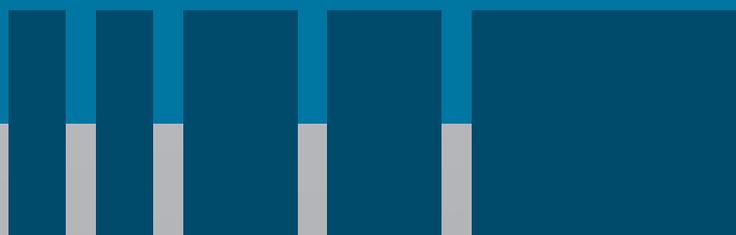


Plataformas Demonstradoras Tecnológicas Aeronáuticas

Experiências com programas internacionais,
modelagem funcional aplicável ao Brasil e
importância da sua aplicação para o País



República Federativa do Brasil
Dilma Rousseff
Presidenta

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Fernando Damata Pimentel
Ministro

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI
Mauro Borges Lemos
Presidente

Maria Luisa Campos Machado Leal
Diretora

Otávio Silva Camargo
Diretor

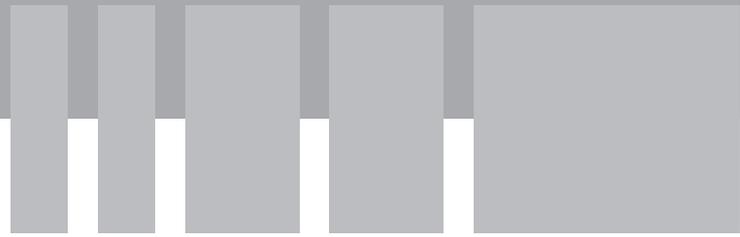
Cândida Beatriz de Paula Oliveira
Chefe de Gabinete

Carla Maria Naves Ferreira
Gerente de Projetos II

Cynthia Araújo Nascimento Mattos
Coordenadora do Setor Aeroespacial e Defesa

Plataformas Demonstradoras Tecnológicas Aeronáuticas

Experiências com programas internacionais,
modelagem funcional aplicável ao Brasil e
importância da sua aplicação para o País



©2014 – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI

Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.

Mauro Borges Lemos
Presidente

Maria Luisa Campos Machado Leal
Diretora

Otávio Silva Camargo
Diretor

Carla Maria Naves Ferreira
Gerente de Projetos II

Cynthia Araújo Nascimento Mattos
Coordenadora do Setor Aeroespacial e Defesa

SUPERVISÃO

Maria Luisa Campos Machado Leal
Diretora

EQUIPE TÉCNICA DA ABDI

Carla Maria Naves Ferreira
Gerente de Projetos II

Cynthia Araújo Nascimento Mattos
Coordenadora do Setor Aeroespacial e
Defesa

Cláudio Ferreira da Silva
Especialista em Projetos – Líder Espacial

Larissa de Freitas Querino
Especialista em Projetos – Líder Defesa

Antônio Carlos Tafuri
Especialista em Projetos

Rodrigo Alves Rodrigues
Técnico NS Sênior – Projetos

Oswaldo Spindola da S. Junior
Técnico NS Sênior – Projetos

Karen Cristina Leal
Técnico NS Sênior – Projetos

Fernanda Messias
Técnico NS Sênior – Projetos

Carlos Pontes
Assistente

Camila Silva Bertevello
Estagiária

EQUIPE DE CONSULTORES DA USP

Mario Sergio Salerno
Eduardo Senzi Zancul
Demétrio Toledo
Diogo Coutinho
Pedro de Paula
André Pion de Carvalho

Gerente de Comunicação

Oswaldo Buarim Jr.

Supervisão de Publicação

Joana Wightman

Revisão, projeto gráfico e diagramação

Juliano Cappadocio Batalha
G3 Comunicação

ISBN: 978-85-61323-17-2

ABDI
Agência Brasileira de Desenvolvimento
Industrial
Setor Bancário Norte, Quadra 1 - Bloco B
Ed. CNC - 70041-902 / Brasília DF
Tel.: (61) 3962-8700
www.abdi.com.br

Sumário

PREFÁCIO.....	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. PANORAMA DO SETOR AERONÁUTICO.....	15
3. APOIO PÚBLICO PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMAS DE PLATAFORMAS DEMONSTRADORAS TECNOLÓGICAS NO SETOR AERONÁUTICO..	39
4. DEFINIÇÃO DE PLATAFORMA DEMONSTRADORA TECNOLÓGICA (PDT)	43
5. LIÇÕES APREENDIDAS DO BENCHMARKING INTERNACIONAL EM PLATAFORMAS DEMONSTRADORAS TECNOLÓGICAS.....	83
6. RECOMENDAÇÃO DE MECANISMO JURÍDICO-INSTITUCIONAL PARA FINANCIAMENTO DO PROGRAMA DE PLATAFORMAS DEMONSTRADORAS TECNOLÓGICAS AERONÁUTICAS	85
7. ESTRUTURA DE GOVERNANÇA PARA UM MODELO BRASILEIRO DE PLATAFORMAS.....	103
8. RECOMENDAÇÕES PARA OPERACIONALIZAÇÃO DOS PROJETOS-PILOTOS EM PLATAFORMAS DEMONSTRADORAS TECNOLÓGICAS AERONÁUTICAS.....	111
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117

Figura

Figura 1 – A Embraer é líder de mercado nos jatos comerciais de até 120 assentos	17
Figura 2 – Impacto da Embraer na balança comercial brasileira.....	19
Figura 3 – Impacto da Embraer nas exportações de manufaturados de alta intensidade tecnológica.....	19
Figura 4 – Impacto da Embraer nas importações de manufaturados de alta intensidade tecnológica	20
Figura 5 – Impacto da Embraer na balança comercial brasileira.....	20
Figura 6 – Esquema do “avião verde” difundido pela Airbus.....	32
Figura 7 – Níveis de maturidade tecnológica na Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação.....	34
Figura 8 – Atratividade dos níveis de maturidade tecnológica.....	35
Figura 9 – Investimento em P&D pré-competitivo – Aeronáutica Civil: Europa x EUA x Brasil.....	42
Figura 10 – Framework de plataforma demonstradora tecnológica.....	46
Figura 11 – Descrição da constituição do Clean Sky e empresas líderes e colíderes de plataformas demonstradoras integradas	50
Figura 12 – Esquema da governança do Clean Sky	51
Figura 13 – Esquema de articulação de empresas com o Clean Sky – definição de consórcio e editais para definição de parceiros	52
Figura 14 – Esquema de avaliação do andamento dos projetos do Clean Sky	53
Figura 15 – Dotação orçamentária direta do Clean Sky.....	54
Figura 16 – Definição da estratégia do NATS.....	56
Figura 18 – Estrutura organizacional do NATS	57
Figura 19 – Estrutura Organizacional do Corac	59
Figura 20 – Projetos contemplados no Corac.....	60
Figura 21 – Definição da estratégia para o NextGen.....	62
Figura 22 – Estrutura de governança e fluxo de informações do NextGen	63
Figura 23 – Principais competências a serem desenvolvidas com o NextGen.....	65
Figura 24 – NextGen – Dotação orçamentária da FAA para o período 2012-2016	65
Figura 25 – Estrutura de governança do Future Major Platforms (FMP).....	67
Figura 26 – Sistema de apoio para a indústria aeroespacial canadense.....	69
Figura 27 – Possibilidades de financiamento FMP (1 e 2).....	70
Figura 28 – Possibilidades de financiamento FMP (3 e 4).....	70
Figura 29 – Possibilidades de financiamento FMP (3)	70
Figura 30 – Aéro Montréal e CRIAQ: complementaridades.....	76
Figura 31 – Estrutura organizacional do CRIAQ	79
Figura 32 – CRIAQ Funding.....	80
Figura 33 – Modelo de financiamento de projetos mais complexos do CRIAQ.....	80
Figura 34 – Modelo de financiamento de projetos colaborativos internacionais do CRIAQ.....	81
Figura 35 – Governança do programa – modelo geral.....	106

Tabela

Tabela 1 - Valores gerados anualmente pelos principais fabricantes aeronáuticos.....	26
Tabela 2 - Novas aeronaves sendo desenvolvidas como parte de projetos nacionais.....	29
Tabela 3 - Desafios do setor aeronáutico brasileiro	30
Tabela 4 - Níveis de maturidade tecnológica (TRL).....	34
Tabela 5 - Lista de potenciais participantes do Benchmarking em Programas de Plataformas.....	40
Tabela 6 - Categorização das plataformas e seus programas	45
Tabela 7 - Principais competências dos membros do NextGen.....	64
Tabela 8 - Ciclo de Elegibilidade TDP Canadá	73
Tabela 9 - Lista de membros industriais - CRIAQ.....	77
Tabela 10 - Membros da academia - CRIAQ	78
Tabela 11 - Características comuns dos programas internacionais.....	84
Tabela 12 - Experiência internacional - síntese dos pontos para o modelo de governança.....	84
Tabela 13 - Potenciais parceiros para o desenvolvimento da Plataforma Avião Verde (asa alongada).....	89
Tabela 14 - Previsão de orçamento da Plataforma Avião Verde (asas alongadas).....	90
Tabela 15 - Potenciais parceiros para o desenvolvimento da Plataforma Avião Verde (asa alongada).....	91
Tabela 16 - Previsão de orçamento da Plataforma Avião Mais Elétrico.....	92
Tabela 17 - Previsão de orçamento da Plataforma Avião Mais Inteligente.....	93

PREFÁCIO

Os setores de Defesa, Aeronáutico e Espacial brasileiros proporcionam oportunidades de ingresso das empresas nacionais em mercados dinâmicos e com elevadas oportunidades tecnológicas, tendo em vista seu grau de desenvolvimento produtivo e tecnológico. Esses setores contam ainda com o poder de compra do Estado para garantir o avanço das capacidades produtivas e a geração de inovações, cruciais para a autonomia e segurança nacional. A inovação tecnológica é um elemento central para a construção de diferenciais competitivos na indústria aeronáutica. Entretanto, a capacidade privada de investimentos em P&D nesta indústria é insuficiente em face dos vultosos volumes de recursos envolvidos - com elevado risco tecnológico na fase pré-competitiva - e das subseqüentes necessidades de desenvolvimento de produto, na fase comercial. Esses custos e riscos de pesquisa e desenvolvimento se agravam na indústria aeronáutica pelas exigências de certificação de segurança, especialmente nos saltos para novas gerações tecnológicas, que envolvem avaliações de segurança para além dos padrões e parâmetros conhecidos.

Nesse contexto, o Plano Brasil Maior elegeu o setor aeronáutico como um dos setores prioritários para ampliar e criar novas competências tecnológicas e de negócios, fortalecendo a estrutura industrial brasileira. Assim, a ABDI contratou junto a Fundação Carlos Alberto Vanzolini - USP -, a elaboração de um estudo sobre a implantação de um programa de Plataforma Demonstradora Tecnológica para o setor aeronáutico. Esse estudo tratou da concepção da metodologia institucional da plataforma e da indicação do perfil dos projetos que irão integrá-la, podendo servir de referência para outros projetos e setores no médio e longo prazo.

O estudo traz as condições básicas à implantação de uma iniciativa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas para o setor aeronáutico, procurando definir os componentes institucionais dessa iniciativa, assim como especifica sua atuação programática, de forma a facilitar a implantação do modelo e a execução de projetos estratégicos de interesse para o setor aeronáutico, munindo de informações relevantes os principais órgãos de formulação e fomento de políticas de P,D&I, o Comitê Executivo do PBM, bem como a sociedade brasileira.

Para elaboração desse estudo foram realizadas oficinas técnicas e workshops de discussão com empresas, ICTIs, instituições governamentais e de fomento, que contribuíram na definição de uma estratégia de futuro das tecnologias, produtos e mercados aeronáuticos, em horizontes temporais de 10 a 20 anos.

As Plataformas Demonstradoras Tecnológicas do Aeronáutico constituem um instrumento de pesquisa pré-competitiva, eficaz e eficiente, que permite integrar e testar tecnologias complexas em condições de realismo, para aprendizado e capacitação de aplicação em produtos futuros. Esse pode vir a ser o instrumento mais adequado ao desenvolvimento da competitividade da indústria aeronáutica, permitindo a geração contínua de novas tecnologias e a devida apropriação pelas empresas, dos benefícios gerados por essas novas tecnologias.

Sabemos que na indústria aeronáutica, o diferencial de competitividade é alcançado via inovação tecnológica, que é adquirido não somente pelo esforço das grandes empresas âncoras do setor, mas, principalmente, pelo apoio governamental dado pelos países sede, por diferentes iniciativas, programas e projetos que visam à manutenção da competitividade atual e futura da sua empresa âncora perante a acirrada concorrência desse mercado.

Ciente desse desafio da indústria aeronáutica no Brasil, a ABDI tem o prazer de apresentar essa síntese do Estudo de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas Aeronáuticas, no sentido de identificar e analisar os desafios atuais e futuros do setor, as experiências de outros países e blocos econômicos, com a recomendação de um modelo de governança para um programa de plataformas demonstradoras tecnológicas para o Brasil.

Acreditamos que as plataformas tecnológicas se apresentam como um instrumento adequado e efetivo ao processo de estabelecimento de uma agenda de P,D&I para diferentes setores no Brasil. Se o esforço de plataformas tiver continuidade e se o processo for corretamente instruído quanto às metodologias de prospecção, as plataformas irão contribuir de maneira sistemática para o desenvolvimento tecnológico do Brasil.

Finalmente, agradecemos a participação e colaboração dos especialistas externos à ABDI, envolvendo os principais órgãos de formulação e fomento de políticas de P,D&I, atores empresariais e públicos, que contribuíram, substancialmente, para a elaboração desse estudo, no entendimento do conceito e relevância dos projetos das plataformas.

Maria Luisa Campos Machado Leal
Diretora

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui hoje posição de destaque na indústria aeronáutica mundial graças ao sucesso alcançado pela Embraer, notadamente no mercado de aeronaves comerciais de até 120 assentos, no qual atingiu a liderança nesse segmento de mercado, seguida pela canadense Bombardier. A continuidade dessa trajetória de sucesso dependerá da manutenção de sua competitividade num mercado de maior rivalidade, não só com o lançamento de novos produtos pela Bombardier, como também com a entrada de novos fabricantes provenientes de Japão, Rússia e China, países com capacidade de desenvolvimento de novas tecnologias, cujos governos apoiam fortemente setores considerados estratégicos.

