurança jurídica em relação à propriedade intelectual dos conhecimentos e tecnologias gerados entre ICT e empresas é fonte de grandes receios;

- A migração de pesquisadores de ICT para empresas tem implicado a transferência de conhecimentos potencialmente proprietários do setor público para o privado. Seria preciso regulamentar os direitos de propriedade intelectual de conhecimentos e tecnologias desenvolvidos em ICT públicas. As ICT brasileiras podem aprimorar a gestão do conhecimento e a garantia da propriedade intelectual do que é desenvolvido por pesquisadores das instituições; e

- No Brasil, há poucos instrumentos e linhas de financiamento para apoiar o desenvolvimento de produtos futuros.

2.3.3 Tecnologias e áreas de pesquisa a explorar

A área aeronáutica engloba uma miríade de tecnologias, muitas delas não comercializáveis (*non-tradables*), ou seja, que não se consegue licenciar e que por isso demandam desenvolvimentos tecnológicos próprios. Este é o caso das asas alongadas, em introdução nas novas gerações de aviões: mais eficientes, mesclam compósitos e metais, além de sistemas de instrumentação e monitoramento da saúde estrutural. Sua geometria exige muitos ensaios para definição dos itens móveis (*flaps*, profundores, freios aerodinâmicos, etc.), que podem empenar, torcer e sofrer outras deformações não desejadas e perigosas. Para evitar esses efeitos indesejáveis, será necessário conhecer melhor o comportamento dinâmico temporal desses novos materiais - particularmente dos compósitos à base de carbono e sua junção com titânio, alumínio e aço inoxidável -, para fins de seu melhor dimensionamento, programas de manutenção preditiva e preventiva, etc., de modo a incorporar esses novos materiais à estrutura da nova geração de aviões. Essa mesma situação se repete em relação a várias outras tecnologias aeronáuticas, exigindo por isso desenvolvimentos tecnológicos próprios por parte das empresas do setor, uma vez que eles não estão acessíveis no mercado.

O setor aeronáutico no Brasil congrega uma OEM estabelecida (EMBRAER) - atualmente bastante competitiva para aviões -, e uma operação de helicópteros (Helibras) que é menos madura em tecnologia, em projeto de produto e em processos industriais. Conforme os próprios entrevistados do subsetor de asas rotativas, este representa cerca de 10% do mercado aeronáutico mundial. Essa estrutura do mercado aeronáutico nacional deverá ser levada em consideração na formulação de programas de apoio ao setor, que deverá atentar para os seguintes pontos, conforme se depreende do conjunto de entrevistas realizadas:

- A definição mais precisa das áreas-chave de pesquisa e desenvolvimento aeronáutico necessitaria de exercícios amplos de roadmapping com múltiplos atores do setor (governo, empresas líderes, fornecedores, universidades e institutos de pesquisa, companhias aéreas, etc.). Exercícios de *roadmapping* permitiriam detalhar as ações de pesquisa e desenvolvimento nas áreas e tecnologias identificadas como prioritárias pelo *Estudo prospectivo aeronáutico*[15];

15 Observação: o *Estudo prospectivo aeronáutico* é amplamente aceito no meio como diretriz da evolução tecnológica aeronáutica, assim como os programas de plataformas demonstradoras tecnológicas são considerados prioritários, particularmente após a ação da ABDI em busca de sua viabilização, o que ainda não ocorreu (tal prioridade foi levantada tanto por representantes da Embraer quanto por entrevistados de outras instituições).

- Aeroacústica, aeroelasticidade, aeroestruturas, aerodinâmica aplicada, mecânica de materiais, rotores, aviônicos, monitoramento da saúde da estrutura, integração de sistemas complexos, manufatura avançada e novas configurações aeronáuticas serão tecnologias e áreas de pesquisa críticas nos próximos anos;

- Ciências do voo e aerodinâmica, materiais avançados, especialmente metálicos e biomateriais, biocombustíveis para aviação, sensoriamento remoto, visualização e gestão do tráfego aéreo apresentam grande potencial de desenvolvimento no Brasil;

- Monitoramento de saúde de estruturas [structural health monitoring ou (SHM)] de materiais compósitos: a solução para a falta de conhecimento sobre as falhas de materiais compósitos pode ser o uso de sensores estruturais;

- Existência de lacunas no Brasil entre ciência dos materiais e projeto de estruturas. O Brasil está mais concentrado em ciência dos materiais. A área de mecânica dos materiais é mais próxima da engenharia;

- O Brasil tem deficiências grandes em aviônicos. Do ponto de vista de negócio empresarial, aviônica é altamente concentrada mundialmente, com poucos produtores;

- Aeroacústica é uma das áreas de pesquisa importantes. No Brasil, há trabalhos relevantes de aeroacústica em São Carlos;

- Atualmente as pesquisas em aeroacústica têm se concentrado nos aspectos de geometria. Isso aponta um problema: se as estruturas passarem a ser feitas em materiais compósitos, de que modo isso afetará a aeroacústica?;

- A indústria aeronáutica tem usado intensamente materiais compósitos no lugar de componentes e estruturas originalmente em materiais metálicos. A técnica de substituição de materiais metálicos, em especial do alumínio, por compósitos, sobretudo a fibra de carbono, é muitas vezes chamada de *black aluminium* (alumínio negro - em referência à cor da maior parte dos materiais compósitos). Os processos de fabricação, critérios de projeto e requisitos de falha são diferentes entre os materiais, então seria desejável desenvolver projetos específicos para cada material em vez de adaptar projetos para materiais diferentes. Será preciso desenvolver critérios de projetos para estruturas em materiais compósitos;

- Materiais avançados, como biocompósitos e nanotubos de carbono, serão crescentemente empregados em aeronáutica;

- Manufatura avançada, inclusive: automação flexível, robótica de espaços confinados (automação de montagem no interior de asas, por exemplo), ferramental de alta precisão e manufatura aditiva;

- Áreas críticas para asas rotativas: simulador de helicópteros, laminação de compósitos, integração de sistemas, equivalência de materiais, controle ativo de vibração, caixa de transmissão, pás e aerodinâmica.

2.3.4 Demais lacunas e oportunidades para a inovação, pesquisa e desenvolvimento

Nesse item, são destacadas as contribuições das entrevistas acerca de lacunas e oportunidades adicionais não mencionadas nos tópicos sobre recursos humanos, infraestrutura e áreas prioritárias:

- Criação de um órgão governamental com papel de liderança em projetos de P&D amplos e que envolvam múltiplos atores (ex.: biocombustível de aviação)[16];
- Desenvolvimento de um centro de inovação aeronáutica em São José dos Campos;
- Criação e implantação do Projeto Plataformas Demonstradoras Tecnológicas, que seria, na atualidade, a principal medida para apoiar a cadeia aeronáutica;
- Estruturação de um Centro Nacional de Tecnologia de Helicópteros (CTNH) com foco nas tecnologias consideradas prioritárias.

16 Em 2011 a Fapesp lançou a iniciativa de bancar um centro para biocombustível de avião. Havia participação da Embraer e da Boeing. Os coordenadores da iniciativa eram o Luiz Augusto Cortez (Unicamp) e o Francisco Nigro (IPT). Em junho de 2013 foi lançado o Plano de Voo para Biocombustíveis de Aviação no Brasil: Plano de Ação, que identifica lacunas e oportunidades para o desenvolvimento de biocombustíveis de aviação no Brasil.

Capítulo 3

3. Minuta do Programa Demonstrativo para Inovação em Cadeia Produtiva do Setor Aeronáutico

Este capítulo apresenta o detalhamento da minuta do Programa Demonstrativo para Inovação em Cadeia Produtiva do Setor Aeronáutico. Inicialmente são discutidas suas diretrizes estratégicas e, em seguida, são detalhados seus eixos e cada um dos projetos que o constituintem. Por fim, são resumidos os valores a serem investidos, as metas e os prazos para o Programa.

Inicialmente, faz-se necessária a distinção entre o foco da presente publicação e o do Programa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas (PDT), uma vez que há semelhança entre os nomes. O Programa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas é uma iniciativa para dar resultado em curtíssimo prazo, que, do ponto de vista técnico, de mercado e de concorrência no setor, rigorosamente já deveria ter começado. O presente trabalho, como indica seu título - Programa Demonstrativo para Inovação em Cadeia Produtiva do Setor Aeronáutico - sintetiza as propostas para a elaboração de programa estratégico de longo prazo para a atuação do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) no setor aeronáutico.

No jargão do setor, tecnologias de longo prazo são aquelas que, atualmente, apresentam menor nível de maturidade [*Technology Readiness Level* (TRL)]. Porém, os produtos do setor - particularmente o avião a jato de passageiros, sujeito a muitas regulamentações quanto a segurança, ruído e emissões - envolvem a articulação de inúmeras tecnologias em sistemas complexos. Muitas vezes, tal articulação requer grande esforço de desenvolvimento, ainda que isoladamente cada tecnologia já possua boa maturidade. É nesse caso que se enquadra o programa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas, simbolizadas internacionalmente pelo programa europeu Clean Sky e pelo seu congênere Greener Aircraft do Canadá (Montreal, província de Quebec, onde está a sede da Bombardier, principal concorrente atual da Embraer). A proposta da presente publicação olha para o futuro, para a construção da competitividade num prazo mais dilatado.

3.1. Diretrizes estratégicas do Programa

As diretrizes estratégicas do Programa Demonstrativo para Inovação em Cadeia Produtiva do Setor Aeronáutico visam ao direcionamento macro para o estabelecimento dos eixos e dos projetos prioritários. As diretrizes foram discutidas na Oficina de Trabalho com especialistas e aperfeiçoadas conforme os comentários recebidos.