O diferencial de competitividade na indústria aeronáutica é alcançado via inovação tecnológica. Nesse sentido, em nível mundial, o setor público é responsável por parte substancial dos investimentos em P&D dessa indústria, em função das externalidades e dos transbordamentos tecnológicos provenientes de suas inovações, bem como dos impactos ambientais relevantes e da importância estratégica da indústria aeronáutica para as nações. Essa forte presença do Estado na P&D da indústria ocorre principalmente na fase pré-competitiva, na qual os riscos tecnológicos são maiores e a disposição para investir do setor privado é bem menor. Nessa fase são desenvolvidas e testadas novas tecnologias, de maneira a assegurar um nível de maturidade adequado, minimizando os riscos dos projetos dos produtos subsequentes. Nesse contexto é que se insere o conceito plataformas demonstradoras tecnológicas.

Entende-se aqui o conceito de plataformas demonstradoras tecnológicas como uma série de projetos que, por meio da construção de demonstradores, buscam desenvolver, integrar e apontar a maturidade de diferentes tecnologias complexas. Essas plataformas fornecem dados, comprovam pressupostos e revelam problemas que serão vivenciados em futuras aplicações comerciais das tecnologias testadas. No setor aeronáutico, essas plataformas materializam-se no desenvolvimento de demonstradores similares às aeronaves ou em sistemas relevantes dessas aeronaves que poderão vir a operar no futuro. Esses demonstradores poderão ser utilizados para testar novas configurações aerodinâmicas ou incorporar sistemas com novas tecnologias, que precisam necessariamente ser explorados, passando por testes e ensaios no solo e em voo para possibilitar a Certificação Aeronáutica e garantir a confiabilidade e o nível adequado de segurança requeridos pelos regulamentos aeronáuticos nacionais e internacionais que, por conseguinte, serão utilizados em uma nova aeronave a ser desenvolvida para atender ao mercado global.

As plataformas demonstradoras tecnológicas são muito utilizadas em países com indústria aeroespacial desenvolvida como os Estados Unidos (EUA), países da Comunidade Europeia e o Canadá. Nesses países, o governo viabiliza programas que buscam aplicações das tecnologias essenciais à soberania nacional, desenvolvida nas áreas aeroespacial e de defesa, tornando estratégica a aquisição, o desenvolvimento e o domínio dessas tecnologias.

Em geral, as tecnologias escolhidas para serem desenvolvidas, testadas e ensaiadas nos projetos de plataformas, representam inovações transformadoras em relação ao *status quo*. São definidas em consonância com a visão do país (incluindo-se governo, indústria e academia) sobre os desafios tecnológicos de longo prazo do setor, tais como o cuidado com o meio ambiente, o aumento da segurança de voo e a redução dos custos operacionais, tanto dos operadores quanto dos fabricantes.

É possível citar vários exemplos de desenvolvimentos tecnológicos inovadores, tais como os motores aeronáuticos com menor consumo e emissão de CO₂/NO_x, novas tecnologias de controle de tráfego aéreo (NextGen, nos EUA, e CESAR, na Comunidade Europeia), conceitos avançados de estruturas leves - construídas a partir de diagnóstico de manutenção, novas metodologias de projeto aerodinâmico e multidisciplinar, novos combustíveis, desenvolvimento aerodinâmico e sistemas de helicópteros, entre outros.

Atualmente, a Comunidade Europeia possui o programa Clean Sky, que conta com seis projetos “demonstradores de tecnologias integradas” (*green rotorcraft, green regional aircraft, smart fixed-wing aircraft, eco-design, sustainable and green engines e systems for green operations*). No caso dos EUA, plataformas demonstradoras de tecnologias são comumente utilizadas no setor aeroespacial, tanto para o ramo civil, com apoio da National Aeronautics and Space Administration (NASA), quanto no ramo militar, com apoio da Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), agência vinculada ao Department of Defense (DoD).

Importante destacar que o programa Clean Sky foi criado em 2008 com uma dotação orçamentária de 1.6 bilhão de euros, a serem aportados numa proporção 50/50 entre a Comissão Europeia e a indústria aeronáutica, que pode contribuir com recursos financeiros ou outras formas equivalentes monetariamente (contrapartida econômica) nos projetos demonstradores até o ano 2017, e sua continuação, o Clean Sky 2, com dotação orçamentária de 4,05 bilhões de euros até o ano de 2024.

Também nos EUA, o apoio financeiro governamental para projetos demonstradores é crucial, via subvenções econômicas, encomendas diretas e outros mecanismos de fomento e inovação. No início desses programas, há mais de duas décadas, era comum o apoio governamental na ordem de 75% do total investido nos projetos.

Uma característica importante de projetos de plataformas demonstradoras tecnológicas é a capacidade de atrair empresas estrangeiras de médio e grande porte. O engajamento dessas empresas na fase de desenvolvimento e fabricação de novas aeronaves viria como consequência, viabilizando, no curto e médio prazo, o fortalecimento de empresas já existentes no país, a criação de novas empresas de engenharia no contexto de P&D, bem como a criação de centros de excelência do setor aeronáutico, fortalecendo as empresas instaladas com capacidade de tornarem-se fornecedores globais e viabilizando o adensamento da cadeia produtiva.

Pode-se afirmar que a implantação da iniciativa de plataformas demonstradoras de tecnologias proporcionará à empresa líder brasileira - Embraer, às suas fornecedoras e a outras empresas nacionais novos saltos tecnológicos, garantindo a manutenção da

empresa líder na vanguarda tecnológica da indústria aeronáutica mundial, na condição de integradora de sistemas complexos.

Nesse cenário a implantação de programa de plataformas demonstradoras tecnológicas aeronáuticas (PDTs) no Brasil torna-se extremamente relevante. Trata-se de um *catch up* não apenas tecnológico, mas, também, institucional. Os principais atores do setor aeronáutico no mundo – OEMs montadoras de jatos de passageiros médios e grandes – já contam há anos com programas de plataformas demonstradoras em seus países, sendo a Embraer única exceção entre as quatro maiores empresas no mercado mundial. Faz-se necessário e urgente o Brasil adotar programas semelhantes para o setor aeronáutico já que as aeronaves estão passando por mudanças tecnológicas significativas em seus materiais, na sua configuração aerodinâmica e em sistemas de controle de voo, mudanças que necessitam de certificação, de avaliação de segurança e de comportamento ao longo do tempo, características básicas que justificam um demonstrador tecnológico.

Este trabalho estabelece uma “Modelagem Funcional para um Programa de Plataformas Demonstradoras Tecnológicas Aplicável ao Brasil”, tendo sido contratado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) junto à Universidade de São Paulo - Núcleo de Apoio à Pesquisa Observatório de Inovação e Competitividade (USP-NAP), por meio da Fundação Carlos Alberto Vanzolini.

O trabalho baseia-se nas análises dos projetos e das tecnologias de programas de plataformas aeronáuticas desenvolvidas no exterior, bem como relevantes discussões ocorridas em eventos promovidos pela ABDI com o setor aeronáutico, com a contribuição e apoio do Parque Tecnológico de São José dos Campos, do Centro para Competitividade e Inovação do Leste Paulista (CECOMPI), da Associação das Indústrias Aeroespaciais Brasileiras (AIAB), do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), da Financiadora de Estudos e Projetos (Agência Brasileira da Inovação - FINEP), do Instituto de Tecnologias Aeronáuticas (ITA) e de empresas do setor aeronáutico.

Além da análise das experiências internacionais em programas de plataformas, buscou-se avaliar algumas iniciativas brasileiras que guardam semelhança, ainda que distante, com os arranjos institucionais presentes nas experiências de plataformas demonstradoras tecnológicas no exterior, tais como: a articulação entre BNDES e FINEP (Plano Conjunto BNDES-Finep de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico - PAISS); articulação de projetos multi-institucionais, como os casos do Laboratório de Estruturas Leves do Tanque de Provas Numérico Poli-USP/Petrobrás; e o projeto gaseificador de biomassa, articulado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) com parceiros empresariais, agências de fomento e universidade.

Esta Introdução corresponde ao capítulo 1 deste trabalho. O capítulo 2 apresenta um panorama do setor aeronáutico que aponta para um mercado global caracterizado por uma estrutura industrial concentrada em torno de algumas poucas OEMs e fornecedores de sistemas. Esse capítulo aborda, também, a dinâmica da inovação no setor, os novos entrantes, e desafios futuros da indústria aeronáutica. O capítulo 3 apresenta as políticas de apoio público para o desenvolvimento de programas de plataformas demonstradoras tecnológicas. O capítulo 4 define os conceitos fundamentais de plataformas demonstradoras tecnológicas e apresenta um *benchmarking* internacional dos principais países que detêm políticas públicas fortes, integradas e voltadas ao setor aeronáutico. O capítulo 5 descreve as lições apreendidas com o levantamento das experiências internacionais com programas de plataformas demonstradoras

tecnológicas de forma a subsidiar a proposta do programa brasileiro e de sua governança. O capítulo 6 sintetiza em recomendações de mecanismo jurídico e institucional para financiamento de programas de plataformas, a partir das experiências apreendidas e potenciais projetos-pilotos de plataformas.

O capítulo 7 apresenta a proposta de governança ajustada para um programa brasileiro de plataforma demonstradora tecnológica aeronáutica via mecanismo de Encomenda Tecnológica.

O capítulo 8 aborda as recomendações à implementação dos projetos de plataformas demonstradoras tecnológicas. O capítulo 9 encerra o trabalho com as considerações finais, apontando para a relevância do Brasil em adotar um modelo de plataformas demonstradoras, que possa vir a ser replicado a outros setores da indústria.

2. PANORAMA DO SETOR AERONÁUTICO

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR

No período de quase 70 anos, que vai do encerramento da 2ª Guerra Mundial até a atualidade, talvez o aspecto mais marcante para o setor aeronáutico tenha sido a sua chamada “consolidação”. Esse é um eufemismo para designar a diminuição drástica no número de fabricantes de aeronaves em todos os países que contavam com unidades fabris dignas desse nome. Nos EUA, por exemplo, nomes consagrados como Douglas, North American, Convair, Lockheed, entre outros, desapareceram ou deixaram a aviação civil, restando apenas a Boeing na aviação comercial.

Já na Europa, a frustração “continental” trazida pelo desaparecimento dos fabricantes aeronáuticos do Reino Unido, da Alemanha e da França levou à constituição do conglomerado Airbus, organizado inicialmente na esfera governamental de cada um desses países (mais a Espanha), por meio dos respectivos braços industriais remanescentes ou que vieram a ser constituídos especificamente para a nova empreitada.

No Canadá, os fabricantes existentes acabaram por integrar o Grupo Bombardier Aerospace, originalmente dedicado à fabricação de material ferroviário e de *snowmobiles*. Esse foi o caso da Canada Air, fabricante de aviões civis e militares, privatizada em 1986 e adquirida pela Bombardier. O grupo implementou uma forte política corporativa que acabou por adquirir a legendária Gates Learjet (de Wichita, Kansas, EUA), uma das pioneiras na fabricação de jatos executivos de alto desempenho. Com isso, a Bombardier tornou-se, paulatinamente, um dos maiores grupos empresariais do país e o maior empregador de alta tecnologia do Canadá¹. Seu portfólio de produtos inclui *snowmobiles*, trens completos, sistemas metroviários, extensa gama de jatos executivos, turbo-hélices e jatos regionais que concorrem com a Embraer.

Esse quadro geral torna ainda mais significativo o surgimento da brasileira Embraer, e a sua extraordinária trajetória ao longo de mais de 40 anos. Fundada em 1969, como empresa estatal, preenchia, aparentemente, uma diretriz estratégica de domínio tecnológico do governo brasileiro, então em pleno período autoritário. Porém, do ponto de vista estritamente financeiro, e até onde é possível se estimar, não teria logrado dar retorno ao acionista dos investimentos feitos até a sua privatização em 1994.

¹ Vide Hadekel, P. - *Silent Partners, Taxpayers and the Bankrolling of Bombardier*. Toronto: Key Porter, 2004.

Estudo recente² indica que o fluxo de caixa para a União Federal, com 95% do capital votante e 86,8% do capital total – foi negativo, incluindo-se as receitas da privatização. Lembrando que houve diversos aportes de capital, feitos ao longo do período estatal da Embraer, o estudo conclui que:

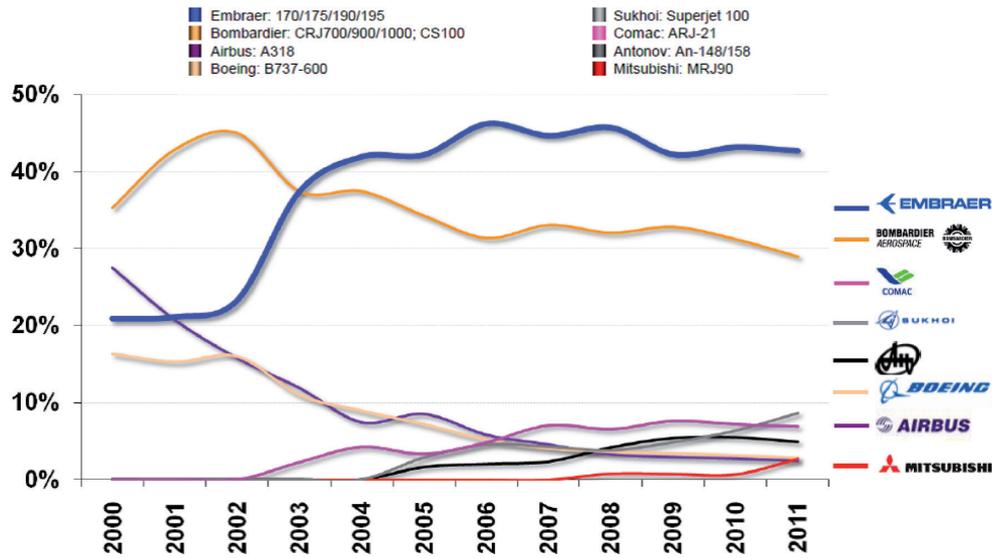
Deve ser destacado a este respeito que o objetivo do controlador (União), neste período, estava relacionado às externalidades geradas pela Embraer. Seu retorno se materializou, entre outros, na absorção/desenvolvimento de tecnologia, na criação de capacitação gerencial (organização da fabricação e estrutura comercial), no desenvolvimento da rede de fornecedores e subcontratados, bem como na qualificação de mão de obra, decorrentes do esforço para a criação da empresa. Esses fatores permitiram a inserção do país num mercado em que a entrada é significativamente limitada por (além dos elevados dispêndios de capital necessários) exigir atendimento a elevados níveis de requisitos em termos de segurança, qualidade e confiabilidade. Além desses aspectos, devem ser destacados os resultados em termos de geração de empregos qualificados (diretos e indiretos), renda, e de arrecadação de impostos. (Gargiulo, F.R)

Após sua privatização, a Embraer, com base na alta qualidade de seus recursos humanos em áreas estratégicas, como gestão logística, pesquisa e engenharia, contando com uma eficiente gestão introduzida pelos novos controladores, experimentou um contínuo crescimento que a inseriu num segmento de mercado como uma das principais empresas do setor aeronáutico do mundo. Hoje a Embraer possui cerca de 17.000 funcionários, possuindo a maior força de trabalho no Brasil na área de pesquisa e desenvolvimento. Apenas entre engenheiros e pesquisadores, a Embraer possui cerca de 4.500 funcionários.