- Os investimentos em pesquisa devem apresentar sinergias com as diretrizes maiores da política industrial e de inovação definidas no âmbito do Plano Brasil Maior;
- A infraestrutura existente deve ser alavancada, sempre que possível. Nos casos pertinentes em que exista infraestrutura com potencial para maior aproveitamento, deve-se considerar construir rede de apoio e de pesquisa, eventualmente com laboratórios "satélite" de menor porte ou com infraestrutura complementar, evitando a duplicação de esforços;
- A infraestrutura – nova e existente - deve ser considerada pelo Programa, tanto em seu aspecto físico patrimoniável (instalações, equipamentos, licenças de software, etc.) quanto em seu aspecto de custeio, particularmente no que se refere a recursos humanos. Pesquisa e inovação certamente requerem investimento fixo, mas requerem principalmente cérebros. Há muitos relatos de laboratórios com equipamentos importantes, mas sem equipe para potencializá-los, sem capacidade de alavancar equipes (contratação);
- A continuidade dos programas de fomento[17] é fundamental e benéfica para o setor, pois possibilita o planejamento das ações nas empresas e nos grupos de pesquisa. A continuidade implica em orçamentos perenes, com fontes predefinidas, não sujeitos a injunções várias. O Brasil construiu tal sistema para investimento em construção habitacional e construção pesada (Sistema Financeiro da Habitação, FGTS, etc.), para investimento em ativos produtivos (BNDES). Seria necessário construir sistema de perenidade semelhante para o apoio à inovação na empresa, uma vez que a Finep não conta com fonte predefinida de recursos;
- A pesquisa em aeronáutica deve contemplar, além do projeto aeronáutico, os avanços na manufatura necessários para fixar a produção no País. Tal aspecto é crítico, mormente num cenário de mudança de tecnologias, materiais e geometrias de partes substantivas do avião, que impactam diretamente a montagem final, exigindo alto grau de repetitividade, confiabilidade e possibilidade de acesso a espaços confinados; e

17 Fomento considerado de forma ampla, abrangendo qualquer tipo de apoio: não reembolsável e reembolsável.

- O Programa deve também contemplar a pesquisa específica para asas rotativas, considerando a pretensão de desenvolvimento de helicóptero no País, e pesquisa e apoio ao desenvolvimento e fabricação de veículos aéreos não tripulados (Vant).

Considerando as diretrizes do Programa, são definidos os eixos de ação e os projetos integrantes, detalhados no próximo subitem.

3.2. Eixos e projetos integrantes do Programa

A minuta do Programa é organizada em eixos de ação e projetos. Tal organização objetiva facilitar a análise e a tomada de decisão pelo agente público. Os eixos de ação compreendem áreas ou temas mais amplos de atuação para o Programa. Cada um dos projetos é uma ação específica relacionada com um dos eixos de ação. No total, são definidos 6 eixos e 16 projetos.

Os 6 eixos de ação são listados abaixo e discutidos a seguir.

A. Formação de pessoal – lacunas e demandas de formação e aperfeiçoamento;

B. Desenvolvimento da infraestrutura laboratorial para a pesquisa;

C. Realização de estudos para aprofundamento e detalhamento de projetos em temas promissores, mas ainda não suficientemente detalhados ou estruturados;

D. Fomento à pesquisa em tecnologias críticas e prioritárias;

E. Aperfeiçoamento em mecanismos/instrumentos existentes;

F. Incentivo ao surgimento e ao desenvolvimento de pequenas e médias empresas (PME) de base tecnológica.

Em formação de pessoal, de forma geral não foram explicitados gargalos na formação de novos engenheiros nas diversas especialidades (aeronáutica, mecânica, eletrônica, etc.) que a indústria demanda. A necessidade de qualificação específica dos novos profissionais para atuar no setor é suprida em boa medida pelo mestrado profissional conjunto ITA-Embraer. No entanto, empresas envoltas em projetos grandes relatam dificuldades em aumentar o quadro de profissionais de projeto de engenharia, dada a falta de pessoal experiente e capacitado para atuar no setor aeronáutico, e a dificuldade de atrair engenheiros recém-formados, uma vez que muitos estudantes não considerariam que a atividade em projeto seja atraente (não teria tanto "glamour").

Uma forma de contornar esses problemas seria pela divulgação coordenada de oportunidades no setor para os estudantes. Essas oportunidades vão além do mestrado profissional ITA-Embraer e das vagas de trabalho na empresa "âncora". Para engenheiros experientes, em tempos de alta demanda pode-se oferecer cursos de capacitação em gestão de projetos aeronáuticos. Aqueles que passarem pelo curso aumentariam as suas chances de absorção pelo setor.

Outras necessidades explicitadas referem-se à oportunidade de aumentar a articulação do setor com o Programa Ciência sem Fronteiras, especialmente para alunos de graduação. Já existem ao menos dois programas de estágio em empresas do setor para alunos participantes do Ciência sem Fronteiras – Boeing (14 vagas em 2012 e 32 em 2013) e Embraer (20 vagas/ano nos EUA, França e Portugal). Poderia haver incremento de estágios no setor, além de direcionamento específico de estudantes com interesse para as universidades com tradição na área. Tais universidades já foram em boa medida mapeadas pelo CNPq para o edital CNPq 50/2013 – Programa Ciência sem Fronteiras: Formação de Recursos Humanos Estratégicos e Especializados para o Setor Aeroespacial. Esse edital é direcionado a doutorado e pós-doutorado. Haveria a necessidade de rever a lista de universidades com foco no setor aeronáutico apenas.

Ainda em formação de pessoal, por fim, recomenda-se a efetivação de um programa de formação de recursos humanos para o setor (ProAero). Tomando o caso do Programa Rhae: ele revela baixa demanda de PME pela dificuldade que essas organizações têm para absorver custos extras gerados por pesquisadores atuando na empresa. Essas despesas envolvem, por exemplo, licenças de uso de softwares específicos de engenharia, que têm valor alto. Uma maneira relativamente simples de equacionar tal questão seria a de articular algo semelhante ao que o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) realiza, ou seja, um programa de bolsa com "enxoval" - taxa de bancada, auxílio instalação, saúde, aluguel.

Com fonte externa ao CNPq torna-se possível ao órgão estabelecer programa. As fontes podem ser de outras instâncias do Estado, de Fundos Setoriais ou das próprias empresas. Assim, por exemplo, se uma empresa necessitar trazer um especialista externo, ela pode desenvolver programa conjunto com CNPq, estabelecendo as condições de qualificação para inserção no programa - tipo e tempo de experiência, por exemplo, não sendo necessário especificar formação acadêmica, patamares de remuneração e "enxoval" relativo à bolsa. A vantagem para a empresa é a redução de seus dispêndios e a viabilização da consultoria, uma vez que o processo para trazer o especialista seguiria o trâmite CNPq. Evidentemente, essa é uma das possibilidades, que também tem suas limitações, como o prazo para preparação, divulgação e realização dos editais.

Em relação ao segundo eixo, infraestrutura laboratorial, são detalhadas demandas de laboratório mais citadas pelos atores entrevistados, tanto de empresas como da academia, e que foram validadas pela equipe responsável pelo projeto e por especialistas reunidos na Oficina de Trabalho[18]. Alguns dos laboratórios listados são considerados também no plano de expansão do ITA; segundo informação mais recente disponível, ainda não há previsão de alocação de verba para tais laboratórios. Não se trata, portanto, de esforço duplicado. No caso específico dos laboratórios de manufatura aditiva, considera-se necessário realizar previamente um estudo que defina as prioridades e o direcionamento para laboratórios desse tipo.

Em relação aos estudos, identificou-se a necessidade de aprofundar o entendimento em dois temas bastante recentes - manufatura aditiva e construção de base de dados nacional de propriedades de materiais -, visando ao uso em projetos (cálculo, simulação, etc.).

No caso da manufatura aditiva, trata-se de tema ainda pouco estudado no Brasil e deve-se definir o enfoque que deverá ser dado em estudos futuros. O setor aeronáutico tem mundialmente liderado pesquisas na área e há potencial de aplicação industrial no médio prazo. Por esses motivos, este setor poderia ser considerado como caso (case) para o aprofundamento em manufatura aditiva no País. É tema que exigirá a combinação de múltiplas competências, como processos de fabricação, materiais, projeto mecânico e simulação, dentre outras. A tendência de manufatura aditiva em metálicos ainda resulta em peças que precisam ter as suas características mecânicas avaliadas. É preciso evoluir também no entendimento do pós-processamento necessário, o que pode envolver processos convencionais de usinagem e tratamento térmico. Não é recomendável construir essa infraestrutura laboratorial antes de definir seu foco de atuação e de articular as redes de competências necessárias. Desse modo, considerou-se que um dos projetos deste Programa seria a elaboração de um estudo na área de manufatura aditiva, seguido pelo fomento para a construção de laboratórios específicos.

Um projeto que possui alto potencial de aplicação industrial, mas que exigirá longo tempo (década) e continuidade, é a construção de base de dados de propriedades de materiais. Antes de se fomentar um esforço dessa natureza é necessário explicitar, quantificar e avaliar as vantagens de se realizar um projeto desse tipo no Brasil em comparação com a utilização de bases de dados

18 Não basta um determinado laboratório ter sido citado muitas vezes; é preciso que ele faça sentido num todo, que olhe para o futuro, e que seja consistente com as diretrizes de política pública para o desenvolvimento industrial e da inovação. No caso específico, houve convergência entre proposições nas entrevistas, análise da equipe e análise emanada da Oficina de Especialistas.

internacionais. Além disso, é necessário quantificar o esforço, identificar os potenciais envolvidos, elaborar o projeto e garantir fontes contínuas de financiamento. Neste caso, um projeto de estudo é considerado na proposta deste Programa.

Em relação ao fomento à pesquisa, foram compiladas as principais áreas de pesquisa tecnológica e tecnologias prioritárias para o desenvolvimento do setor aeronáutico brasileiro. A relação das tecnologias compiladas é apresentada na Tabela 18, anexa. Essas áreas podem ser consideradas como prioridades nos próximos editais de fomento para o setor, como no caso da recente chamada MCTI/CNPq/CT-Aeronáutico/CT-Espacial Nº 22/2013 - Apoio ao Desenvolvimento Científico, Tecnológico e de Inovação no Setor Aeroespacial.

A definição prioridade partiu da identificação das áreas de pesquisa tecnológica e das tecnologias propostas no *Estudo prospectivo aeronáutico* de 2009, por ser documento amplamente aceito por especialistas e profissionais do setor, como sendo uma diretriz da evolução tecnológica aeronáutica. De forma semelhante, há enorme convergência sobre a prioridade a ser dada ao projeto de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas, conforme articulado pela ABDI e apontado no Plano Brasil Maior.

O *Estudo prospectivo aeronáutico* foi tomado como documento base; às tecnologias nele relacionadas foram acrescentadas outras, relevantes, que foram identificadas no presente estudo.

Em relação ao aperfeiçoamento de mecanismos/instrumentos existentes, são apresentadas recomendações e sugestões recorrentes do setor.