Com isso, chega-se ao quadro atual que caracteriza o setor aeronáutico comercial no mundo como formado por apenas quatro fabricantes de peso, a saber: Airbus e Boeing para aeronaves na faixa de 130 a 600 assentos, *market share* combinado de 100%; e Bombardier e Embraer para aeronaves (originalmente consideradas “regionais”) na faixa de 50 a 120 assentos, com *market share* combinado superior a 70%, conforme apresentado na figura a seguir:

² Gargiulo, F. R. - *Indústria de construção aeronáutica, o caso da Embraer: história e avaliação*. Mai. 2008. *Dissertação (Mestrado em Finanças e Economia Empresarial)*, EPGE, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.

Figura 1 – A Embraer é líder de mercado nos jatos comerciais de até 120 assentos



Fonte: Embraer com dados da Airbus e Boeing.

O setor apresenta-se, portanto, extremamente concentrado do ponto de vista global, especialmente quando se considera os valores de faturamento por ele girados ano a ano. Conforme demonstrativos financeiros dos grandes *players*, esse setor apresenta um faturamento anual combinado da ordem de 80 a 90 bilhões de dólares. A cada ano, aproximadamente um mil a 1,2 mil novos jatos, com capacidades entre 50 e 600 passageiros, deixam suas linhas de montagem respectivamente na Europa, EUA, Canadá e Brasil, sendo as redes de fornecedores dessa cadeia produtiva, literalmente, globais. Isto é o resultado de um longo desenvolvimento histórico, que atravessou duas guerras mundiais no século XX, e que faz com que alguns considerem, não obstante a atual plena era da Internet, que a indústria do transporte aéreo é, de fato, a *real world wide web* – a verdadeira rede global mundial³.

Em síntese, o mercado aeronáutico global é caracterizado assim por uma estrutura industrial concentrada em torno de algumas poucas OEMs e fornecedores de sistemas. Tal estrutura, aliada ao fato de ser um setor intensivo em tecnologia, reforça a importância das atividades de P,D&E (Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia) para o desenvolvimento de tecnologias, e para o consequente ganho de competitividade estratégica das empresas do setor.

Para além da característica concentração do setor aeronáutico, há diversas externalidades ligadas à sua capacidade de inovação tecnológica. Entre essas externalidades estão a forte regulamentação da indústria, os impactos ambientais das operações aeronáuticas, o grande transbordamento tecnológico, o impacto econômico positivo e a importância estratégica da indústria para as nações.

A dinâmica definida por essas externalidades levou à construção de uma indústria com características muito especiais, no que tange à inovação tecnológica. Em consequência,

³ Vide "Aviation – The Real World Wide Web", by Oxford Economics. Available at <http://www.oxfordeconomics.com/samples/airbus.pdf>

o processo de P&D na indústria aeronáutica acabou por adquirir um funcionamento distinto do observado na maioria das outras indústrias, mesmo nas de alta tecnologia. Na indústria aeronáutica, antes que as atividades de P&D competitivo (desenvolvimento de produto) sejam realizadas, é necessário desenvolver as tecnologias de maneira a assegurar um nível de maturidade adequado, minimizando os riscos dos projetos de produto. Isto implica em um ciclo de desenvolvimento tecnológico longo e dispendioso, em que é fundamental o envolvimento das empresas que vão industrializar a inovação tecnológica, especialmente por causa da forte influência do *learning by doing*.

Ressalte-se que os países que possuem vantagens comparativas nesta indústria, estabeleceram políticas de Estado dedicadas ao desenvolvimento das suas inovações tecnológicas. Essas indústrias são fortemente apoiadas pelos seus respectivos governos mediante políticas de incentivo fiscal e tecnológico, políticas protecionistas nas compras governamentais e suporte político de alto nível nas exportações. Vale destacar o suporte ao desenvolvimento tecnológico em vários campos do conhecimento, em geral associados aos investimentos dos setores de defesa e espacial, com foco em tecnologias pré-competitivas, próximas ao limite do conhecimento humano e de rápida dinâmica evolutiva. Acompanhar essa evolução a taxas elevadas e continuamente aceleradas exige esforços de interação permanente entre indústrias, centros de pesquisa e universidades, assim como investimentos crescentes em PD&I pelas indústrias.

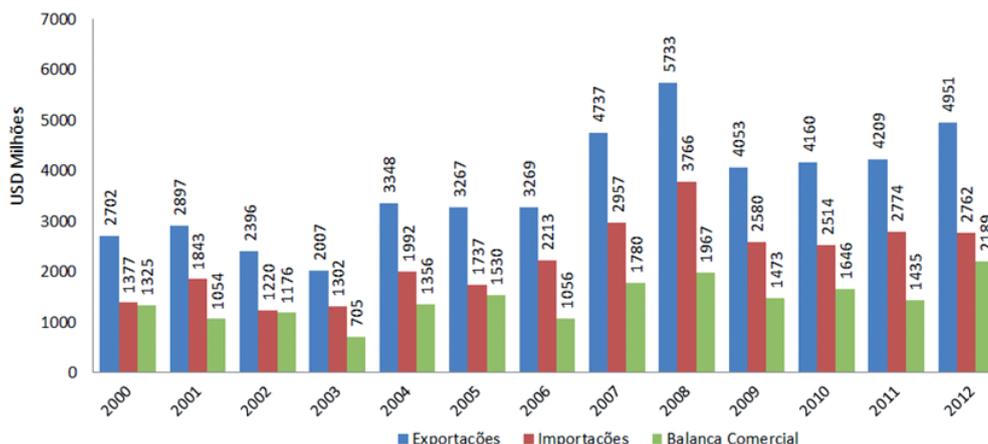
A importância de P&D e de iniciativas compartilhadas para o setor aeronáutico de alta tecnologia aplicada é, portanto, evidente. O Brasil precisa, portanto, aumentar seus esforços em PD&I no setor aeronáutico, em parcerias com universidades e centros tecnológicos, se quiser manter a competitividade de suas empresas e, em particular, da OEM nacional - Embraer, responsável por boa parte da cadeia produtiva aeronáutica brasileira.

De acordo com Cho (2000), a indústria aeronáutica produz produtos de alto valor agregado e se apoia em mão de obra altamente qualificada e treinada. Para a produção de aeronaves em países desenvolvidos há sempre uma ampla infraestrutura, visando ganhos de escala e massivos investimentos em tecnologias e mão de obra, o que nem sempre ocorre em países menos avançados econômica e tecnologicamente, como é o caso do Brasil.

Nesse cenário, o Plano Brasil Maior (PBM) elegeu a indústria aeronáutica como um dos setores prioritários, com capacidade de ampliar e criar novas competências tecnológicas e de negócios, fortalecendo a estrutura industrial brasileira. O PBM destaca em sua Diretriz 2 que “a liderança nos novos espaços competitivos depende, em grande medida, das competências tecnológicas e corporativas já acumuladas e das posições estratégicas ocupadas pelas grandes empresas brasileiras (nacionais e estrangeiras) como âncoras de cadeias produtivas nacionais com significativa presença em cadeias mundiais”.

O Brasil já possui uma vantagem comparativa de ter a Embraer como grande empresa âncora. É uma Original Equipment Manufacturer (OEM) que detém uma fatia de mercado superior a 40% no mercado dos jatos comerciais de 61 a 120 assentos e disputa a terceira posição na produção mundial de aeronaves comerciais para transporte de até 108 passageiros, atuando no mercado global da mesma forma que os principais *players* Boeing, Airbus e Bombardier, esta última concorrente direta da Embraer. É fato que um percentual elevado das vendas realizadas pela Embraer – raramente inferior a 90% – traz uma contribuição positiva para a balança comercial brasileira: a empresa tem sido responsável por 3% a 5% do total das exportações brasileiras nos últimos dez anos.

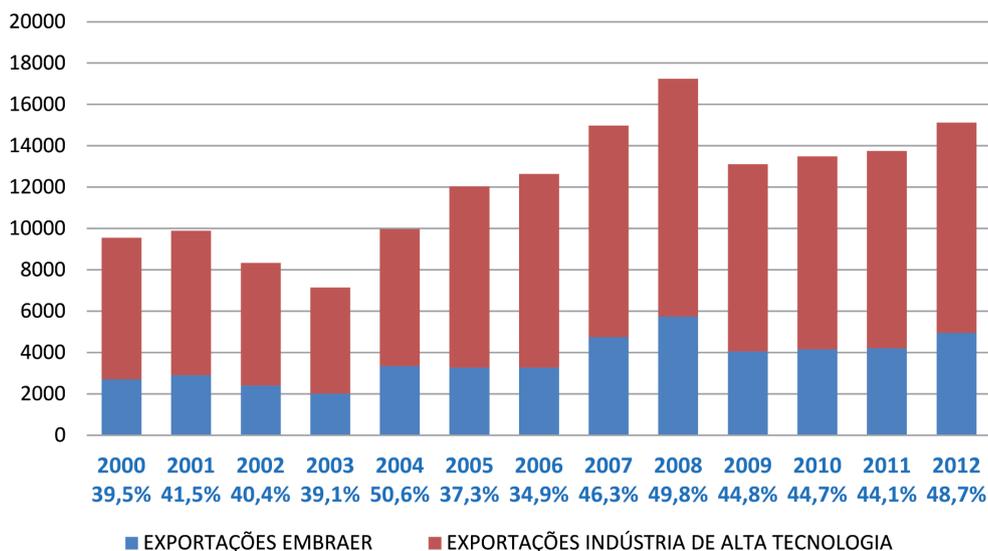
Figura 2 - Impacto da Embraer na balança comercial brasileira



Fonte: SECEX.

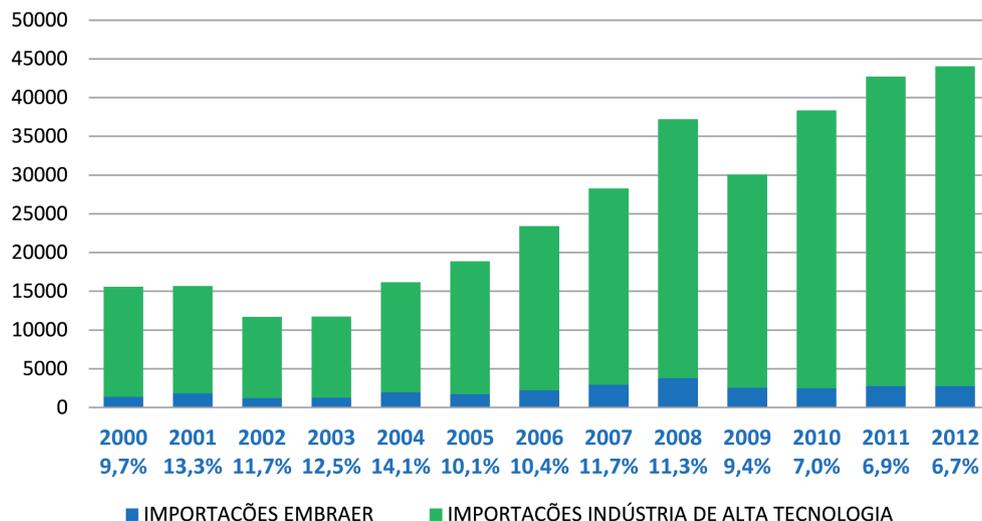
Quando se coloca na ótica do setor de manufaturados somente, tem-se uma visão mais apurada do impacto da empresa na balança comercial, conforme figuras 3 e 4 abaixo, nota-se que o impacto nas exportações é muito maior do que o das importações de alta intensidade tecnológica realizadas pela Embraer.

Figura 3 - Impacto da Embraer nas exportações de manufaturados de alta intensidade tecnológica



Fonte: SECEX.

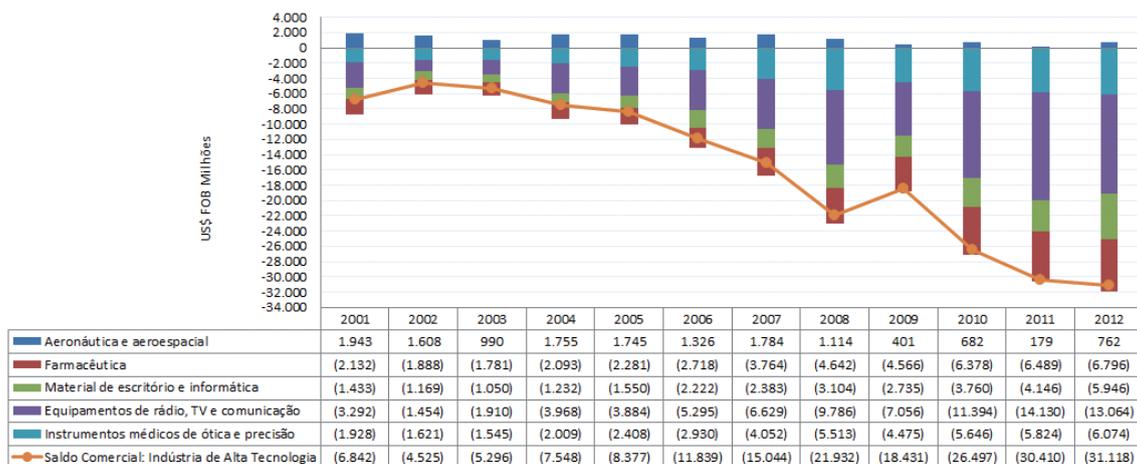
Figura 4 - Impacto da Embraer nas importações de manufaturados de alta intensidade tecnológica



Fonte: SECEX.