Por fim, o eixo PME de base tecnológica compreende um projeto para estimular a formação de empresas de base tecnológica a partir de resultados de iniciativas com potencial de mercado. O viés dado é o de aproveitar as oportunidades criadas além da pesquisa, uma vez que a falta de conhecimento sobre mecanismos de financiamento existentes pode levar ao "desperdício" de oportunidades comerciais. Tradicionalmente, o foco da maioria dos professores universitários e dos pesquisadores não é a criação de novas empresas. Não há tempo nem motivação para isso em muitos casos, o que é compreensível, pois não é a missão da carreira e acadêmicos não necessariamente têm competências potenciais empreendedoras. O fato concreto é que existem resultados de pesquisa que são comercialmente promissores. Dessa forma, o foco pretendido é criar as condições para que alunos empreendedores ou pequenas empresas existentes possam prosseguir com a exploração comercial desses resultados de pesquisa.

Os 16 projetos relacionados com os respectivos eixos são listados na Tabela 6.

Tabela 6 – Eixos e projetos do Programa

A.	**Formação de pessoal**
	1. Articulação com o Ciência sem Fronteiras, com foco específico no setor aeronáutico
	2. PROAero : "Pacote" articulado de RH para o setor
	3. Treinamento em gestão de projetos aeronáuticos
	4. Divulgação coordenada das oportunidades para atuar em projetos no setor aeronáutico no Brasil
B.	**Infraestrutura laboratorial**
	5. Laboratório de ensaios não destrutivos e ensaios mecânicos
	6. Laboratórios de pesquisa em estruturas leves e compósitos – complementares ao LEL
	7. Laboratório de integração de sistemas complexos
	8. Laboratório de automação de manufatura – foco em montagem
	9. Laboratório de simulação da manufatura
	10. Laboratórios de manufatura aditiva
	11. Laboratório de asas rotativas
C.	**Estudo**
	12. Estudo para detalhar projeto de construção de base de dados de propriedades de materiais
	13. Estudo para definir foco e estratégia brasileira para pesquisa em manufatura aditiva – *case* aeronáutico
D.	**Fomento à pesquisa**
	14. Foco das ações de fomento em áreas de pesquisa definidas, com continuidade do financiamento
E.	**Aperfeiçoamento em mecanismos/instrumentos**
	15. Conjunto de iniciativas para aperfeiçoamento de mecanismos/instrumentos existentes
F.	**PME de base tecnológica**
	16. Ação induzida para formação de empresas a partir de projetos de pesquisa aplicada com geração de soluções inovadoras com potencial de mercado

Cada um dos projetos listados na Tabela 6 é detalhado por meio de uma ficha de projeto. As fichas são apresentadas nas tabelas a seguir.

Tabela 7 – Ficha de detalhamento de projeto – Articulação com o Ciência sem Fronteiras com foco específico no setor aeronáutico

Eixo	A. Formação de pessoal
Projeto	**1. Articulação com o Ciência sem Fronteiras com foco específico no setor aeronáutico**
Objetivo	Garantir que estudantes de graduação em engenharia aeronáutica e de graduação em outras engenharias que indiquem interesse em aeronáutica sejam direcionados para universidades com atuação reconhecida no setor aeronáutico. Firmar mais parcerias de estágio no exterior com empresas do setor aeronáutico, nos moldes das parcerias já existentes com Embraer (20 vagas/ano nos EUA, França e Portugal) e Boeing (14 vagas em 2012 e 32 em 2013).
Justificativa	O Programa Ciências sem Fronteiras já realiza esforço específico para o setor aeroespacial no nível de pós-graduação, por meio do edital CNPq 50/2013 – Programa Ciências sem Fronteiras: Formação de Recursos Humanos Estratégicos e Especializados para o setor Aeroespacial. O edital apresenta relação de universidades e centros de pesquisa prioritários para o setor aeroespacial, considerando pós-graduação (doutorado e pós-doutorado). No presente projeto, recomenda-se criar uma iniciativa análoga enfocando graduação e, mais especificamente, o setor aeronáutico. A relação de universidades prioritárias pode ser revista, considerando o foco em aeronáutica. Universidades citadas como referência nas entrevistas deste projeto, como as universidades de Kansas e Purdue, poderiam ser incluídas após revisão crítica da lista de instituições. Também já existem, com algumas empresas do setor, acordos de estágio para estudantes brasileiros no exterior. O esforço pode ser ampliado para várias outras empresas da cadeia aeronáutica, além de grandes OEM. O conjunto de oportunidades em aeronáutica poderia ser apresentado para os estudantes, de forma que empresas menos conhecidas dos estudantes também ganhassem visibilidade. O presente projeto complementaria o foco dado pelo edital CNPq 50/2013 no setor aeronáutico, incluindo também a graduação e estágios em uma ação coordenada que pode ajudar a atrair jovens engenheiros para trabalhar no setor aeronáutico no Brasil.
Orçamento preliminar	Projeto requer a alocação de pessoal para executar as atividades necessárias. Bolsa da empresa de aproximadamente US$ 1.000,00/mês/estagiário. Cada estágio tem duração típica de 2 meses. Considerando triplicar o número atual de estágios no setor (de 52 para 156 estagiários por ano), o investimento adicional é de US$ 208.000,00/ano ou cerca de R$ 478.400,00/ano (1 US$ = R$ 2,30).
Cronograma	Detalhamento: jan-jun/2014.

Tabela 8 – Ficha de detalhamento de projeto – PROAero - "Pacote" articulado de RH para o setor - formação, trazer especialistas internacionais e similares

Eixo	A. Formação de pessoal
Projeto	**2. PROAero - "Pacote" articulado de RH para o setor - formação, trazer especialistas internacionais e similares**
Objetivo	Agregar pessoal qualificado em atividades de P&D nas empresas do setor aeronáutico. Ampliar a utilização de bolsas, como as da modalidade SET no setor aeronáutico. Prever "enxoval" para bolsa, como taxa de bancada, auxílio instalação, saúde, aluguel.
Justificativa	A análise do mapa de investimentos do CNPq indica que poucas empresas do setor aeronáutico fazem uso da modalidade Rhae. Atualmente, são somente 6 bolsas vigentes na área de Engenharia Aeroespacial , dentro de um total de 415 bolsas da grande área Engenharias e 764 bolsas no total da modalidade. Para comparação, a área de Ciência da Computação conta com 208 bolsas. Deve-se considerar que pessoas atuando no setor podem ter bolsas inscritas em outras áreas, como Engenharia Mecânica e Ciência da Computação. Mesmo assim, a quantidade de bolsistas efetivamente trabalhando em PME em atividades para o setor aeronáutico é considerada baixa, conforme informação levantada durante as entrevistas com especialistas do setor. Considerando que o setor aeronáutico é intensivo em conhecimento e que as principais empresas empregam mestres e doutores em seus quadros, pode-se almejar incremento significativo de bolsas para o setor, inclusive com fontes externas ao CNPq: a fonte pode ser outra instância do Estado (como já praticado pelo Inmetro), Fundos Setoriais ou mesmo a empresa (aqui, reduz-se o seu dispêndio frente a contrato CLT por prazo determinado). Um dos entraves para ampliação da utilização da modalidade por PME são os gastos adicionais necessários para que o pesquisador possa trabalhar efetivamente na empresa. Empresas pequenas alegam não poder arcar com esses gastos, que incluem, por exemplo, licenças de software de engenharia (é considerado custeio pelo CNPq). Por esse motivo, a presente proposta inclui avaliação da possibilidade de revisão da modalidade para englobar também taxa de instalação e uma taxa de bancada para as empresas. Seria necessário rever os valores das bolsas, que não são muito atrativos.
Orçamento preliminar	Premissas consideradas: aumento de 6 para 40 bolsas vigentes para o setor; bolsa valor médio nível SET-C doutor com pouca experiência e mensalidade de R$ 4.500,00; valor de uma mensalidade para instalação; taxa de bancada de 20%. R$ 2.356.200,00/ano.
Cronograma	Formatação: jan-jun/2014. Novas solicitações: a partir de jul/2014. Execução: a partir de jan/2015.

Tabela 9 – Ficha de detalhamento de projeto – Treinamento em gestão de projetos aeronáuticos

Eixo	A. Formação de pessoal
Projeto	**3. Treinamento em gestão de projetos aeronáuticos**
Objetivo	Oferecer curso de capacitação em participação e gestão de projetos aeronáuticos, com enfoque em questões essenciais para o setor, tais como integração de disciplinas, gestão da configuração aeronáutica ao longo do projeto e do ciclo de vida, normas e procedimentos específicos do setor, dentre outros aspectos.
Justificativa	Empresas do setor relatam dificuldade para aumentar o seu quadro de funcionários, especialmente com pessoas com experiência em projetos de engenharia.
Detalhamento	Oferta de um curso de capacitação com nível de excelência, com aproximadamente 90 horas, ou seja, mais curto do que um curso de especialização (360h). Parte do curso poderia ser ministrada na modalidade EaD (Ensino a Distância) para ampliar a cobertura geográfica do curso, otimizar o tempo dos profissionais participantes e reduzir tempo gasto com deslocamentos dos participantes. As pessoas que concluírem o curso poderiam se candidatar para vagas no setor com melhor qualificação. Haveria seleção de ingresso no curso. Dados os ciclos de decisão de projetos no setor, seriam oferecidas inicialmente duas turmas anuais.
Orçamento preliminar	Curso de 90h, professores recebem hora-aula, existência de coordenador responsável, assistente alocado, parte do curso presencial e parte na modalidade Educação a Distância (EaD). Implementação: R$ 200.000,00. Valor por turma semestral: R$ 100.000,00 → 2 turmas por ano = R$ 200.000,00/ano.
Cronograma	Formatação: jan-jun/2014. Execução: a partir de jul/2014, semestralmente.

Tabela 10 – Ficha de detalhamento de projeto – Divulgação coordenada das oportunidades para atuar em projetos no setor aeronáutico no Brasil

Eixo	A. Formação de pessoal
Projeto	**4. Divulgação coordenada das oportunidades para atuar em projetos no setor aeronáutico no Brasil**
Objetivo	Chamar a atenção dos recém-formados para as oportunidades de atuação no setor aeronáutico, nas OEM e em outras empresas da cadeia.
Justificativa	Jovens engenheiros recém-formados muitas vezes não conhecem as oportunidades no setor. Atualmente, a atividade de projeto de engenharia também é pouco valorizada por uma parcela significativa dos estudantes de engenharia, que acabam optando por atuar em outras áreas.
Detalhamento	Elaboração de material de divulgação e de palestras sobre o setor em universidades. Requer articulação entre as empresas do setor.
Orçamento preliminar	Não envolve recursos significativos.
Cronograma	Formatação: jan-jun/2014. Execução: a partir de jul/2014, semestralmente.