A Embraer é a principal responsável pela geração de emprego e renda num setor de alta tecnologia (4.500 engenheiros), que gera produtos de altíssimo valor agregado – setor esse que é sempre superavitário ao longo dos últimos dez anos, conforme o gráfico de geração líquida de divisas ilustrado na figura 5. Esse fato tem rebatimentos para além do que é exclusiva responsabilidade da própria Embraer, na medida em que sua rede de fornecedores e parceiros industriais tem de acompanhá-la *pari passu* na vanguarda da tecnologia aeronáutica. Hoje atuam como fornecedores de nível 2 (*second tier*) da cadeia aeronáutica brasileira cerca de 155 PMEs, dedicadas a fornecer seus produtos e serviços para a empresa-âncora – Embraer. No entanto, são empresas ainda com baixa capacidade de autofinanciamento e de média intensidade tecnológica.

Figura 5 - Impacto da Embraer na balança comercial brasileira



Fonte: SECEX.

2.2 DINÂMICA DA INOVAÇÃO E CONCORRÊNCIA

Na passagem do século XX para o XXI e desde então, o conceito de “inovação” tornou-se central para a análise e avaliação dos principais setores da economia de um país; das empresas que compõem esses setores; dos governos que os regulam, apoiam e fomentam; além da academia e, em alguns casos, até dos indivíduos com funções de comando e orientação nos mais diversos campos da atividade humana.

Segundo a *Aerospace Industries Association of Canada* (AIAC, 2009), a indústria aeronáutica é intensiva em inovação e desenvolvimento de tecnologias. Devido à competição global e aos vultosos investimentos públicos e privados em P&D no setor, a indústria aeronáutica necessita constantemente melhorar sua eficiência, reduzir os impactos ambientais e melhorar a confiabilidade e segurança de seus produtos, sob pena de ser ultrapassada por concorrentes mais fortemente empenhados em inovação. Nesse contexto, o desenvolvimento de novas tecnologias e novos processos é essencial.

Para poder se abordar o papel da inovação na indústria aeronáutica é preciso lembrar que o produto “aeronave” é o resultado da confluência de inúmeras tecnologias, por exemplo: dos materiais, da aerodinâmica, da propulsão, da eletrônica, de comunicações, da medicina aeronáutica etc. Por outro lado, quando essas tecnologias resultam em peças, componentes e sistemas que integram a aeronave, têm de demonstrar conformidade com estritos requisitos de certificação aeronáutica.

Se examinada ao longo de seu período de existência, da primeira década do século XX até os dias atuais, não resta dúvida que este é um setor onde a inovação é incessante, inclusive no seu estrato superior – a chamada inovação “de ruptura”. Partindo-se de aeronaves com capacidade para apenas um ocupante (o próprio piloto) e com velocidades de uma ou duas centenas de quilômetros por hora, chegou-se na atualidade a aeronaves que comportam até 800 ocupantes, viajando a quase mil quilômetros por hora. Isto sem se considerar o jato supersônico (2,2 mil km/h de velocidade) de passageiros Concorde, que por quase trinta anos (1976 a 2003) operou rotas de longo curso internacional. Na esfera militar, já se chegou a mais de três mil quilômetros por hora de velocidade de cruzeiro⁴. Nesse processo, houve inovações radicais de materiais, sistemas de propulsão, navegação e controle, que permitiram que a indústria do transporte aéreo fosse, de fato, o primeiro setor econômico com cobertura global sobre o planeta durante o século passado (atuando mesmo em regiões então desprovidas até de serviço de rádio).

Nos dias atuais, considera-se que a inovação em seus diversos graus é premissa básica para a manutenção da competitividade e, portanto, da sustentabilidade de qualquer setor. No caso da indústria aeronáutica, a inovação resulta necessariamente de pressões consideráveis e permanentes, oriundas de duas esferas distintas. Na esfera militar, há a necessidade de superar os avanços dos reais ou potenciais inimigos, sem falar na eventual concorrência entre os fabricantes do setor bélico de um mesmo país. Já na esfera civil, o mercado é constituído por todo o planeta; portanto, qualquer inovação introduzida, seja onde e por quem for, afetarà a todos os demais fabricantes instantaneamente. Como o setor de transporte aéreo é altamente competitivo (aviação civil), com margens líquidas reduzidas que, historicamente, oscilam em torno de zero, a

⁴ Caso da aeronave Lockheed SR-71 de reconhecimento e espionagem de grande altitude da Força Aérea dos EUA.

pressão para que as aeronaves apresentem melhores desempenhos operacionais⁵, com custos sempre menores, é forte e incessante sobre os fabricantes.

Neste setor, o chamado “ciclo do produto” de aeronaves civis para o transporte aéreo comercial, considerando-se o período que vai desde a concepção preliminar dessa aeronave, que virá a ser fabricada e terá sucesso no mercado, até a sua retirada de produção, podem decorrer de duas a três (ou mais) décadas. Porém, modificações e inovações tecnológicas são continuamente incorporadas ao longo desses ciclos. Isso afeta tanto as aeronaves novas, saindo da linha de produção, quanto as aeronaves já em operação, por meio de processos consagrados do setor denominados “modificações” ou *retrofit*⁶. Claramente, aqueles fabricantes que não foram capazes de se superar ou acertar o passo com o estado da arte da indústria (via “modificações” ou *retrofits*) ao longo do tempo entraram em colapso. Exemplos não faltam: Douglas (†1966), Fokker (†1996), McDonnell-Douglas (†1997), toda a parte civil da indústria aeronáutica britânica (†1990, com exceção da Divisão Airbus, a cargo da empresa BAE Systems), dentre outros menos conhecidos ou emblemáticos.

No caso da Embraer constata-se que nenhuma das suas aeronaves hoje em produção seriada estava em fabricação há dez anos. Isso se deve não só ao fato de que os “ciclos de produto” na aviação regional são mais curtos do que os da aviação de maior porte, como também pelo fato de que a Embraer se autoimpõe o papel de *quick follower* do mercado: embora não tenha a pretensão de se adiantar às tendências do mercado, ela as persegue com perspicácia e rapidamente modifica e/ou altera seu portfólio de produtos para assegurar a sua sustentabilidade. O reconhecimento dessa característica (que é universal do setor, como visto acima) é palpável no contexto brasileiro: a Embraer recebeu o Prêmio FINEP de Inovação em 2007 (categoria “Produto”, pelo jato Phenom 100) e 2011 (categoria “Grande Empresa”).

Portanto, na indústria aeronáutica a inovação desempenha um papel central. Porém, ao contrário do que indicaria o senso comum, há certas peculiaridades que afetam o setor de maneira mais fundamental, que podem ser sintetizadas da seguinte forma:

- ao contrário de diversos outros setores econômicos em que as próprias empresas tentam ser inovadoras a priori, de forma a conquistar novos consumidores e até mercados inteiros (ex: setor de TICs – tecnologias da informação e comunicação), na indústria aeronáutica é o próprio mercado que, com suas demandas incessantes, empurra a indústria a avançar. Na fase atual, dois direcionadores (drivers) são preponderantes: as demandas ambientais por aeronaves menos poluidoras (gases CO₂ e NO_x) e a demanda por uma substancial redução nos custos operacionais, notadamente os oriundos do consumo de combustível – reduções de 15 a 25% são buscadas por meio de nova tecnologia de motores, de materiais e de aerodinâmica; e

⁵ Desempenho operacional: basicamente a capacidade de transportar determinada carga paga (passageiros, carga, malas postais etc.) por determinada distância (alcance da aeronave), operando a partir do maior número de aeroportos possível.

⁶ Exemplos históricos de retrofit incluem reinstalação de motores mais avançados, sistemas de navegação e controle, materiais, abafadores de ruído do motor, estruturas, aerodinâmica das asas etc., tudo isso com as devidas certificações e recertificações necessárias.

- na indústria aeronáutica, os últimos 50 anos foram caracterizados por inovações essencialmente da modalidade “evolutiva” (e não de “ruptura”). Assim, o voo comercial supersônico não se consagrou (desapareceu junto com o Concorde), o comando das aeronaves – mesmo as esportivas e de lazer – continua a exigir pilotos altamente treinados, habilitados e saudáveis (o “carro voador” não se materializou) e a navegação aérea continua a exigir formação e treinamento altamente especializados. Em compensação, as aeronaves comerciais e executivas tornaram-se substancialmente mais econômicas e silenciosas, o nível de conforto ambiental a bordo aumentou (especialmente em voos de maior duração) e as aeronaves estão menos sujeitas aos efeitos do clima (neblina, chuva, neve etc.) nas operações de pouso ou decolagem.

Qualquer inovação significativa que venha a ser implantada na indústria aeronáutica necessita passar por longo e delicado – além de frequentemente caro – processo de certificação técnica, geralmente gerando novos requisitos técnicos específicos que terão de ser satisfeitos após testes e verificações em situações reais de operação. Tal quadro é, por exemplo, o que explica a lenta adoção de *tablets* em substituição aos pesados manuais e demais documentos que têm de ser levados a bordo de qualquer aeronave. Ou, no outro extremo, a atual proibição do uso de telefones celulares a bordo: ainda não há consenso entre as autoridades aeronáuticas certificadoras a respeito dos requisitos técnicos que deveriam ser impostos, validados e satisfeitos pelos fabricantes dos aparelhos de forma a se liberar seu uso cotidiano por parte dos passageiros.

Em face dos desafios que afetam a indústria aeronáutica como um todo, o setor tem ficado, de certa forma, um pouco aquém das expectativas do mercado. No início da década atual (virada de 2010 para 2011), havia uma clara expectativa para o segmento de jatos comerciais de 130 a 200 assentos (atualmente domínio das diversas versões do Boeing 737 e do Airbus A320): a de que ambos os fabricantes anunciassem o desenvolvimento da próxima geração de substitutos para esses “donos” do mercado, que entraria em serviço no mercado por volta de 2018-20. No entanto, o que ocorreu foi tanto uma decepção quanto uma prova de que o mercado necessita – e preza – seriamente a inovação.

A Airbus foi a primeira a desistir da nova geração de jatos. No final de 2010 anunciou o lançamento do A320neo (*new engine option*), que, como o próprio nome indica, trata-se da aeronave já em produção, porém com novas opções de motorização. Isto com o objetivo de propiciar uma redução no consumo de combustível de preciosos 12% a 15%. Os novos motores ofertados são da lavra da Pratt & Whitney (tecnologia GTF – *geared turbofan*) e do consórcio franco-americano, formado por General Electric e Turbomeca, denominado CFMI (tecnologia LeapX). Outras pequenas alterações e melhorias – notadamente na aerodinâmica da aeronave – complementaram o “pacote” do “neo”.

A reação do mercado foi surpreendente: nos oito primeiros meses de 2011, a Airbus contabilizou mais de mil pedidos firmes e opções de compra para as versões oferecidas da “família” de aeronaves nucleadas pelo A320neo, com início das entregas previsto para 2015-16. Durante esses mesmos oito meses, a Boeing tentou induzir uma parte significativa do mercado a esperar por uma aeronave inteiramente nova para substituir o B737, que poderia entrar no mercado por volta de 2020. Porém, em face da avalanche de pedidos para o “neo”, não teve outra opção a não ser lançar o B737MAX para poder continuar a concorrer diretamente com a Airbus. Embora o MAX ofereça apenas a

opção do motor da CFMI (tecnologia LeapX), as vendas anunciadas desde então para ele indicam uma recuperação paulatina de mercado para a Boeing.

Com isso, a nova geração de jatos comerciais para 130 a 200 assentos ficou adiada, segundo as melhores estimativas de mercado, para 2025. Note-se que esse é o segmento central da indústria aeronáutica mundial, responsável por mais de dois terços das entregas de novas aeronaves a cada ano. Não por outro motivo que China e Rússia lançaram nos últimos dois anos projetos nacionais de aeronaves para disputar exatamente esse segmento, respectivamente o C919 e o MS-21.

Dessa forma, a indústria aeronáutica deverá prosseguir, por um bom tempo, com aeronaves na configuração atual, ou seja, de tubo (a fuselagem) montado em cima da asa. Mas isso não quer dizer que a inovação parou, muito pelo contrário. Avanços em materiais, sistemas e aerodinâmica são avidamente demandados e pesquisados.

No entanto, as peculiaridades do produto são desafiadoras. Por exemplo, o avanço significativo conseguido pela Boeing ao fabricar, pela primeira vez na história, uma fuselagem inteira apenas com materiais compostos para o jato comercial intercontinental B787 (com 220 a 290 assentos) não deverá ser replicado integralmente na nova geração dos jatos de 130 a 200 assentos. Isso porque a razão custo/benefício favorável obtida no avião maior – tais como a economia de peso e a eliminação da corrosão e da fadiga do material – não se reproduz da mesma forma nas aeronaves menores. Mesmo no caso do concorrente direto do B787, o Airbus A350XWB, cujas primeiras entregas estão previstas para 2014, a opção foi no sentido de se combinar um aumento significativo no uso de materiais compostos (em relação à geração anterior de jatos Airbus) com novas ligas de materiais metálicos. A Airbus confia que, assim, proporcionará a seus clientes as mesmas vantagens do B787, porém sem as incertezas tecnológicas⁷ que, aparentemente, ainda acompanhariam as estruturas feitas exclusivamente à base de fibras de carbono, ainda que o jato 787 possa vir a se tornar um avião dominante.