Tabela 11 – Ficha de detalhamento de projeto – Laboratório de ensaios não destrutivos e ensaios mecânicos

Eixo	B. Infraestrutura laboratorial
Projeto	**5. Laboratório de ensaios não destrutivos e ensaios mecânicos**
Objetivo	Implantar infraestrutura laboratorial compartilhada para o setor para a realização de ensaios não destrutivos e ensaios mecânicos.
Justificativa	O setor demanda infraestrutura para realização de testes que atendam padrões de certificação da indústria aeronáutica utilizando, por exemplo, equipamentos de testes repetitivos e ultrassom. Também se deve considerar o desenvolvimento recente e a crescente importância de tecnologias como *Structural Health Monitoring* (SHM), que poderão ter sua aplicação desenvolvida neste laboratório.
Detalhamento	O IPT em São Paulo possui infraestrutura de ensaios que foi modernizada recentemente visando a atender demandas da indústria de óleo e gás. Existe conhecimento sobre procedimentos de teste. Trata-se, portanto, de uma instituição candidata para receber o novo laboratório.
Orçamento preliminar	R$ 10.000.000,00 em dois anos.
Cronograma	Formatação/decisão/contratação: jan-dez/2014. Implantação: jan/2015 a dez 2016.

Tabela 12 – Ficha de detalhamento de projeto – Laboratórios de pesquisa em estruturas leves e compósitos – complementares ao Laboratório de Estruturas Leves de São José dos Campos (LEL)

Eixo	B. Infraestrutura laboratorial
Projeto	**6. Laboratórios de pesquisa em estruturas leves e compósitos – complementares ao LEL**
Objetivo	Implantar laboratórios de pesquisa em estruturas leves, considerando diversas tecnologias de materiais, de processos de fabricação e de projeto para a manufatura, com enfoque especial em materiais compósitos. Tais laboratórios deverão atuar em pesquisas aplicadas em parceria com o LEL.
Justificativa	O LEL, localizado em São José dos Campos, irá oferecer infraestrutura para fabricação e testes de estruturas leves em diversas tecnologias, quando estiver completamente operacional. O planejamento do LEL prevê equipe de aproximadamente 25 pessoas, considerando técnicos e engenheiros que irão atuar com foco na operacionalização do laboratório. Novos estudos encomendados pela indústria e que venham a utilizar a infraestrutura do LEL devem demandar o envolvimento de pesquisadores de universidades e de centros de pesquisa, para os quais o LEL oferece sala e infraestrutura de pesquisador visitante para o período de trabalho nas instalações do LEL. Nessa lógica de trabalho, o aumento da capacitação de grupos/centros de pesquisa em estruturas leves irá ampliar a capacidade de atuação do LEL e maximizar o aproveitamento da infraestrutura existente. Nota-se que a capacitação envolve estruturas leves de forma ampla, mas as entrevistas com especialistas destacam lacuna maior em materiais compósitos. Exemplos de tecnologias a serem pesquisadas incluem, mas não se limitam a: laminação e deposição automatizadas, ligação compósitos-metálicos, caracterização de materiais, simulação e projeto para a manufatura, dentre outras.
Detalhamento	Reforço da infraestrutura laboratorial em até quatro grupos/centros de pesquisa com reconhecida competência na área. A ser realizado em duas etapas, considerando dois laboratórios em cada etapa. A estruturação em duas etapas permite não apenas distribuir o investimento ao longo do tempo, mas priorizar os investimentos em grupos/centros de pesquisa mais estruturados na primeira etapa, e permitir que outros grupos/centros de pesquisa se estruturem para pleitear recursos na segunda etapa. Trata-se de estratégia para estimular a demanda e a estruturação de grupos de pesquisa.
Orçamento preliminar	R$ 5.000.000,00 por laboratório x 4 laboratórios = R$ 20.000.000,00 em três anos (36 meses).
Cronograma	Etapa 1 – 2 laboratórios: Formatação/decisão/contratação: jan-jun/2014. Implantação: jul/2014 a dez 2015. Etapa 2 – 2 laboratórios: Formatação/decisão/contratação: jan-jun/2016. Implantação: jul/2016 a dez 2017.

Tabela 13 – Ficha de detalhamento de projeto – Laboratório de integração de sistemas complexos

Eixo	B. Infraestrutura laboratorial
Projeto	**7. Laboratório de integração de sistemas complexos**
Objetivo	Implantar laboratório de integração de sistemas complexos, incluindo integração de software, aviônica e simulador reconfigurável.
Justificativa	Os sistemas aeronáuticos são sistemas altamente integrados envolvendo aviônica e software. A capacitação em integração de sistemas complexos é crítica para o desenvolvimento da indústria, considerando que as próximas gerações de aeronaves indicam crescente aplicação de sistemas integrados em diversas áreas, tais como na interface das aeronaves com os novos sistemas de tráfego aéreo e interface entre softwares desenvolvidos por distintos fornecedores de sistemas.
Detalhamento	O laboratório está previsto para ser implantado no ITA (projeto de expansão), mas não há confirmação do aporte.
Orçamento preliminar	R$ 30.000.000,00 em dois anos.
Cronograma	Formatação/decisão/contratação: jan-dez/2014. Implantação: jan/2015 a dez 2016.

Tabela 14 – Ficha de detalhamento de projeto – Laboratório de automação da manufatura – foco em montagem

Eixo	B. Infraestrutura laboratorial
Projeto	**8. Laboratório de automação da manufatura – foco em montagem**
Objetivo	Implantar laboratório de automação da manufatura empregando tecnologias de robótica em espaços confinados para montagem de asas.
Justificativa	O perfil das asas dos aviões tende a se tornar mais alongado e mais fino nas próximas gerações de aeronaves, tornando os processos de montagem mais complexos, por causa da dificuldade de acesso e de visualização, aliada com a necessidade de precisão e de repetitividade. O domínio de tecnologia de montagem das asas será essencial para garantir a produção das próximas gerações de aeronaves no País. Nesse sentido, este projeto se relaciona com a diretriz deste Programa de pesquisa em manufatura.
Detalhamento	O laboratório poderia ser implantado no ITA, onde já existe infraestrutura prévia e conhecimento de automação para a montagem de estruturas aeronáuticas. O projeto inclui o desenvolvimento de dispositivos dos processos – por exemplo, para a aplicação de material selante na montagem –, construção de protótipos e desenvolvimento dos processos automatizados em proximidade com a indústria.
Orçamento preliminar	R$ 5.000.000,00 em 18 meses.
Cronograma	Formatação/decisão/contratação: jan-jun/2014. Implantação: jul/2014 a dez 2015.

Tabela 15 – Ficha de detalhamento de projeto – Laboratório de simulação da manufatura[19]

Eixo	B. Infraestrutura laboratorial
Projeto	**9. Laboratório de simulação da manufatura**
Objetivo	Implantar laboratório de simulação da manufatura com emprego de tecnologias de manufatura digital, envolvendo softwares de simulação da manufatura e integração com *hardware-in-the-loop*.
Justificativa	A simulação da manufatura de forma mais próxima possível do real contribui para reduzir os tempos de planejamento da fábrica, de implantação de novas linhas de montagem e também de validação e aplicação de melhorias de processo de fabricação ao longo da operação. Este projeto também se relaciona com a diretriz deste Programa de pesquisa em manufatura.
Detalhamento	O laboratório poderia ser implantado no ITA, onde já existe infraestrutura prévia e conhecimento de automação para a montagem de estruturas aeronáuticas.
Orçamento preliminar	R$ 2.000.000,00 em 28 meses.
Cronograma	Formatação/decisão/contratação: jul-dez/2014. Implantação: jan/2015 a jul 2016.

19 Técnica de simulação utilizada para o desenvolvimento e teste de sistemas complexos, elétricos e/ou mecânicos, em tempo real.

Tabela 16 – Ficha de detalhamento de projeto – Laboratórios de manufatura aditiva

Eixo	B. Infraestrutura laboratorial
Projeto	**10. Laboratórios de manufatura aditiva**
Objetivo	Implantar laboratórios multidisciplinares de pesquisa em manufatura aditiva no Brasil, com foco em materiais metálicos e na indústria aeronáutica.
Justificativa	A manufatura aditiva compreende diversas tecnologias de produção por deposição de material, que vem recebendo grande destaque por seu potencial de impactar a atual lógica de fabricação. Algumas das principais vantagens consideradas são a redução do consumo de materiais – que na aeronáutica podem ser muito caros – e a redução de peso das peças por meio da otimização da geometria viabilizada pelos processos aditivos. A maturidade tecnológica da manufatura aditiva ainda é baixa para aplicação industrial imediata em itens metálicos críticos, e que são o foco para a indústria aeronáutica. Existem incertezas relacionadas com a resistência mecânica das peças e com o comportamento dos materiais, o que demanda pesquisas em materiais, processos de fabricação aditiva, pós-processamento (usinagem convencional e tratamento térmico), simulação de peças e diretrizes de projeto visando à otimização da geometria. No exterior, o setor aeronáutico é um dos líderes nas pesquisas para a adoção da manufatura aditiva em produtos nos próximos anos. A perspectiva é que tais processos passem a ser utilizados mais intensamente em dois anos. No Brasil, ainda não há laboratório estruturado na área, apesar de haver conhecimentos complementares importantes de forma distribuída. Há, assim, potencial para estruturar laboratórios de pesquisa com enfoque multidisciplinar, abrangendo as áreas de materiais, de processos de fabricação e de engenharia de projeto. Recomendamos que o presente projeto seja precedido de um estudo mais detalhado, que conforme e especifique seu termo de referência.
Detalhamento	Obtenção de máquinas de manufatura aditiva de metálicos para dois laboratórios/grupos/centros de pesquisa. São propostos dois laboratórios para estimular a disseminação da tecnologia no Brasil, dada a sua relevância, sem que haja necessariamente profusão desenfreada para grupos não completamente capacitados e organizados. Ou seja, a opção por dois locais é justificada pelo atraso do País na área e pela necessidade de criar massa crítica. A seleção seria por edital e escolha das melhores propostas. Pressupõe-se que os laboratórios/grupos/centros de pesquisa contemplados se estruturem para aproveitar a infraestrutura complementar necessária e que em boa medida já existe no País em termos de tecnologia de fabricação para pós-processamento e para o tratamento de materiais, bem como para a realização de testes e medidas. Dado o potencial de transferência dos conhecimentos para outros setores e a necessidade de um direcionamento para a estratégia nacional no assunto, tal projeto seria implantado após a realização de um estudo prévio (projeto 13 deste Programa).
Orçamento preliminar	R$ 5.000.000,00 por laboratório x 2 laboratórios = R$ 10.000.000,00 em um ano.
Cronograma	Formatação/decisão/contratação: out-dez/2014. Implantação: jan/2015 a dez 2015.