Portanto, na indústria aeronáutica é de extrema relevância que cada fabricante possa, com segurança, transparência e rastreabilidade, percorrer a rota tecnológica mais adequada para seus produtos. Assim, a inovação apresentada por um fabricante certamente o colocará numa dianteira em relação aos demais; porém o que seus concorrentes fazem para recuperar o terreno, frequentemente, se dá por rotas tecnológicas inovadoras alternativas, que requerem investimentos tão pesados quanto os feitos pelo fabricante pioneiro naquela inovação original.

Dessa forma, uma das principais barreiras de entrada à fabricação em grande escala de aeronaves comerciais a jato é o chamado “ciclo do produto” aeronave. O jato ERJ-145 da Embraer com 50 assentos, por exemplo, teve um ciclo de aproximadamente 18 anos. O Airbus A320, com 150-180 assentos, foi entregue ao mercado originalmente em 1988, tendo sido desde então aperfeiçoado e atualizado de forma a fazer concorrência intensa com o Boeing 737, que teve duas “gerações” durante esse período (denominadas atualmente de Classic e NG – Next Generation). Assim, o ciclo é caracterizado nas empresas pelas fases de concepção, projeto, construção e comercialização – no estado da arte então existente – da nova aeronave. Essa comercialização passará então por:

...uma fase de crescimento nas vendas, seguida de estabilização e, por fim, de declínio. A sustentabilidade da empresa no longo prazo só

7 A principal dessas incertezas refere-se às condições em que ocorreria a chamada “delaminação” do material composto, algo que, como ocorre em qualquer inovação “de ruptura”, só será pacificado após longa e comprovada experiência operacional.

se verifica se, antes mesmo que determinado tipo de aeronave tenha atingido seu ápice de vendas, as áreas de inteligência de mercado e engenharia da empresa já estiverem envolvidas na concepção do novo tipo de aeronave no estado da arte. Um novo tipo de aeronave demanda, normalmente, entre dois e quatro anos para ser projetado, construído, certificado e começar a ser entregue ao mercado. Versões de aeronaves já existentes, mas que tenham sido aprimoradas, alongadas (com mais assentos), encurtadas (com menos assentos), ou que ofereçam mais alcance, demandam um time-to-market que raramente excede dois anos. Assim, para o mercado de aeronaves civis, o sucesso ao longo do tempo e dos ciclos econômicos de um fabricante aeronáutico depende, em larga medida, do manejo dos ciclos de seus produtos e do gerenciamento dos investimentos a eles associados. Já para o mercado militar, tem-se um quadro com mais estabilidade e previsibilidade, na medida em que o fabricante responde às solicitações de projeto, construção, certificação e fabricação em série de novas aeronaves com o respaldo orçamentário e financeiro do governo demandante. Vai daí que boa parte dos fabricantes de aeronaves hoje existentes dedica-se exclusivamente ao mercado militar, casos da Lockheed-Martin, BAE Systems e Northrop-Grumman, ou procura ter uma atuação adequadamente balanceada nos dois mercados, como a Boeing e a Airbus, esta última em conjunto com sua holding EADS⁸. (Gomes B. Varela)

Acrescente-se que esses longos ciclos de produto são deflagrados pelos investimentos requeridos para a nova aeronave, que podem ir de algumas centenas de milhões de dólares (caso dos jatos Phenom 100 e 300 da Embraer⁹), alcançar valores de 1 bilhão de dólares (caso da “família” do E-Jets Embraer 170/190¹⁰) ou até cifras astronômicas como 12 a 18 bilhões de dólares (caso do Airbus A380¹¹). No entanto, a recuperação desses valores se dará ao longo do ciclo das aeronaves no mercado, sendo que o ponto de equilíbrio (*break-even point*) é estimado ocorrer usualmente após a venda das primeiras 250 ou 300 aeronaves, o que pode demandar 5, 10 ou mesmo 15 anos, como foi o caso do Boeing 747.

Portanto, somente investidores comprometidos com elevados montantes de investimentos a risco, e para os quais o retorno em médio e longo prazo será esperado, poderão participar desse jogo. Dessa forma, não é assim surpreendente o atual grau de concentração setorial já mencionado e o fato de que as barreiras à entrada sejam cada vez mais significativas. Isso se torna ainda mais evidente quando se constata os valores girados a cada ano pelos principais fabricantes aeronáuticos.

⁸ Gomes, Sergio B. Varela – *A Indústria Aeronáutica no Brasil: Evolução Recente e Perspectivas*, in *BNDES 60 Anos Perspectivas Setoriais*, 1ª edição, Vol. 1, BNDES, outubro de 2012.

⁹ Vide *Demonstrações Financeiras da Embraer 2005, 2006, 2007 e 2008*.

¹⁰ Vide *Demonstrações Financeiras da Embraer 2000 – 2005*.

¹¹ Vide Newhouse, J. – *Boeing versus Airbus*, tradução de Ana Maria Mandim, Novo Século Editora Ltda., 2008.

Tabela 1 - Valores gerados anualmente pelos principais fabricantes aeronáuticos

Fabricante	Receita Operacional (US\$ bi)	Investimento em P&D (US\$ bi)	EBIT (US\$ mi)	Empregados
Airbus Commercial	38,46	3,24	562	124.770
Boeing Commercial Airplanes (BCA)	34,02	3,69	1.973	163.100
Bombardier Aerospace	8,92	0,14	510	67.730
Embraer	4,68	0,18	361	17.089

Fonte: demonstrativos financeiros das empresas, média dos últimos três anos, com base em seus balanços.

Observações:

1. A BCA integra o Grupo Boeing, a Airbus, a EADS, e a Bombardier Aerospace, o Grupo Bombardier.
2. Nos dois primeiros casos acima, Airbus e Boeing, o faturamento da empresa aeronáutica representa aproximadamente 50% do grupo. Já no caso da Bombardier Aerospace, apenas 45% do grupo.
3. A Embraer não integra um grupo maior. Seus jatos comerciais representam 64% do faturamento consolidado da empresa; aeronaves comerciais + executivas = 84% desse faturamento.
4. A receita operacional, o investimento em P&D e o EBIT referem-se apenas a aeronaves comerciais e executivas de cada empresa. Já a informação sobre empregos refere-se ao total do grupo/empresa.
5. Na Embraer, a proporção da receita com aeronaves comerciais em relação às executivas é de 2/3 para 1/3; na Bombardier Aerospace é o inverso.

Pela tabela acima, constata-se que a Airbus e a Boeing gastam em torno de 10% da receita em P&D em portfólio de jatos comerciais, ao passo que a Embraer despende pouco menos de 4%. Porém, os portfólios de aeronaves em produção e desenvolvimento na Airbus e na Boeing são muito maiores do que no caso da Embraer. No primeiro caso tem-se a “família” A320 (A319/320/321) em produção - *narrowbodies* - e a “família” de *widebodies* (A330/340/380), estando em desenvolvimento o A350XWB e A400; no segundo caso tem-se a “família” do Boeing 737 (-700/-800/-900) - *narrowbodies* - e os *widebodies* (B767/777), tendo sido recentemente completados os desenvolvimentos

do B787 e do 747-8. Já a Embraer tem apenas a família do E-Jets em produção, finalizou o desenvolvimento dos Phenoms e está avançada com o desenvolvimento dos Legacy 450 e 500 - jatos executivos. A diferença de escala de valores monetários e de planta industrial entre Airbus/Boeing e Embraer fica assim evidente, e a conclusão inevitável é que se 4% de P&D anuais “geram” uma Embraer lucrativa, 10% de P&D anuais não parecem suficientes para “sustentar” uma Airbus/Boeing.

Não é assim difícil constatar que, dada à extensa gama de aeronaves que integram os portfólios de produção de Boeing e Airbus, fontes externas de financiamento, especialmente para P&D e inovação (e até mesmo para a certificação aeronáutica e a comercialização inicial), precisam ser buscadas, uma vez que o negócio de fabricação de aeronaves comerciais não é de retorno rápido, apesar de lucrativo. Esse “dinheiro invisível”, com origem em fontes governamentais é que beneficia tanto a Airbus quanto a Boeing.

Vale destacar que a dinâmica da inovação nesse setor se dá pela contínua introdução de inovações, o que possibilitou um grande aprimoramento das aeronaves a jato, fabricadas não apenas pela Boeing, mas, também, pelas suas concorrentes. Nas últimas décadas foram produzidos aviões bem maiores, como o Boeing 747 e o Airbus A-380, e também foram incorporadas as tecnologias digitais trazidas pelo Airbus A-320. Porém todas essas inovações podem ser consideradas incrementais, pois os parâmetros estabelecidos pelo projeto do Boeing 707 ainda continuam vigentes.

A mais nova aeronave comercial da Boeing, o modelo 787 Dreamliner, foi apresentada ao público em julho de 2007 e entrou em operação em outubro de 2011. O Boeing 787 — que tende a ser o novo projeto dominante da aviação comercial — é um jato bimotor, de longo alcance, com capacidade para transportar entre 240 e 290 passageiros, em duas versões. Apesar de não atingir velocidade mais elevada que os aviões comerciais atualmente em uso, esse novo projeto apresenta um conjunto de inovações radicais que rompem com os conceitos básicos estabelecidos pelo Boeing 707.

Destaque-se que o Boeing 777, que entrou em produção nos anos 90, utiliza em torno de 12% de materiais compostos e 50% de alumínio no peso de sua estrutura. Já o Boeing 787 utiliza apenas 20% de alumínio e 50% de materiais compostos, o que representa aproximadamente 35 toneladas de compósitos por avião.

Tal fato aponta que a inovação introduzida pelos novos materiais tem um caráter disruptivo e abrangente, visto que foi capaz de encadear inovações complementares. Neste sentido, a utilização de materiais compostos modifica não apenas o processo de fabricação da nova aeronave, como também o seu projeto, desempenho e conforto.

Assim, a criação do Boeing 787 faz parte de uma estratégia de longo prazo da Boeing — Projeto Yellowstone — que visa substituir todos os seus modelos de aeronaves comerciais por novos e sofisticados aviões que incorporem os principais avanços tecnológicos, particularmente a utilização dos materiais compostos na fabricação de componentes estruturais. Além do modelo 787, que derivou do projeto Boeing Y2, ainda existem outros dois projetos: o Boeing Y1, avião de 100 a 200 assentos e que visa substituir o modelo 737; e o Boeing Y3, para mais de 300 passageiros, na categoria do Boeing 777.

Conclui-se, portanto, que o setor de fabricação de aeronaves não prescinde, em nenhum país, de apoio governamental para inovação. Com a crescente complexidade tecnológica e o conseqüente aumento nos investimentos requeridos para P&D e inovação no setor aeronáutico, tem-se não só a tendência da concentração industrial

no setor mundo afora, como também o fato de que não surgiu, nas últimas décadas, nenhum novo fabricante de grande porte.

2.3 NOVOS ENTRANTES E DESAFIOS FUTUROS

Apesar do quadro delineado acima, diversos novos interessados de peso na fabricação seriada de aeronaves comerciais a jato têm surgido nos últimos cinco anos, segundo estudo do BNDES publicado recentemente¹².

De acordo com Varella, G.B (2013) quando se analisa o conjunto da indústria aeronáutica mundial, a tendência contemporânea mais evidente é de que países – e não corporações ou investidores privados – tracem políticas públicas com vistas a dominar o ciclo completo da indústria e da tecnologia aeronáuticas. E isso na sua vertente mais desafiadora na atualidade: a de concepção, projeto, certificação, produção e apoio pós-venda de aeronaves civis para o (competitivo) mercado global. China, Rússia e Japão corporificam essa tendência, com o ímpeto de, aparentemente, levá-la até as suas últimas consequências, na medida em que massivos apoios governamentais propulsionam as respectivas iniciativas nacionais, independentemente de que a tarefa esteja a cargo de empresas exclusivamente estatais (China), privadas e estatais (Rússia) ou exclusivamente privadas (Japão). A partir de meados da década passada, os governos desses países teriam concluído que faltava incluir o setor aeronáutico civil em seus projetos nacionais e trataram de deflagrar os processos financeiros, industriais e tecnológicos para suprir essa falha. O resultado são os desenvolvimentos ora em curso, em variados estágios de germinação, para a produção de novas aeronaves comerciais, conforme tabela a seguir.

¹² Gomes, Sergio B. Varella – *A Indústria Aeronáutica no Brasil: Evolução Recente e Perspectivas*, in *BNDES 60 Anos Perspectivas Setoriais*, 1ª edição, Vol. 1, BNDES, outubro de 2012.

Tabela 2 - Novas aeronaves sendo desenvolvidas como parte de projetos nacionais

PAÍS	AERONAVE	CARACTERÍSTICAS	COMPETE COM A EMBRAER?	OBSERVAÇÕES
China	ARJ-21	JATO REGIONAL DE 90 LUGARES	Sim, com o modelo E-175	<ul style="list-style-type: none"> • Construído protótipo • Sem prazo para entrar no mercado
	C-919	JATO PARA 150 ATÉ 180 LUGARES	Não	<ul style="list-style-type: none"> • Em fase de projeto • Sem prazo para entrar no mercado • Já tem 165 pedidos na China
Rússia	SSJ-100	JATO REGIONAL DE 75 ATÉ 100 LUGARES	Sim, com os modelos E-170, E-175 e E-190	<ul style="list-style-type: none"> • Primeiras entregas realizadas em 2011 • Consórcio Ítalo-Russo
	MS-22	JATO PARA 150 ATÉ 210 LUGARES	Não	<ul style="list-style-type: none"> • Em fase de projeto • Sem prazo para entrar no mercado • Conta com mais de 200 pedidos na Rússia
Japão	MRJ-70 E MRJ-91	JATO REGIONAL DE 70 ATÉ 90 LUGARES	Sim, com os modelos E-170 e E-175	<ul style="list-style-type: none"> • Primeiro voo realizado em 2012 • Entregas já iniciadas em 2013 • Conta com mais de 120 pedidos de diversos países
	HONDAJET	JATO EXECUTIVO DE 5 LUGARES	Sim, com os modelos Phenom 100 e Phenom 300	<ul style="list-style-type: none"> • Em fase de testes • Primeiras entregas realizadas em 2012

Fonte: elaboração própria, com base em dados dos websites dos fabricantes.