Tabela 17 – Ficha de detalhamento de projeto – Laboratório de asas rotativas

Eixo	B. Infraestrutura laboratorial
Projeto	**11. Laboratório de asas rotativas**
Objetivo	Implantar laboratório de asas rotativas para dar suporte ao esforço de aumento de conteúdo nacional de helicópteros.
Justificativa	O Brasil está investindo no aumento do conteúdo local de helicópteros por meio de *offset* relacionado com recente compra governamental na área de defesa. Também existe intenção declarada de avançar em direção ao projeto de helicóptero em grande parte desenvolvido no País, que seria um produto de nicho frente ao portfólio da atual licenciadora. Esse esforço irá demandar aumento das capacitações em asas rotativas para solucionar as questões que devem surgir ao longo de um projeto desse tipo.
Detalhamento	O laboratório poderia ser implantado na Unifei ou no nascente Centro Nacional de Tecnologia de Helicópteros (CNTH), ambos em Itajubá, próximos da OEM de helicópteros no Brasil (Helibras). O CNTH encontra-se atualmente em fase de projeto de sua implantação, em paralelo com a potencial implantação da primeira etapa da infraestrutura física – primeiro prédio. Há necessidade ainda de definir o foco do laboratório a ser implantado, sendo que uma das possibilidades é um laboratório de tecnologias aeronáuticas com foco em helicópteros.
Orçamento preliminar	R$ 5.000.000,00 em dois anos.
Cronograma	Formatação/decisão/contratação: jan-dez/2014. Implantação: jan/2015 a dez 2016.

Tabela 18 – Ficha de detalhamento de projeto – Estudo para detalhar projeto de construção de base de dados de propriedades de materiais

Eixo	C. Estudo
Projeto	**12. Estudo para detalhar projeto de construção de base de dados de propriedades de materiais**
Objetivo	Avaliar o potencial e o esforço necessário para a construção de base de dados de propriedades de materiais.
Justificativa	A construção de uma base de dados nacional de propriedade de materiais para aplicação em projetos aeronáuticos, em cálculos e simulações, pode ser um ativo importante para a indústria. Trata-se de um esforço longo de pesquisa, que exigirá continuidade. Antes de se fomentar um esforço dessa natureza, é necessário explicitar, quantificar e avaliar as vantagens de se realizar um projeto desse tipo no Brasil em comparação com a utilização de bases de dados internacionais. Além disso, é necessário quantificar o esforço, identificar os potenciais envolvidos, planejar o projeto e garantir fontes contínuas de financiamento, por se tratar de esforço de longo prazo. Nesse sentido, é recomendada a realização de um estudo específico.
Orçamento preliminar	R$ 300.000,00 em 6 meses.
Cronograma	Formatação/decisão/contratação: jan-mar/2014. Execução: abr-set/2014.

Tabela 19 – Ficha de detalhamento de projeto – Estudo para definir foco e estratégia brasileira para pesquisa em manufatura aditiva – case aeronáutico

Eixo	C. Estudo
Projeto	**13. Estudo para definir foco e estratégia brasileira para pesquisa em manufatura aditiva – case aeronáutico**
Objetivo	Avaliar o potencial e os impactos da manufatura aditiva para a indústria brasileira e desenvolver estratégia de *catch up* tendo como referência o setor aeronáutico como caso de aplicação.
Justificativa	A manufatura aditiva é tema ainda pouco estudado no Brasil e que vem sendo tratado de forma estratégia em países desenvolvidos, dado o impacto estrutural que esta tecnologia poderá ter na manufatura nos próximos anos. O setor aeronáutico tem mundialmente liderado pesquisas na área e há potencial de aplicação industrial no médio prazo. Por esses motivos, poderia ser o setor considerado como caso (case) para o aprofundamento em manufatura aditiva no Brasil. O tema exige a combinação de múltiplas competências, como processos de fabricação, materiais, projeto mecânico e simulação, dentre outras. A construção de infraestrutura laboratorial, antes de definir o foco de atuação e de articular redes de competências necessárias, não seria recomendada. Desse modo, recomenda-se a realização de estudo na área de manufatura aditiva. Esse estudo seria seguido pelo fomento para a construção de laboratórios específicos (projeto 10 deste Programa).
Orçamento preliminar	R$ 300.000,00 em 6 meses.
Cronograma	Formatação/decisão/contratação: jan-mar/2014. Execução: abr-set/2014.

Tabela 20 – Ficha de detalhamento de projeto – Foco das ações de fomento em áreas de pesquisa definidas, com continuidade do financiamento

Eixo	D. Fomento à pesquisa
Projeto	**14. Foco das ações de fomento em áreas de pesquisa definidas, com continuidade do financiamento**
Objetivo	Avaliar a possibilidade e criar mecanismos para garantir a continuidade do fomento e do direcionamento para pesquisa em áreas de pesquisa e tecnologias definidas para o setor aeronáutico.
Justificativa	As principais áreas de pesquisa tecnológica e tecnologias prioritárias para o desenvolvimento do setor aeronáutico brasileiro estão mapeadas (Tabela 20, anexa). Essas áreas podem ser consideradas como prioridades nos próximos editais de fomento para o setor, como no caso da recente chamada MCTI/CNPq/CT-Aeronáutico/CT-Espacial Nº 22/2013 - Apoio ao Desenvolvimento Científico, Tecnológico e de Inovação no Setor Aeroespacial. Em especial, deve-se avaliar a possibilidade de se garantir o financiamento periódico de pesquisas do setor, em ações programadas como a chamada MCTI/CNPq/CT-Aeronáutico/CT-Espacial Nº 22/2013. A programação de chamadas em cronograma de longo prazo, por exemplo, garantindo que haverá chamadas relacionadas com o setor aeronáutico a cada um ou dois anos permite que os agentes envolvidos com pesquisa possam programar a sua agenda de pesquisas na área. Nesse sentido, torna-se importante avaliar a demanda pela presente chamada MCTI/CNPq/CT-Aeronáutico/CT-Espacial Nº 22/2013 e ajustar o orçamento das próximas chamadas considerando o "estoque" de potenciais pesquisas de alto nível na área.
Orçamento preliminar	Depende de cronograma de chamadas a ser definido.
Cronograma	Formatação: jan-jun/2014. Execução: a partir de jul/2014, anualmente ou a cada dois anos.

Tabela 21 – Ficha de detalhamento de projeto – Aperfeiçoamento em mecanismos/instrumentos

Eixo	E. Aperfeiçoamento em mecanismos/instrumentos
Projeto	**15. Conjunto de iniciativas para aperfeiçoamento de mecanismos/instrumentos existentes**
Objetivo	Adequar instrumentos para o setor; agilizar e reduzir trâmites (tempo e complexidade) de procedimentos administrativos.
Justificativa	Ao lado do investimento em laboratórios e dispêndios em programas, há conjunto de ações administrativas que podem muito ajudar na competitividade e na propensão a inovar do setor. Assim, há inúmeras ações detalhadas abaixo.
Detalhamento	1. Definir esquema de governança específico e perene para o setor, à semelhança da União Europeia. Tal governança deve ser de alto nível e acima dos programas, uma vez que seria a instância para conceber sua lógica, validar propostas e articular politicamente sua viabilidade. 2. Equacionar as inúmeras questões burocráticas, que têm sido motivos de reiteradas queixas ao longo de muitos anos. Vários gestores consideram que tais questões são facilmente resolvíveis com ações pontuais, regulamentos, portarias, o que pode ser verdadeiro, mas verdadeiro ainda é que a resolução não ocorre. Assim, propomos que tais questões sejam tratadas como prioridade. Uma das inúmeras maneiras de equacioná-las é definir uma governança geral (que pode ser a do item 1, mas também pode ser na Casa Civil, na ABDI, no comitê do PBM, na Fazenda, interministerial de alto nível... há muitas possibilidades, desde que seja de alto nível, com prioridade). Tal governança estabelece ações caso a caso – por exemplo, quem deve ser responsável por definir ações para facilitar o trâmite de exportações e quais metas a atingir; quais ações necessárias – desenho do novo processo, incluindo os atos administrativos necessários (portarias, decretos, eventualmente até projetos de lei); esquema de implantação; implantação de piloto; aprendizagem e melhoria; implantação definitiva. Temas recorrentes: a) processos de importação/exportação; b) abertura de empresas; c) contratação temporária de especialistas estrangeiros. 3. Assegurar dotação perene para a Finep, a exemplo do BNDES. A situação atual traz muita insegurança sobre a continuidade dos programas. 4. Elaborar modelo especial de edital para o setor aeronáutico que leve em conta suas características de incerteza, risco e alta tecnologia. Por exemplo, em editais envolvendo o relacionamento ICT-empresa, se houver grande risco, a exigência de contrapartida financeira não é factível. Alguns editais recentes definem como contrapartida econômica apenas pessoal com mestrado e doutorado. A ideia central é a de facilitar a contrapartida, num ambiente de confiança. Tais exigências são pouco encontráveis no exterior; o Clean Sky permite contrapartida econômica genérica, e a avaliação do cumprimento das etapas contratadas é feito de forma independente das partes (ou seja, é facilitada a adesão ao programa, mas é controlada a execução de fato, não apenas a formal, relativa à documentação e contabilidade). 5. O esquema atual de fomento a laboratórios deve prever não só o imobilizado (equipamentos, etc.), mas também o custeio. É fácil montar laboratório; mais difícil é mantê-lo – pessoal, manutenção, insumos, etc. Custeio ajuda na atração de pesquisa, de pós-graduandos. É preciso reverter os casos históricos de equipamentos subutilizados por falta de instalação adequada, equipes, insumos e manutenção. As próprias instituições de fomento (CNPq, Finep) poderiam prever nos editais e programas que o investimento físico deva ser associado a verbas para instalação, manutenção, insumos e pessoal (ao menos num determinado prazo).

	Outra maneira de equacionar a questão é prever alocação. 6. Apoio à internacionalização de empresas da cadeia. Elaborar projeto para fortalecer a cadeia para além da Embraer. Os fornecedores não podem ser apenas fornecedores da Embraer, devido ao risco e à escala. Os fornecedores brasileiros atuais de sucesso (p. ex., Akaer) fornecem também para EADS, Boeing e outros. A meta poderia ser a criação de 2 ou 3 global players. Isso poderia envolver subvenção para prototipagem, ações de inteligência comercial e apoio à internacionalização. 7. Criar programa para identificar empresas fortes, alavancadas financeiramente, que poderiam diversificar para o setor aeronáutico, como empresas de interiores, cabos, conectores, sistemas. 8. Experimentar, difundir e remover entraves que ainda existam para encomendas tecnológicas. Encomendas governamentais são fonte importante de fomento no exterior, como no caso do NextGen (programa bilionário conduzido pelo FAA, a Anac dos EUA, que contrata a Boeing, que subcontrata e move a cadeia). Lembremo-nos que encomenda tecnológica é a forma como a ABDI está procurando viabilizar o programa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas.
Orçamento preliminar	Não envolve dispêndios adicionais. Demanda envolvimento de diversos órgãos de governo.
Cronograma	Formatação/decisão/execução/implementação: jan-dez/2014.

Tabela 22 – Ficha de detalhamento de projeto – Ação induzida para formação de empresas a partir de projetos de pesquisa aplicada com geração de soluções inovadoras com potencial de mercado

Eixo	F. PME de base tecnológica
Projeto	**16. Ação induzida para formação de empresas a partir de projetos de pesquisa aplicada com geração de soluções inovadoras com potencial de mercado**
Objetivo	Potencializar a formação de empresas de base tecnológica a partir de resultados de projetos com potencial de mercado.
Justificativa	Por se tratar de setor que receberá recursos importantes para pesquisa, com potencial de geração de patentes e de soluções comerciais para o próprio setor e para outros setores da indústria, deve-se incentivar que as soluções tecnológicas resultantes de projetos de pesquisa sejam canalizadas para soluções comerciais, sempre que possível e viável economicamente. O foco da maioria dos professores universitários e dos pesquisadores no Brasil tradicionalmente não é a criação de novas empresas. Não há tempo nem motivação para isso em muitos casos, o que é compreensível, pois não é o foco da carreira, e acadêmicos não necessariamente têm as qualificações necessárias para empreender. Adicionalmente, existem limitações para a relação entre acadêmicos e, por exemplo, spin-offs criadas por pesquisadores, alunos e ex-alunos de um laboratório. As regras para essa relação não são bem conhecidas no meio, o que resulta em insegurança jurídica. No atual momento de rápida inovação e de crescente possibilidade de geração de empresas a partir de resultados de pesquisa, considera-se que seria pertinente avaliar se as regras vigentes hoje no Brasil estão alinhadas com as práticas internacionais e com a pretensão nacional de se gerar mais inovação em spin-offs a partir de resultados de pesquisa. Entretanto, existem resultados de pesquisa que são promissores e têm potencial de mercado. Dessa forma, o foco pretendido é criar as condições para que os pesquisadores empreendedores ou pequenas empresas existentes possam prosseguir com a exploração comercial desses resultados de pesquisa.
Detalhamento	Criar e apoiar mecanismos de mapeamento das soluções desenvolvidas e criar mecanismos de divulgação e de incentivos para que pesquisadores compreendam o potencial de criação de novas empresas de base tecnológica. Um desses mecanismos em implementação é o Fundo de Investimento e Participações de R$130 milhões criado pela Finep e Embraer, regulado pela CVM; outro é o programa conjunto Finep e Desenvolve São Paulo.
Orçamento preliminar	A ser realizado com alocação de pessoal, aproveitando programas existentes de qualificação de pessoal e de fomento para empresas de base tecnológica, potencialmente criando uma ação específica para as pesquisas do setor aeronáutico.
Cronograma	Formatação: jan-jun/2014. Execução: a partir de jul/2014.

3.3. Valores a serem investidos no Programa

O orçamento global do Programa é de aproximadamente R$100 milhões em cinco anos, incrementais aos investimentos já realizados no setor e sem considerar o custeio de alocação de pessoal das agências e dos órgãos da administração envolvidos com sua operacionalização.

O orçamento estimado, e que deve ser futuramente detalhado/ajustado, é apresentado na Tabela 23.

Tabela 23 – Orçamento estimado por projeto e total

Programa Demonstrativo para Inovação em Cadeia Produtiva do Setor Aeronáutico	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL
A. Formação de pessoal						
1. Articulação com o Ciência sem Fronteiras com foco específico no setor aeronáutico	478	478	478	478	478	2.392
2. PROAero - "Pacote" articulado de RH para o setor	-	2.356	2.356	2.356	2.356	9.425
3. Treinamento em gestão de projetos aeronáuticos	300	200	200	200	200	1.100
4. Divulgação coordenada das oportunidades para atuar em projetos no setor aeronáutico no Brasil	-	-	-	-	-	-
B. Infraestrutura laboratorial						
5. Laboratório de ensaios não destrutivos e ensaios mecânicos	-	5.000	5.000	-	-	10.000
6. Laboratórios de pesquisa em estruturas leves e compósitos – complementares ao LEL	3.000	7.000	3.000	7.000	-	20.000
7. Laboratório de integração de sistemas complexos	-	15.000	15.000	-	-	30.000
8. Laboratório de automação da manufatura – foco em montagem	1.500	3.500	-	-	-	5.000
9. Laboratório de simulação da manufatura	-	1.500	500	-	-	2.000
10. Laboratórios de manufatura aditiva	-	10.000	-	-	-	10.000
11. Laboratório de asas rotativas	-	2.500	2.500	-	-	5.000
C. Estudos						
12. Estudo para detalhar projeto de construção de base de dados de propriedades de materiais	300	-	-	-		300

Programa Demonstrativo para Inovação em Cadeia Produtiva do Setor Aeronáutico	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL
13. Estudo para definir foco e estratégia brasileira para pesquisa em manufatura aditiva – case aeronáutico	300	-	-	-	-	300
D. Fomento à pesquisa						
14. Foco das ações de fomento em áreas de pesquisa definidas, com continuidade do financiamento	a ser definido, conforme demanda pelo edital aberto MCTI/CNPq/CT-Aeronáutico/CT-Espacial Nº 22/2013					
E. Aperfeiçoamento em mecanismos/ instrumentos						
15. Conjunto de iniciativas para aperfeiçoamento de mecanismos/instrumentos existentes						
F. PME de base tecnológica						
16. Ação induzida para formação de empresas a partir de projetos de pesquisa aplicada com geração de soluções inovadoras com potencial de mercado						
TOTAL	5.878	47.535	29.035	10.035	3.035	95.517

3.4. Metas e prazos para o Programa

O Programa completo compreende uma fase inicial com prazo de 5 anos, de janeiro de 2014 a dezembro de 2018. Ao longo desse prazo, foram concebidos os 16 projetos para os eixos constituintes do Programa. Visando à continuidade dessa iniciativa, em 2017 deve-se iniciar a preparação e o planejamento da fase seguinte. A Tabela 24 apresenta a proposta de cronograma.

Tabela 24 – Cronograma proposto para o Programa

	Nome da tarefa	2014	2015	2016	2017	2018	2019
		T3 T4	T1 T2 T3 T4	T1 T2 T3 T4	T1 T2 T3 T4	T1 T2 T3 T4	T1 T2 T3 T4
1	→ **Programa Demonstrativo para Inovação em Cadeia Produtiva do Setor Aeronáutico**						
2	– A. Formação Pessoal						
3	– 1. Articulação com Ciência sem Fronteiras com foco especifico no setor aeronáutico						
4	– 2. Pro-Aero – "Pacote" articulado RH para o setor						
5	Formação						
6	Execução						
7	– 3. Treinamento em gestão de projetos aeronáuticos						
8	Formação						
9	Execução						
10	– 4. Divulgação coordenada das oportunidades para atuar em projetos no setor aeronáutico no Brasil						
11	Formatação						
12	Execução						
13							
14	– B. Infraestrutura laboratorial						
15	– 5. Laboratório de ensaios não destrutivos e ensaios mecânicos						
16	Formatação						
17	Implantação						
18	– 6. Laboratório de integração de sistemas complexos						
19	Etapa 1 – Formatação						
20	Etapa 1 – Implantação						
21	Etapa 2 – Formatação						
22	Etapa 2 – Implantação						
23	– 7. Laboratório de integração de sistemas complexos						
24	Formatação						
25	Implantação						

	Nome da tarefa
26	– **8.** Laboratório de automação da manufatura – foco em montagem
27	Formatação
28	Implantação
29	– **9.** Laboratório de simulação da manufatura
30	Formatação
31	Implantação
32	– **10.** Laboratórios de manutatura aditíva
33	Formatação
34	Implantação
35	– **11.** Laboratório de asas rotativas
36	Formatação
37	Implantação
38	
39	– C. Estudos
40	– **12.** Estudo para detalhar projeto de construção de base de dados de propriedades de materiais
41	Formatação
42	Execução
43	– **13.** Estudo para definir foco e estratégia brasileira para pesquisa em manufatura aditiva – case aeronáutica
44	Formatação
45	Execução
46	
47	– D. Fomento a pesquisa
48	– **14.** Foco das ações de fomento em áreas de pesquisa definidas, com continuidade do financiamento
49	Formatação
50	Execução
51	
52	– E. Aperfeiçoamento em mecanismos/instrumentos
53	– **15.** Conjunto de iniciativas para aperfeiçoamento de mecanismos/ instrumentos existentes
54	
55	– F. PME de base tecnológica
56	– **16.** Ação induzida para formação de empresas a partir de projetos de pesquisa aplicada com geração...
57	Formação
58	Execução
59	
60	Preparação da fase 2 do Programa

Referências

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Estudo prospectivo aeronáutico**. Brasília: ABDI, 2009. (Série Cadernos da Indústria, 14).

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES, ABDI, FINEP, AIAB.**Agenda setorial – Aeronáutico**. Brasília: 2012.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. **Agendas setoriais estratégicas do Plano Brasil Maior (PBM)**. Brasília: 2013.