Pela tabela 2 acima, vale destacar que os projetos chineses ARJ-21 e Comac C-919 são bancados em 100% pelo Estado chinês. Eles integram o Plano Quinquenal (2011-2015) com outros seis setores prioritários dessa nação.

Além disso, à lista de países acima, poder-se-ia acrescentar o México, se não fosse por uma diferença fundamental: a política nacional mexicana não inclui, por enquanto, a construção de um novo modelo de aeronave. Nos últimos oito anos, foram atraídos os mais diversos fabricantes estrangeiros para o país, de forma que o México é hoje um dos mais importantes fornecedores de partes, peças e subconjuntos completos de aeronaves para as principais cadeias produtivas aeronáuticas do mundo. Tal atração se deu na forma de incentivos fiscais, creditícios, de infraestrutura e de formação de recursos humanos especializados bancados pelo governo. Com isso, o México logrou trazer para seu território um setor de alta tecnologia, que gera empregos de alto valor agregado, é essencialmente exportador e que já teria atingido a marca de 4 bilhões de dólares (2009) a favor da balança comercial do país (Sobie, 2011). São mais de 200 empresas, com mais de 27 mil empregados, que incluem grandes nomes do setor, como Bombardier, Cessna, Goodrich e Safran. A comparação com o caso brasileiro realça contrastes e nuances: o México teria um setor industrial aeronáutico de peso integrado às cadeias produtivas globais, enquanto o Brasil possui um dos quatro maiores fabricantes sem ter uma cadeia produtiva expressiva. Os dois países têm quase o mesmo número de pessoas empregadas no setor, com valores exportados semelhantes a partir de 2009 (Gomes B. Varela).

Nesse cenário, o Estudo Prospectivo do setor aeronáutico realizado pela ABDI em 2009¹³ analisou os desafios da indústria aeronáutica brasileira, numa visão de futuro de 2008 a 2023, com uma formulação síntese de ampliar a participação da nossa OEM no mercado mundial de aeronaves, com simultânea dinamização, atualização tecnológica e uma maior inserção internacional da cadeia produtiva do Brasil.

A tabela abaixo apresenta o resumo dos desafios e ineficiências e/ou dificuldades relativos a cada área, apontados pelo estudo e que permanecem atuais.

Tabela 3 – Desafios do setor aeronáutico brasileiro

Área de interesse	Dificuldades/Desafios
Infraestrutura de P&D	<ul style="list-style-type: none"> Parque tecnológico desatualizado Cortes de orçamento de pesquisa por parte do governo
Ambiente institucional	<ul style="list-style-type: none"> Falta de um projeto para as empresas brasileiras ou para instituições que gerem externalidades dinâmicas para o setor aeronáutico Setor pouco nacionalizado e pouco integrado ao sistema industrial e de serviços Ausência de política de capacitação ou fortalecimento da cadeia produtiva brasileira
Desafio das integradoras	<ul style="list-style-type: none"> Pressões por parte dos compradores para redução de custos Grande parte dos investimentos das OEMs voltados para sistemas embarcados e propulsão
Arranjos globais	<ul style="list-style-type: none"> Há a necessidade de ações de cooperação de P&D internacionais Desenvolvimento de uma cadeia local com fornecedores de nível 1 locais Oportunidades sem precedentes para cooperação com empresas da cadeia aeronáutica global
Convergência de interesses	<ul style="list-style-type: none"> Necessidade de maior competência na administração da complexidade, ambiguidade, risco, propriedade compartilhada, infraestrutura de comunicação adequada, que ajude a conectar as inteligências espalhadas por todo o mundo
Roadmap aeronáutico	<ul style="list-style-type: none"> Necessidade de que sejam estabelecidos quadros de desenvolvimento tecnológico para o setor, tendo como base uma visão de futuro que seja compartilhada por toda a cadeia aeronáutica nacional

Fonte: ABDI (2009). Adaptação dos autores.

O mapeamento dos desafios atuais para o setor aeronáutico brasileiro torna clara a necessidade e urgência de medidas para o desenvolvimento de iniciativas que aprimorem o desempenho da cadeia aeronáutica brasileira, aumentando a competitividade do setor e melhorando a posição do Brasil perante os seus concorrentes no mercado aeronáutico global.

Por outro lado, é razoável supor que, ausentes iniciativas nesse sentido, a perspectiva de deterioração da competitividade do setor aeronáutico brasileiro é muito real,

¹³ Estudo Prospectivo Aeronáutico. 2009 - Série Cadernos da Indústria ABDI – Volume XIV, ABDI.

podendo ocorrer em menos de uma década, haja vista a possibilidade de entrada de novos concorrentes e as exigências tecnológicas que se impõem no cenário mundial.

O mesmo Estudo Prospectivo já apontava que a “família 190 incorporava todo o saldo de tecnologias de seu almoxarifado”, indicando uma necessidade futura de acesso a novas tecnologias pré-competitivas para os produtos da próxima geração de aeronaves. O estudo alertava também sobre os desafios relativos ao meio ambiente, expressos nas metas de redução de emissões de gases e de ruídos, e às pressões de custo dos combustíveis exigindo maior eficiência energética, além das questões relativas ao avião mais elétrico, mais inteligente e mais autônomo, que resultam numa nova geração de aeronave. Essas características são hoje mandatórias, tanto em consequência de padrões estabelecidos por órgãos de controle ambiental e homologadores, como de agendas e metas de desenvolvimentos tecnológicos dos programas Clean Sky-CS, da Comunidade Europeia, e Greener Aircraft Catalyst Project, do Canadá.

Assim, num esforço inicial para manter sua posição competitiva de curto prazo, a Embraer, com recursos próprios e de financiamento reembolsável, iniciou o processo de remotorização de aeronaves, com turbinas mais econômicas, menos poluentes e menos ruidosas (família E-Jet E2). Aliás, começou depois da Bombardier, sua principal concorrente, já estar comercializando novos produtos remotorizados.

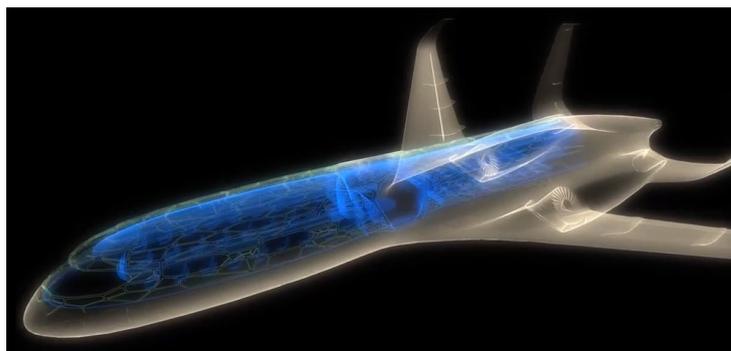
Além da remotorização de curto prazo para a empresa líder brasileira, impõe-se agora o esforço de desenvolvimento de sua futura geração de aviões. Isso se apresenta como um grave problema, uma vez que a manutenção e a ampliação da competitividade do setor aeronáutico brasileiro, particularmente o da Embraer, dependerão do desenvolvimento e do domínio de conhecimentos de tecnologias que serão empregadas na próxima geração de aeronaves, que dominarão o setor pelas próximas décadas, a partir de 2022, e que demandam um esforço tecnológico mais amplo de P&D pré-competitivo.

Nesse cenário seguem os regulamentos para diminuição de ruído, de emissões e consumo, que estão levando ao desenvolvimento de estruturas mais leves (materiais compostos), de asas maiores (alongadas e de perfil aerodinâmico inovador), nova configuração aerodinâmica geral, substituição de acionadores pneumáticos e hidráulicos por atuadores (motores) elétricos. Ainda, há o processo de mudança estrutural no sistema de navegação e controle do tráfego aéreo. Se hoje o controle do tráfego aéreo e da navegação das aeronaves é centrado em solo, no futuro próximo deverá ser feito via satélite e sistemas de posicionamento tipo GPS. Tal mudança visará a diminuição de tempo de voo e a economia de combustível, promovendo uma grande mudança nos aviônicos (eletrônica embarcada das aeronaves).

Tais perspectivas colocam grandes desafios de desenvolvimentos tecnológicos. As tecnologias precisam ser vistas de forma integrada, ou seja, enquanto sistemas. Por exemplo, não basta desenvolver estruturas leves sem que estejam associadas a um novo desenho aerodinâmico e a instrumentação e atuação nas asas.

A figura 6 abaixo apresenta um avião diferente que integra na asa e nas conexões as questões de novos materiais, otimização conjunta de estrutura e aerodinâmica, instrumentação e desenho aerodinâmico geral da aeronave. Difundido pela Airbus, que o desenvolve com base nos subsídios do programa Clean Sky, visa simultaneamente tanto associar à marca Airbus a ideia de inovação e alta tecnologia quanto construir a versão de futuro do avião que seja mais próxima de suas apostas, reduzindo incertezas.

**Figura 6 - Esquema do “avião verde”
difundido pela Airbus**



Fonte: Techlider.

Destaque-se que, em outros setores industriais, poder-se-ia pensar em estratégias seguidoras, que apresentam menor risco. Ou seja, esperar o desenvolvimento por um ou mais líderes e então copiar e/ou licenciar a tecnologia. Mas, pelo menos dois sérios obstáculos limitam sobremaneira a adoção de tal estratégia. Em primeiro lugar, as empresas detentoras das tecnologias e sistemas não têm interesse em comercializá-las, pois parte significativa de sua vantagem competitiva está no domínio dos novos sistemas, não havendo lógica econômica em compartilhá-los. Em segundo lugar, a defasagem (*gap*) de tempo seria muito alta, uma vez que desenvolvimentos para o setor aeronáutico levam tempo (5 a 10 anos), precisam ser testados internamente à empresa e homologados em testes por órgãos reguladores dos diversos países: um atraso do produto pode ser fatal, se um concorrente próximo lançar primeiro uma nova plataforma de aviões¹⁴.

As empresas aeronáuticas que não dominarem particularmente a tecnologia de asa alongada provavelmente estarão fora do mercado nas próximas gerações de produto. A plataforma demonstradora tecnológica conhecida como avião verde (asa alongada)¹⁵ é a principal busca das pesquisas aeronáuticas atuais. Se a Embraer não dominar as tecnologias, os sistemas e o projeto de produto associados ao “avião verde”, deverá ter grandes dificuldades com as futuras gerações de jatos médios, seu atual carro chefe, com grandes impactos em sua competitividade e sobrevivência.

Entretanto, no Brasil, devido a uma série de motivos, entre os quais os sistemas financeiro e tributário do país e a pouca maturidade das políticas de inovação e desenvolvimento produtivo, o investimento em inovação ainda é relativamente baixo. Em um setor como o aeronáutico, em que um único produto custa dezenas de milhões de dólares e os esforços de pesquisa e de produção são enormes, o fator financiamento torna-se crítico. Segundo Oliveira (2004), o custo de financiamento para empresas aeronáuticas brasileiras é cerca de 9% mais caro do que para as empresas Airbus e Boeing. No

¹⁴ De certa forma, o sucesso da Embraer em jatos médios deve-se ao fato de ela ter desenvolvido com muita rapidez novas plataformas (145, 179 e 190), enquanto a Bombardier, então sua principal concorrente, possuía plataforma mais pesada e de menor desempenho.

¹⁵ Avião “verde” (asa alongada), que envolve sistemas complexos de asa alongada com novos materiais desenvolvidos conjuntamente com modelagem aerodinâmica e instrumentação (combinação até então inexistente - hoje cada “parte” é desenvolvida isoladamente, sem otimização conjunta), visa redução significativa de consumo, emissões (CO_x, NO_x) e ruído. Vide item 6.1.1

segmento de jatos regionais, em que a Embraer tem tido maior sucesso, dominando atualmente o mercado mundial, há no momento uma série de novos entrantes que irão aumentar a competição no segmento: a japonesa Mitsubishi com o jato regional MRJ, a chinesa COMAC com o ARJ21 e a russa Sukhoi com o Superjet 100, além de novos desenvolvimentos das empresas já estabelecidas.

Soma-se a esse cenário, o fato de o Brasil ainda não ter tradição em fomentar fortemente o P&D mais em empresas líderes. O instrumento de subvenção é relativamente novo na conjuntura jurídica brasileira, foi criada Lei de Inovação apenas em 2004. Os editais não alcançaram, até o momento, um volume de recursos significativos e assemelhados aos dos países com empresas que disputam a hegemonia no segmento aeronáutico.

2.4 O PROCESSO INOVADOR NO SETOR AERONÁUTICO

Em função das peculiaridades que qualquer processo inovador adquire quando voltado às demandas de mercado, a indústria aeronáutica adotou uma padronização – de aceitação praticamente universal – para lidar com tais desenvolvimentos. Trata-se da escala denominada Technology Readiness Level (TRL), ou “nível de maturidade tecnológica” numa tradução livre. O Technology Readiness Level é um sistema de medição e uma métrica sistemática empregada na avaliação da maturidade de uma tecnologia particular, assim como na comparação da maturidade de diferentes tipos de tecnologias, ou seja, trata-se de um avaliador do nível de maturidade de uma tecnologia.

Segundo Whelan (2008), o modelo TRL é uma linguagem comum para discutir e quantificar a maturidade de uma tecnologia, ou ainda, um *framework* para avaliar tecnologias que gerem grande potencial de riscos quando de sua inclusão em um programa novo ou já existente. Whelan (2008) também afirma que o modelo TRL por si só, não é um programa de gestão de desenvolvimento ou sistema de *tracking*. Além disso, o TRL não é uma especificação de produtos, sendo no setor aeronáutico aplicável em diversos subníveis (desde um componente até o sistema como um todo).

Desenvolvida originalmente em meados da década de 1970, no contexto do programa espacial dos EUA, essa metodologia foi adotada sucessivamente pela NASA, pela Força Aérea americana e por outras agências governamentais americanas, assim como por diversos outros países e pela indústria aeronáutica em geral em todo o mundo. Ela estabelece de forma clara e ordenada as nove fases que uma nova ideia, conceito ou achado científico deve percorrer até poder se integrar a um produto ou sistema já existente, ou, se for o caso, tornar-se um produto inteiramente novo e inédito. De forma bastante resumida, essas nove fases são esquematizadas na tabela seguir.