_____. **Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação 2012-2015**: balanço das atividades estruturantes (2011). Brasília: 2012.

_____. **Plano Inova Empresa**. Brasília: 2013.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento e ABDI. **Diagnóstico do setor aeronáutico** – Plano Brasil Maior. Brasília: 2013.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP.**Documentos COMDEFESA** - Departamento da Indústria de Defesa da FIESP. s.d.

FERREIRA, M.J.B. **Competências empresariais e políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do Setor Aeroespacial** – O caso da França e da Suécia. Campinas: ABDI/Unicamp. 2010.

_____. **Competências empresariais e políticas governamentais de apoio ao desenvolvimento do setor aeroespacial** – Caso dos EUA. Campinas: ABDI/Unicamp. 2012.

FERREIRA, M.J.B.; ARAÚJO, R.D.; MELLO, C.H.; MARQUES, R. **Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica**.v. I. Campinas: ABDI/Unicamp, mar. 2008.

_____. **Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica**. Segmento de fabricação de helicópteros, vol. II. Campinas: ABDI/Unicamp, out. 2008.

_____. **Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica**.v.III. Campinas: ABDI/Unicamp, jul. 2009.

_____. **Relatório de acompanhamento setorial – indústria aeronáutica**.v. IV. Campinas: ABDI/Unicamp, dez. 2009.

GOMES, S.B.V.**A indústria aeronáutica no Brasil: evolução recente e perspectivas**. BNDES: Rio de Janeiro, 2012.

GOMES, S.B.V.; BARTELS, W.; LIMA, J.C.C.O.; PINTO, M.A.C.; MIGON, M.N. O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 23, p. 119-134, jun. 2005.

LIMA, J.C.C.O.; PINTO, M.A.C.; MIGON, M.N.; MONTORO, G.C.F.; ALVES, M.C. A cadeia aeronáutica brasileira e o desafio da inovação. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 21, p. 31-55, mar. 2005.

MONTORO, G.C.F.; MIGON, M.N. (ORG.). **Cadeia produtiva aeronáutica brasileira: oportunidades e desafios**. Rio de janeiro: BNDES. 2009.

PINTO, M.A.C.; MIGON, M.N. Alternativas para o adensamento da cadeia produtiva aeronáutica brasileira: o "modelo europeu". **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 24, p. 139-170, set. 2006.

Anexos

Anexo 1: Roteiro de entrevistas

Programa Demonstrativo para Inovação em Cadeia Produtiva Selecionada – Setor Aeronáutico

Roteiro de entrevistas

Dados da entrevista

Data:_____

Local:_____

Empresa/Instituição:_____

Posição da empresa nacadeia:_____

Faturamento:_____

Grau de nacionalização:_____

Nome entrevistado:_____

Cargo:_____

I – Introdução

Apresentação resumida e discussão sobre o objetivo do projeto. Explicação sobre as etapas do trabalho e a importância das entrevistas para o levantamento de lacunas e de oportunidades para o setor.

Box 1 - resumo do objetivo do projeto

O objetivo do projeto é elaborar para o MCTI uma minuta de programa em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), visando a aumentar a capacidade de inovação da cadeia aeronáutica. Esse programa deverá conter, minimamente, diretrizes estratégicas, metas e prazos quantificados, valores a serem investidos para seus projetos integrantes e atribuição de responsabilidades para as ações do programa.

II – Identificação dos pontos-chave a serem cobertos por políticas, programas e instrumentos do sistema MCTI

II.1) Quais são hoje as principais lacunas em termos de infraestrutura, de qualificação de mão de obra e de recursos para PD&I no setor?

- II.1.1 Infraestrutura (incluindo laboratórios, empresas de engenharia, testes, etc.).
- II.1.2 Pessoal e competências (Falta gente? É um problema de disponibilidade de pessoal qualificado ou de custo alto de pessoal qualificado? Em que áreas o problema é mais crítico?).
- II.1.3 Recursos para PD&I (o que não é financiado, no que o financiamento é caro, problemas de acesso, demoras na aprovação - Quanto? E na liberação de recursos - Caso?).
- II.1.4. Aspectos institucionais (importação e exportação de insumos, avaliação de protótipos, contratação de consultores estrangeiros, outros).
- II.1.5 Quais lacunas você prevê que serão intensificadas no futuro (3-8 anos)?
- II.1.6 Quais lacunas estarão minimizadas no futuro (justificar)?
- II.1.7 Quais os problemas na relação universidade-empresa para transferência de conhecimento?

II.2) Quais são hoje as principais oportunidades em termos de infraestrutura, de qualificação de mão de obra e de recursos para PD&I no setor?

- II.2.1 Se você estivesse na condição de decidir e pudesse tomar apenas uma medida para eliminar uma lacuna do setor, qual lacuna você priorizaria e que medida você tomaria? Qual seria uma segunda lacuna?

II.3) Na sua visão, quais deveriam ser as áreas prioritárias dentre as 18 áreas de pesquisa tecnológica definidas neste trabalho (listadas no Box a seguir)? Justifique a sua visão (importante: critérios).

Box 2 - 18 áreas de pesquisa tecnológica prioritárias para o setor aeronáutico

1. Materiais e seus processos de fabricação
2. Manufatura avançada
3. Tecnologias para maximizar as possibilidades de sobrevivência em caso de acidentes
4. Técnicas e processos para reduzir o impacto ambiental da produção de aeronaves
5. Sensoriamento e saúde da aeronave
6. Integração de sistemas e software embarcado (mecanismos avançados)
7. Combustíveis alternativos de uso aeronáutico (inclusive redução de emissões)
8. Tecnologias para um ambiente de cabine diferenciado
9. Tecnologias para prevenir e evitar acidentes
10. Integração de tecnologias embarcadas para CNS/ATM
11. Eficiência aerodinâmica e baixo consumo
12. Aeroacústica (redução de ruído)
13. Ferramentas avançadas de engenharia e simulação
14. Otimização do projeto aeronáutico (inclusive redução de emissões)
15. Métodos, ferramentas e processos de desenvolvimento em engenharia de sistemas
16. Propulsão (inclusive redução de emissões)
17. Demais tecnologias básicas (computação de alto desempenho, etc.)
18. Plataformas tecnológicas

III – Avaliação dos instrumentos existentes

III.1) Quais instrumentos e programas a empresa/instituição já emprega? Considerar CNPq, CAPES, FAPs, Finep, BNDES, Lei do Bem, Lei de Inovação.

III.2) Na sua visão, quais são os pontos positivos e as limitações dos principais instrumentos já empregados?

III.3) Que programas existiram no passado e poderiam ser revisitados?

IV – Avaliação geral

IV.1) Na sua avaliação, que tipos de ações e instrumentos seriam mais relevantes para alavancar o PD&I do setor?

V – Avaliação geral

V.1) Qual seria a iniciativa mais importante para ser realizada (prioridade)? Quais projetos comporiam a iniciativa?

V.2) O que não deveria ser feito?

V.3) Avaliação geral da situação e projeções para o futuro (5 anos).

Anexo 2: Programas de apoio ao setor aeronáutico no Brasil

Tabela 25 – Programas de apoio ao setor aeronáutico no Brasil – referência e exemplos – não exaustivo

Programa	Instituição	Participantes (empresas, ICT)	Finalidade	Instrumentos principais
Inova Brasil	Finep	Média, média-grande e grande empresa e parcerias com ICTs.	Apoio aos planos de investimentos estratégicos em inovação das empresas brasileiras.	Financiamento reembolsável.
Inova Aerodefesa	Finep (coordenação), BNDES, Ministério da Defesa e Agência Espacial Brasileira	Empresas e ICTs.	Apoiar Planos de Negócios de empresas brasileiras que contemplem temas comprometidos com a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação das cadeias produtivas dos setores envolvidos.	Crédito, subvenção econômica e projetos cooperativos entre instituições (ICTs) e empresas.
CT-Aero	Finep	Proponente: órgão ou entidade pública ou privada sem fins lucrativos. Executor: universidades e ICTs. Co-financiador: empresa.	Estimular investimentos em P&D no setor para garantir a competitividade nos mercados interno e externo, buscando a capacitação científica e tecnológica na área de engenharia aeronáutica, eletrônica e mecânica, a difusão de novas tecnologias, a atualização tecnológica da indústria brasileira e a maior atração de investimentos internacionais para o setor.	Financiamento não reembolsável.
Programa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas (PDT)	Em definição	Empresas e ICTs.	Viabilizar o projeto brasileiro de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas.	Em definição.
Proaeronáutica (Programa de Financiamento às Empresas da Cadeia Produtiva Aeronáutica Brasileira) - expirado	Micro, pequenas e médias empresas.		Financiamento a longo prazo para apoiar investimentos realizados por micro, pequenas e médias empresas (MPME) integrantes da cadeia produtiva da indústria aeronáutica brasileira, visando ao adensamento desta cadeia.	Financiamento de longo prazo.
BNDES				

Programa	Instituição	Participantes (empresas, ICT)	Finalidade	Instrumentos principais
Chamada CNPq Aeroespacial	CNPq (recursos FNDCT Aeronáutico e FNDCT Espacial)	Universidades e ICTs.	Apoiar projetos de pesquisa científica, tecnológica e de inovação que visem contribuir significativamente para o desenvolvimento científico e tecnológico do País, no setor Aeroespacial, em temas de interesse definidos.	Financiamento (não reembolsável) de itens de custeio, capital e bolsa.
Ciências sem Fronteiras	CNPq e CAPES	Estudantes e pesquisadores. Parcerias para estágios com empresas do setor (Boeing, Embraer, EADS).	Promover a consolidação, expansão e internacionalização da ciência e tecnologia, da inovação e da competitividade brasileira por meio do intercâmbio e da mobilidade internacional.	Bolsas.