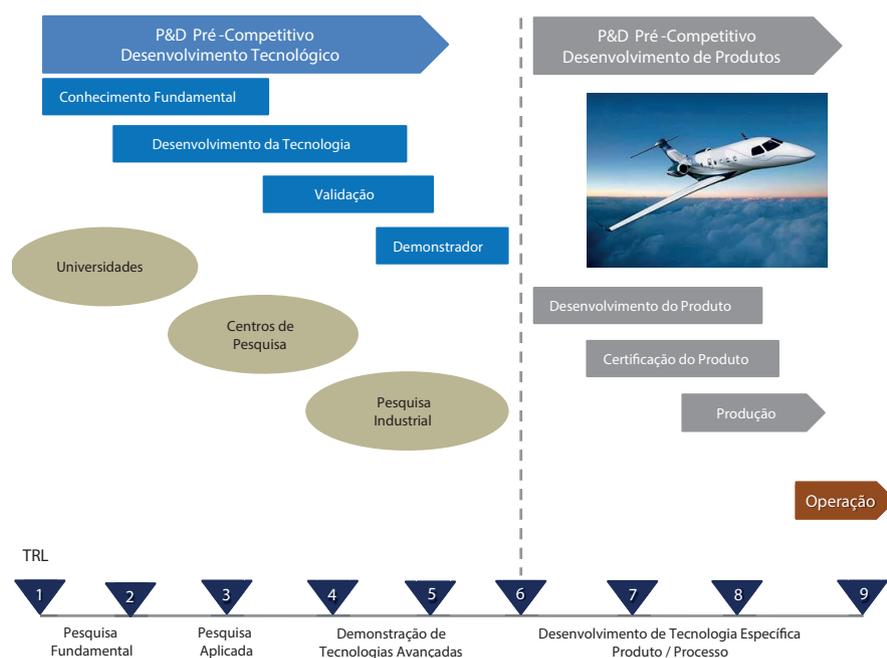
Tabela 4 - Níveis de maturidade tecnológica (TRL)

TRL 1	Princípios Básicos Observados e Reportados
TRL 2	Conceito e/ou Aplicação Tecnológica Identificada ou Formulada
TRL 3	Função Crítica Analítica e Experimental e/ou Prova de Conceito Característica
TRL 4	Componente e/ou Protótipo Rústico Validado em Ambiente de Laboratório
TRL 5	Componente e/ou Protótipo Rústico Validado em Ambiente Relevante
TRL 6	Modelo de Sistema / Subsistema ou Protótipo Demonstrado em Ambiente Relevante
TRL 7	Protótipo de Sistema Demonstrado em Ambiente Operacional
TRL 8	Sistema Real Completado e Qualificado através de Testes e Demonstrações
TRL 9	Sistema Real Provado com Sucesso de Operação em Missão

Fonte: Embraer¹⁶ apud NASA.

Trazendo-se a escala TRL para o contexto da indústria aeronáutica e incluindo-se uma escala de tempo, com base na experiência acumulada, tem-se o quadro apresentado na figura 7 abaixo.

Figura 7 - Níveis de maturidade tecnológica na Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação



Fonte: Embraer⁵

Conforme essa formulação, que orienta a indústria aeronáutica em todo o mundo, a inovação é o resultado da evolução de uma ideia, conceito ou achado científico que evoluiu pelo menos até o TRL 6. A partir daí, a própria indústria pode completar esse desenvolvimento, resultando em novo produto, parte, peça ou integrante de sistema.

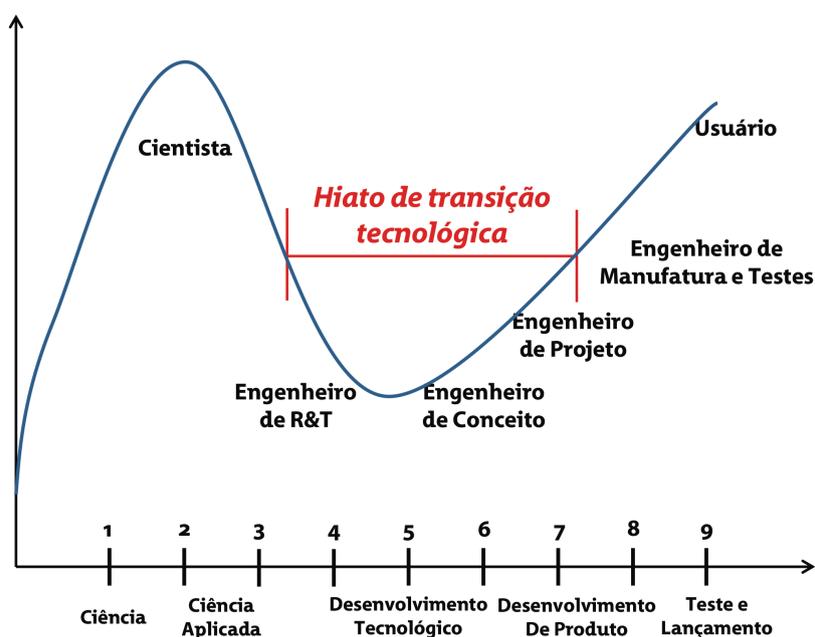
¹⁶ Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação na Indústria Aeronáutica, Embraer, 28 de junho de 2012.

Nesse contexto, é importante lembrar que uma moderna aeronave comercial ou executiva é considerada, do ponto de vista tecnológico, como um “sistema complexo”, isto é, em que há “sistemas de alto nível” gerenciando outros sistemas até se chegar ao nível do componente, parte ou peça individual. Apenas como exemplo, essas áreas de desenvolvimento estão distribuídas em sistemas de propulsão, eletrônico, hidráulico, combustíveis, navegação, energia, monitoramento de voo, elétrico, trem de pouso, estrutura de fuselagem, estrutura de asas e componentes, entre outros. Isso mostra a diversificação e a dificuldade de tratar a pesquisa e desenvolvimento no setor.

Qualquer inovação no setor aeronáutico terá que percorrer a trajetória do TRL 1 até o TRL 9 para levar o seu “impacto” ao mercado, ou seja, para que resulte em diferencial competitivo para o fabricante e benefício para seus clientes. Tentativas para acelerar esse processo evolutivo, ou mesmo ignorá-lo, frequentemente fracassam por falta de consistência na integração com os “sistemas” já constituídos em determinada aeronave ou, com frequência ainda maior, são barradas pelo enorme filtro representado pelo processo de certificação do produto.

Além do mais, de um ponto de vista mais amplo, a trajetória que vai do TRL 1 até o TRL 9 apresenta ainda pelo menos um percalço fundamental: a dificuldade de financiamento consistente e perene que possa vencer os desafios de “risco versus incerteza” ao longo desse percurso. Se não houvesse tal percalço, uma futura e possível “inovação” na indústria aeronáutica poderia seguir um processo de desenvolvimento mais homogêneo, previsível e mapeado, tal qual um mero projeto de produto, parte, peça ou componente aeronáutico. Tal percalço é sintetizado na figura a seguir.

Figura 8 - Atratividade dos níveis de maturidade tecnológica



Fonte: Balaguer, Denis L. & Matsuo, Emílio K. Políticas Públicas de Fomento à P&D Pré-competitiva na Indústria Aeronáutica Brasileira: Proposta de uma Abordagem Integrada de Desenvolvimento do “Cluster” Através da Inovação Tecnológica, anais da 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (4ª CNCTI), CGEE, Brasília, 26 a 28 de maio de 2010, apud Boeing Phantom Works.

Assim, comparando-se a figura acima com a anterior percebe-se que é justamente na transição dos TRLs 4-5 para o TRL 6 que a maioria dos “embriões” de inovação na indústria aeronáutica morrerá, devido à ausência de mecanismos específicos de fomento. A experiência prática demonstra, assim, que os milhares, dezenas de milhares ou até algumas centenas de milhares de dólares requeridos no intervalo de TRL 1 a TRL 3 são de provisão relativamente usuais no âmbito da academia em geral e das ICTs (Instituições de Ciência e Tecnologia) em particular. Na outra ponta, os milhões, dezenas de milhões e até algumas centenas de milhões de dólares requeridos na faixa de TRL 7 a TRL 9 são de provisão factível no âmbito da indústria e de seus financiadores. Não é por outro motivo que o “vale” na faixa de TRL 4 a TRL 6, denominado de “hiato de transição tecnológica” na figura acima, é conhecido no setor como “vale da morte”. Tal “vale” é, portanto, o foco de boa parte das políticas públicas dos países com longa tradição de indústria aeronáutica bem sucedida.

Considerando a dinâmica do setor, os resultados precisam ser alcançados no menor período de tempo possível. Do processo que vai da pesquisa e desenvolvimento inicial até a transformação dos conhecimentos e tecnologias em produtos e processos de aplicação industrial e comercial, deve-se empregar o menor tempo e recursos financeiros possíveis, uma vez que seguramente outros concorrentes estarão tomando parte na mesma corrida tecnológica e a empresa que primeiro colocar seu produto ou processo no mercado terá uma vantagem competitiva significativa sobre as demais, podendo inclusive inviabilizar ou tornar inúteis os esforços de inovação de seus concorrentes.

Segundo Cho (2000), a indústria aeronáutica é tecnologicamente bastante avançada e emprega tecnologias que geram grandes consequências para outros setores industriais de um país. Ainda segundo o autor, países desenvolvidos utilizam sua cadeia aeronáutica como motor de crescimento econômico e de tecnologias avançadas. Ou seja, o desenvolvimento de tecnologias no setor aeronáutico tende a gerar efeitos de *spill over*, afetando positivamente não apenas empresas do setor, mas, também, o desempenho econômico geral do país e seus níveis de inovação e intensidade tecnológica.

Por essa razão, os principais países atuantes no setor aeronáutico com vantagens comparativas nesta indústria possuem programas e políticas de Estado dedicadas ao desenvolvimento de inovações tecnológicas - conhecidos como projetos de plataformas demonstradoras tecnológicas em que o governo, a academia e a indústria se juntam para definir o apoio a essa fase PD&I, com foco em tecnologias pré-competitivas, próximas ao limite do conhecimento humano e de rápida dinâmica evolutiva.

São exemplos desse tipo de estrutura de investimento em inovação:

- Nos Estados Unidos da América – Next Generation Air Transportation System (NextGen) – plataforma tecnológica que agrega o governo, academia e as principais empresas do setor aeronáutico, e tem como foco pesquisas sobre o impacto ambiental do setor, a segurança em voo, a infraestrutura aeronáutica, o avião elétrico e o voo eficiente, entre outros. A participação do governo no suporte financeiro desse programa deverá atingir um bilhão de dólares/ano até 2016, tendo em vista que o orçamento do NextGen como um todo gira em torno de 19 bilhões até 2024.
- Na União Europeia – Clean Sky 1 e 2 – programas de plataformas demonstradoras integradoras, com foco no desenvolvimento

das próximas gerações de aviões e helicópteros. A gestão é coordenada por órgãos governamentais e conta com a participação da academia e empresas do setor aeronáutico. O orçamento do programa Clean Sky 1 supera 1,5 bilhão de euros e do Clean Sky 2, em torno de 4,05 bilhões de euros. São exemplos de plataformas tecnológicas os projetos: Asa Inteligente, Turbina Verde e Design Ecológico.

Podemos citar ainda os programas de plataformas tecnológicas do Canadá, Reino Unido, França ou mesmo os já clássicos *Framework Programmes for Research and Technological Development* da União Europeia (já na sua 8ª edição, com orçamento estimado em 80 bilhões de euros). Podemos também citar os projetos de PD&I da NASA (aeronáutica civil) e da DARPA (aeronáutica militar), de execução própria ou contratados junto à indústria nos EUA e os projetos elencados e bancados pelo MITI – Ministry of International Trade & Industry japonês etc.

Conclui-se que a inovação na indústria aeronáutica não é obra do acaso. As perenes demandas do mercado geram respostas da indústria, que é financiada tanto por fontes privadas em geral, como substancialmente públicas, especialmente no que tange a PD&I. Além disso, boa parte da inovação na indústria tem origem em atividades da academia e ICTs, que evoluem ao longo de diversos níveis de TRL até serem incorporadas pela indústria. Não é um processo linear ou sereno, porém é claramente orquestrado pela indústria, governo e academia, de forma que a inovação não seja mera obra do acaso ou fique sob a égide do livre mercado, como na maior parte dos demais setores da economia.

3. APOIO PÚBLICO PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMAS DE PLATAFORMAS DEMONSTRADORAS TECNOLÓGICAS NO SETOR AERONÁUTICO

O capítulo anterior apontou que a característica fundamental no setor aeronáutico é a forte participação dos estados nacionais no apoio às suas OEMs. As empresas norte-americanas e europeias são fortemente defendidas pelos respectivos estados nacionais, seja por meio da proteção direta do mercado para empresas nacionais¹⁷, pela compra de produtos de defesa - que dá escala às operações com produtos civis¹⁸, seja via subvenção direta às atividades de pesquisa, desenvolvimento e engenharia. Os subsídios diretos às empresas aeronáuticas nos EUA e na União Europeia atingem somas vultosas. Há uma miríade de programas que subsidiam atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), de engenharia de produto, de produção e de distribuição. Tomando-se apenas o subsídio direto a pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), tem-se¹⁹:

A União Europeia promove o projeto Clean Sky 1, que envolve 1,6 bilhão de euros entre 2008 e 2017, dos quais 800 milhões de euros em subvenção direta (não reembolsável - cerca de 80 milhões de euros/ano em média) a empresas previamente escolhidas (sem edital²⁰) do segmento aeronáutico, particularmente o conglomerado da Airbus. Em 2014, está previsto o início do Clean Sky 2, com orçamento previsto de 4,05 bilhões de euros até 2024.

Há projetos complementares em diversos países europeus: Corac (França, 50 milhões de euros/ano, 50% de subvenção para projetos aeronáuticos franceses²¹); NATS (Reino

17 Vide o caso da concorrência da Força Aérea Norte-Americana (USAF) vencida pela Embraer, que inicialmente não pôde fornecer Super Tucanos devido aos reclames da Beechcraft, empresa norte-americana que perdeu a disputa, o que implicou numa nova licitação e atraso em mais de um ano no processo. A Beechcraft, concordatária, recebeu enorme apoio de congressistas e autoridades diversas dos EUA. O assunto ganhou manchetes dos principais jornais brasileiros. Foi realizada nova licitação, e a Embraer a ganhou novamente. Espera-se que desta vez a encomenda se concretize.

18 Por exemplo, a Boeing realiza boa parte de seu faturamento com produtos militares - é o caso, entre outros, do F5, um dos cotados pela FAB para reposição de seus supersônicos antigos (Mirage).

19 Os diversos programas de plataformas aeronáuticas na União Europeia e em alguns países-membros (França, Reino Unido), no Canadá e nos Estados Unidos estão detalhados em relatório anterior do presente projeto.

20 As empresas líderes são cofundadoras do programa, conforme o Programa Quadro 7 da União Europeia, pois o cofinanciam (em 50%, que podem ser em recursos não financeiros - homens-hora, horas-máquina etc.)

21 Envolve empresas como Airbus, Thales e outras.

Unido, 131 milhões); projetos via Fraunhofer (Alemanha) que podem subsidiar parte substantiva das atividades de engenharia de projeto²²; NextGen (EUA, orçamento de 42 bilhões de dólares até 2025, 3,2 bilhões de dólares/ano em média). O programa é voltado para novos sistemas de navegação, o que envolve mudança na aviônica (instrumentação do avião) e no sistema de controle extraaeroneve.

Como base para o presente trabalho, realizou-se um estudo detalhado sobre as experiências internacionais de plataformas demonstradoras tecnológicas em andamento nos países com cadeia aeronáutica desenvolvida. A tabela 5 abaixo apresenta a lista de iniciativas dessa pesquisa.

Tabela 5 - Lista de potenciais participantes do Benchmarking em Programas de Plataformas

País / Região	Nome da Iniciativa
Estados Unidos	NextGen (Next Generation Air Transportation System)
União Europeia	Clean Sky
Canadá	FMP (Future Major Platforms)
Inglaterra	NATS (National Aerospace Technology Strategy)
Canadá	CRIAQ (Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec)
França	CORAC (Conseil pour la Recherche Aéronautique Civile)

Fonte: elaboração própria.

Os programas de plataformas demonstradoras tecnológicas se consolidaram no exterior como um poderoso instrumento de apoio direto ao desenvolvimento tecnológico das empresas do setor. Esse tipo de fomento abarca aspecto importantíssimo do desenvolvimento aeronáutico, quer seja o conjunto de atividades que integra tecnologias em fase avançada de desenvolvimento, mas que necessitam de atividades de engenharia para sua integração num sistema lógico e exigem muitos testes, o mais próximo possível de situações reais, para a verificação de confiabilidade. Por exemplo, um perfil de asa mais alongada visando redução de consumo de combustível e de ruído, construída em material composto, integrando acionamentos elétricos e instrumentação eletrônica, envolve a integração de conhecimentos e tecnologias de materiais, aerodinâmica, aeroelasticidade e outros.

O demonstrador tecnológico surge como a melhor e única alternativa diante das incertezas da pouca experiência acumulada – poucos dados – sobre o comportamento desses sistemas de materiais, formas e instrumentação ao longo do tempo (um avião pode voar por 30 anos), sobre a deformação nas partes móveis, agora maiores, sobre os parâmetros de manutenção, entre outras questões. Idealmente, tais sistemas podem ser utilizados como uma plataforma, da qual podem ser gerados produtos diferentes – no exemplo da asa aqui evocado, em asas e perfis para diferentes tipos de avião.

Os corolários do delineamento acima são: longo tempo de maturação, alto custo, incertezas e riscos. E, somado a seu caráter mais tecnológico do que científico, mais de engenharia experimental do que de bancada, as PDTs não se encaixam nos programas de fomento tradicional.

²² O montante do subsídio depende do porte da empresa, podendo em alguns casos superar 50%. Não está sendo tratado aqui P&D pré-competitivo, mas projeto executivo de engenharia.

Os valores envolvidos em PDTs no exterior são expressivos. Os dados do Clean Sky e do Greener Aircraft Catalyst Project - Aéro Montréal, que beneficiam diretamente Airbus e Bombardier, são bons exemplos:

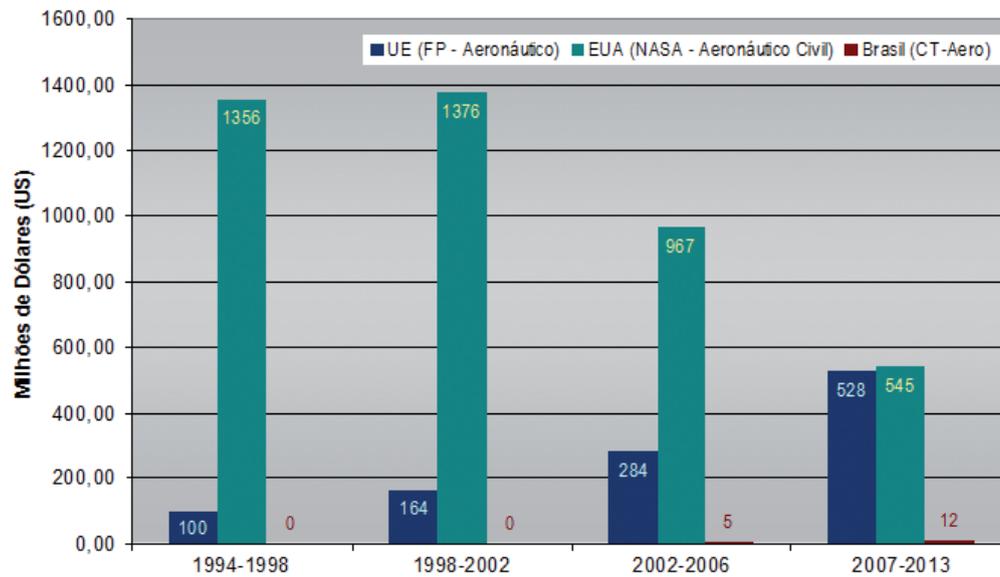
- Clean Sky 1 (União Europeia): 1,6 bilhão de euros (50% - 800 milhões de euros subsidiados pela União Europeia), prazo de 10 anos.
- Clean Sky 2 (União Europeia): 4,05 bilhões de euros (50% - 800 milhões de euros subsidiados pela União Europeia), prazo de 10 anos.
- Greener Aircraft Catalyst Project - Aéro Montréal (Canadá): 150 milhões de dólares, dos quais 47% são subsídio público, em 4 anos.

Os programas atualmente em curso tendem a levar a uma profunda mudança nas tecnologias e nos sistemas aeronáuticos. O avião tende a mudar de configuração (asas maiores, motores fora das asas etc.), de materiais (de ligas de alumínio para mix de ligas e compostos), de tipo de acionamento (que tende a ser exclusivamente elétrico, com a eliminação dos acionamentos hidráulicos e pneumáticos), de tipo de instrumentação de voo e de controle de voo (satelital, ao invés de por terra). Todos esses desenvolvimentos estão sendo feitos com bases em fortes programas públicos, como Clean Sky, NextGen (EUA), NATS (Reino Unido) e outros.

A mudança eminente no produto avião, os programas que apoiam as empresas direta ou potencialmente concorrentes da Embraer e novos entrantes no mercado de jatos médios (empresas da China, Japão, Rússia, já confirmadas) configuram uma acirrada competição. A Embraer deverá estar atualizada. Estar atualizada implica em dominar sistemas do chamado avião verde (asa alongada) (ver item 6.1.1) num prazo compatível com o avanço da concorrência. De particular importância é o desenvolvimento da “asa alongada”, um conhecimento que não está à venda e será decisivo.

O gráfico abaixo apresenta a vertente fundamental do fomento à P&D pré-competitiva, quer seja minimizar os riscos tecnológicos e aumentar a atratividade dos investimentos privados em novas tecnologias, que serão base da competitividade futura. Note-se que os investimentos do Brasil na P&D pré-competitiva são perto do inexistente, se comparado a países da Europa e EUA.

**Figura 9 - Investimento em P&D pré-competitivo
- Aeronáutica Civil: Europa x EUA x Brasil**



Fonte: elaboração própria.

Pelo conjunto de argumentos acima, a concretização de programa de plataformas demonstradoras tecnológicas é de extrema relevância para a indústria aeronáutica brasileira, razão pela qual apresentaremos a seguir as experiências internacionais e acumuladas em PDTs, como forma de subsidiar a construção de um modelo brasileiro de programa de plataformas.

4. DEFINIÇÃO DE PLATAFORMA DEMONSTRADORA TECNOLÓGICA (PDT)

Nesta seção serão apresentados os conceitos fundamentais para o entendimento do conceito de uma plataforma demonstradora tecnológica.

4.1 PLATAFORMA TECNOLÓGICA

Segundo Nasiriyar (2010), uma plataforma tecnológica é um grupo de tecnologias com três características fundamentais:

- relacionadas entre si;
- comuns a diversos tipos de negócios e famílias de produtos;
- inovadoras, e podem gerar vantagem competitiva.

Além disso, para explorar a competência tecnológica com a plataforma, a empresa ou setor deve ter:

- experiência prévia e conhecimento acumulado nessas tecnologias;
- capacidade de realizar modificações no seu desenvolvimento através da análise e reconfiguração das tecnologias desenvolvidas (capacidades dinâmicas);
- capacidade de se renovar e reinventar tecnologias para agregar ao desenvolvimento de novos mercados e mudanças tecnológicas.

Nasiriyar (2010) sugere ainda a seguinte definição de plataforma tecnológica:

“Plataforma tecnológica é um conjunto de competências tecnológicas chave distintas, que são compartilhadas em diversas famílias de produtos e aplicações. É o resultado do conhecimento e da experiência acumulados por uma empresa na procura de novos conhecimentos e pelo abandono do conhecimento obsoleto de modo a manter a vantagem competitiva da empresa. As plataformas tecnológicas são

reconfiguradas e reutilizadas em diferentes produtos e negócios-chave (core products and business) e devem ser renovadas de modo a responder às mudanças de mercado (competitivas e de ambiente)”.

Importante diferenciar os conceitos de plataforma de produto e plataforma tecnológica, em seus respectivos objetivos estratégicos e níveis de análise. Enquanto a plataforma de produto visa desenvolver elementos físicos para uma determinada família de produtos, a plataforma tecnológica visa desenvolver competências tecnológicas para a sua utilização em diversos mercados ou produtos, de modo a gerar vantagens competitivas. Assim, apesar de próximos, o foco deste texto e das políticas públicas relacionadas está em plataforma tecnológica, e não em plataforma de produto.

O termo “plataforma” é polissêmico e seu uso evoca diferentes quadros de referência interpretativos. Há as plataformas de produto (como a plataforma do Boeing 737, do Embraer 190 etc.). As plataformas tecnológicas já envolvem uma tecnologia circunscrita e seus desdobramentos, como o *fly by wire*, a plataforma de entretenimento para passageiros (vídeos, música, informações, telefone, televisão, acesso a conteúdo de computadores, *tablets* ou *smartphones* pessoais etc.), a plataforma de fixadores para perfumes. Dentre as plataformas tecnológicas há também as reativas, que visam desenvolver tecnologias para inserção na cadeia de fornecimento dos montadores de plataformas de produtos já lançadas²³. E há ainda as plataformas demonstradoras tecnológicas, foco do presente estudo, que envolvem sistemas integrados e teste de tecnologias complexas, que podem ser aplicadas em diversas plataformas de produto.

Do ponto de vista do fomento, as plataformas demonstradoras tecnológicas vão além da fase de P&D laboratorial ou de bancada: são apoiadas também as fases de testes e de demonstração da viabilidade dos desenvolvimentos, em situação o mais próxima do real (em voo, se for o caso).

²³ Como é o caso da canadense FMP.

Tabela 6 – Categorização das plataformas e seus programas

União Europeia	Clean Sky 1	Plataformas Demonstradoras Tecnológicas “puras”
	Clean Sky 2	Plataformas Demonstradoras Tecnológicas “puras”
Canadá	Aéro Montréal-Greener Aircraft	Plataformas Demonstradoras Tecnológicas “puras”
	CRIAQ	Formação de mão de obra e apoio à relação universidade-empresa
	Aéro Montréal-Greener Aircraft	Plataformas Demonstradoras Tecnológicas “puras”
	Future Major Platform	Adensamento da cadeia de suprimento
	Aerospace Technology Demonstration Program	Programas mistos: PDTs, tráfego aéreo e outros
Reino Unido	NATS	Programas mistos: PDTs, tráfego aéreo e outros
Estados Unidos	NextGen	Programas mistos: PDTs, tráfego aéreo e outros
França	Corac	Plataformas Demonstradoras Tecnológicas “puras”

Fonte: elaboração dos autores.

4.2 DEMONSTRADOR TECNOLÓGICO

O conceito de demonstrador tecnológico está intrinsecamente relacionado com a experimentação de novas tecnologias e a verificação de sua eficácia e eficiência. Segundo CGLIMS (2010), um demonstrador tecnológico pode ser definido como um modelo de trabalho (físico, eletrônico, digital, analítico etc.) ou um sistema relacionado a um processo, que pode ser utilizado tanto em laboratório, testado, simulado, como em um ambiente controlado ou em ambiente real, dependendo do objetivo de seu uso. Além disso, um demonstrador tecnológico não deve se limitar a artefatos materiais, podendo ser aplicado em processos de negócios.

Ainda segundo CGLIMS (2010), existem dois tipos de demonstradores tecnológicos:

- tipo 1 – usados como parte de um programa de análise/seleção com a finalidade de avaliar a tecnologia ou processo em relação ao seu grau de maturidade, necessidades de refinamentos (inclusive de concepção de operações), ou produção de dados para auxílio na análise de alternativas;
- tipo 2 – usados como parte de um programa de refinamento ou verificação de requisitos e/ou design. Normalmente são conduzidos em laboratório (ambientes não operacionais) ou por