Anexo 3: Relação de participantes da Oficina de especialistas 28/08/2013

Alexandre Moura Cabral (MDIC)
Antonio Geraldo de Paula Oliveira (CGEE)
Cel. Geraldo Antônio Diniz (Min. Defesa)
Cynthia Araujo Nascimento (ABDI)
Eduardo do Couto e Silva (CGEE)
Eduardo Senzi Zancul (USP)
Fabrício Brandão (MCTI)
Fernando Ranieri (Embraer)
Gerson Gomes (CGEE)
Ione Egler (CGEE)
Jackson Max Fortunato Maia (CGEE)
Jorge Ramos de Oliveira Junior (Atech)
Lea Contier de Freitas (MCTI)
Luciano Pedrote (Embraer)
Marcos José Barbieri Ferreira (Unicamp)
Marlos da Matta Agostini (MCTI)
Maria Luisa Campos Leal (ABDI)
Mario Sergio Salerno (USP)
Osvaldo Spindola (ABDI)
Paulo Roberto Martini (AEB)
Rodrigo Rodrigues (ABDI)
Sérgio Bittencourt V. Gomes (BNDES)
Vitor Afonso Coutinho (Helibras)

Anexo 4: Relação de participantes da reunião de validação 18/10/2013

Alexandre Garcia (CNPq)
Antonio Geraldo de Paula (CGEE)
Cristiano Hugo Cagnin (CGEE)
Eduardo Senzi Zancul (USP)
Fabrício Brandão (MCTI)
Gerson Gomes (CGEE)
Ione Egler (CGEE)
Jackson Max Fortunato Maia (CGEE)
João Alberto De Negri (Finep)
Luiz Ricardo Mattos T. (IPEA)
Mario Sergio Salerno (USP)
Marlos da Matta Agostini (MCTI)

Glossário

Allowables – permissíveis

Approach top-to-bottom – abordagem de cima para baixo

Cluster – aglomerado

Holding – sociedade criada com o objetivo de administrar um grupo de empresas (conglomerado)

Joint venture – parceria

Loci – Plural da palavra locus, que em latim significa lugar

Non-tradables – não negociáveis

Offset – práticas legais, comércio nas indústrias aeroespaciais e militares. Estas práticas comerciais que não seguem regulamentações estatais costumeiras

Retrofit – processo de modernização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma

Roadmap – espécie de mapa que visa organizar as metas de desenvolvimento

Steering committees – Comitê diretor

Trading – Negociação

Tier – nível da empresa fornecedora na cadeia de valor

Lista de figuras

Figura 1 – Proposta de estrutura de governança para as ações do Estado em PD&I para o setor aeronáutico 13

Figura 2 – Transição do modelo competitivo Atual para o modelo de *Holding* com Unidades de Negócio Definidas - Proposta modelo *holding*. O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil (2005) 42

Figura 3 – Modelo de *Holding* com Unidades de Negócio Definidas para o HTA - Proposta *holding* HTA -O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil (2005) 43

Lista de tabelas

Tabela 1 – Relação de documentos de referência analisados 16

Tabela 2 – Área de pesquisa tecnológica, tecnologia e nível de prioridade, *Estudo prospectivo aeronáutico* (2009)

Tabela 3 – Tecnologias selecionadas por sistemas priorizados, Cadeia produtiva aeronáutica brasileira: oportunidades e desafios (2009) 35

Tabela 4 – Síntese das tecnologias críticas identificadas a partir dos textos de referência do setor 54

Tabela 5 – Relação de Entrevistados 65

Tabela 6 – Eixos e projetos do Programa 81

Tabela 7 – Ficha de detalhamento de projeto – Articulação com o Ciência sem Fronteiras com foco específico no setor aeronáutico 82

Tabela 8 – Ficha de detalhamento de projeto – PROAero - "Pacote" articulado de RH para o setor - formação, trazer especialistas internacionais e similares 83

Tabela 9 – Ficha de detalhamento de projeto – Treinamento em gestão de projetos aeronáuticos 84

Tabela 10 – Ficha de detalhamento de projeto – Divulgação coordenada das oportunidades para atuar em projetos no setor aeronáutico no Brasil 84

Tabela 11 – Ficha de detalhamento de projeto – Laboratório de ensaios não destrutivos e ensaios mecânicos 85

Tabela 12 – Ficha de detalhamento de projeto – Laboratórios de pesquisa em estruturas leves e compósitos – complementares ao Laboratório de Estruturas Leves de São José dos Campos (LEL) 86

Tabela 13 – Ficha de detalhamento de projeto – Laboratório de integração de sistemas complexos 87

Tabela 14 – Ficha de detalhamento de projeto – Laboratório de automação da manufatura – foco em montagem 87

Tabela 15 – Ficha de detalhamento de projeto – Laboratório de simulação da manufatura 88

Tabela 16 – Ficha de detalhamento de projeto – Laboratórios de manufatura aditiva 89

Tabela 17 – Ficha de detalhamento de projeto – Laboratório de asas rotativas 90

Tabela 18 – Ficha de detalhamento de projeto – Estudo para detalhar projeto de construção de base de dados de propriedades de materiais 90

Tabela 19 – Ficha de detalhamento de projeto – Estudo para definir foco e estratégia brasileira
para pesquisa em manufatura aditiva – case aeronáutico 91

Tabela 20 – Ficha de detalhamento de projeto – Foco das ações de fomento em áreas de pesquisa definidas, com continuidade do financiamento 92

Tabela 21 – Ficha de detalhamento de projeto – Aperfeiçoamento em mecanismos/instrumentos 93

Tabela 22 – Ficha de detalhamento de projeto – Ação induzida para formação de empresas a partir de projetos de pesquisa aplicada com geração de soluções inovadoras com potencial de mercado 95

Tabela 23 – Orçamento estimado por projeto e total 96

Tabela 24 – Cronograma proposto para o Programa 98

Tabela 25 – Programas de apoio ao setor aeronáutico no Brasil – referência e exemplos – não exaustivo 109

Siglas e Abreviaturas

ABDI | Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

AEB | Agência Espacial Brasileira

AFDX | Avionics Full-Duplex Swiched

AIAB | Associação das Indústrias Aeroespaciais Brasileiras

ANAC | Agência Nacional de Aviação Civil

BNDES | Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

Cecompi | Centro para Inovação e Competitividade do Cone Leste Paulista

CASE | Computer-Aided Software Engineering

CFD | Computational Fluid Dynamics

CGEE | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CKD | kits Complete Knock-Down

CNAE | Classificação Nacional de Atividades Econômicas

CNC | controle numérico computadorizado

CNPq | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Comdefesa | Departamento da Indústria de Defesa da Fiesp

CTIC | Compensação Tecnológica, Industrial e Comercial

CTNH | Centro Nacional de Tecnologia de Helicópteros

DARPA | Defense Advanced Research Projects Agency

DoD | Department of Defense

DSCA | Defense Security Cooperation Agency

EaD | Educação a Distância

EADS | European Aeronautic Defence and Space Company

EED | Empresas Estratégicas de Defesa

ENCTI | Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação

EX-IM Bank | Export-Import Bank of the United States

Fadec | Full Authority Digital Engine Control

FAP | Fundação de Apoio à Pesquisa

Fapesp | Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FIESP | Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

Finep | Financiadora de Estudos e Projetos

HTA | High Technology Aeronautics

ICT | Instituições de ciência e tecnologia

IMA | Integrated Modular Avionic

IME | Integrated Modular Eletronic

INCT | Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia

IPT | Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ITA | Instituto Tecnológico de Aeronáutica

LEL | Laboratório de Estruturas Leves

MCTI | Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MD | Ministério da Defesa

MDIC | Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio

MPE | Micro e Pequenas Empresas

MPME | Micro, Pequenas e Médias Empresas

MRO | Maintenance, Repair and Overhaul

NASA | National Aeronautics and Space Administration

OEM | Original Equipment Manufacturer

OMC | Organização Mundial do Comércio

P&D | Pesquisa e Desenvolvimento

Padie | Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Espacial

PAED | Plano de Articulação e Equipamentos de Defesa

PBM | Plano Brasil Maior

PD&I | Pesquisa e Desenvolvimento e Inovação

PDT | Plataformas Demonstradoras Tecnológicas

PME | Pequenas e Médias Empresas

Pneprod | Política Nacional de Exportação de Produtos de Defesa

PNID | Política Nacional da Indústria de Defesa

Rhae | Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas

SIBiUSP | Sistema Integrado de Bibliotecas da USP

SNCTI | Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação

TIC | Tecnologias da informação e da comunicação

TRL | Technology Readiness Levels

Unicamp | Universidade Estadual de Campinas

USP | Universidade de São Paulo

Vant | Veículo Aéreo Não Tripulado

RTM | Resin Transfer Molding

RFI | Resin Film Infusion

VIB | Virtual Iron Bird

Documentos Técnicos disponíveis:

01 - 10 – Avaliação do programa de apoio à implantação e modernização de centros vocacionais tecnológicos (CVT)
02 - 10 – Energia solar fotovoltaica no Brasil
03 - 10 – Modelos institucionais das organizações de pesquisa
04 - 10 – Rede de inovação tecnológica para o setor madereiro da Amazônia Legal
05 - 10 – Quadro de atores selecionados no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: Universidades brasileiras
06 - 10 – Quadro de atores selecionados no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: Instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação
07 - 10 – Hidrogênio energético no Brasil: Subsídios para políticas de competitividade: 2010-2025
08 - 10 – Biocombustíveis aeronáuticos: Progressos e desafios
09 - 10 – Siderurgia no Brasil 2010-2025
10 - 11 – Inovações Tecnológicas em Cadeias Produtivas Selecionadas: Oportunidades de negócios para o município de Recife (PE)
11 - 11 – Avaliação do impacto da Olimpíada Brasileira de Matemática nas Escolas Públicas (OBMEP)
12 - 11 – Eletrônica Orgânica: contexto e proposta de ação para o Brasil
13 - 12 – Análises e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil
14 - 12 – *Roadmap* tecnológico para produção, uso limpo e eficiente do carvão mineral nacional: 2012 a 2035
15 - 12 – Inovações tecnológicas em cadeias produtivas selecionadas - Oportunidade de negócios para o município de Recife (PE): saúde, logística, petróleo e gás
16 - 12 – Redes Elétricas Inteligentes: contexto nacional
17 - 13 – Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento da Amazônia Legal
18 - 13 – Eficiência Energética: recomendações de ações de CT&I em segmentos da indústria selecionados – Edificações Eficientes
19 - 13 – Desafios ao desenvolvimento brasileiro: uma abordagem social-desenvolvimentista
20 - 13 – Eficiência Energética: recomendações de ações de CT&I em segmentos da indústria selecionados – Celulose e Papel
21 - 14 – Programa demonstrativo para inovação em cadeia produtiva selecionada – Indústria aeronáutica brasileira

FSC

cgee
Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

Ministério da
Ciência, Tecnologia e Inovação

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA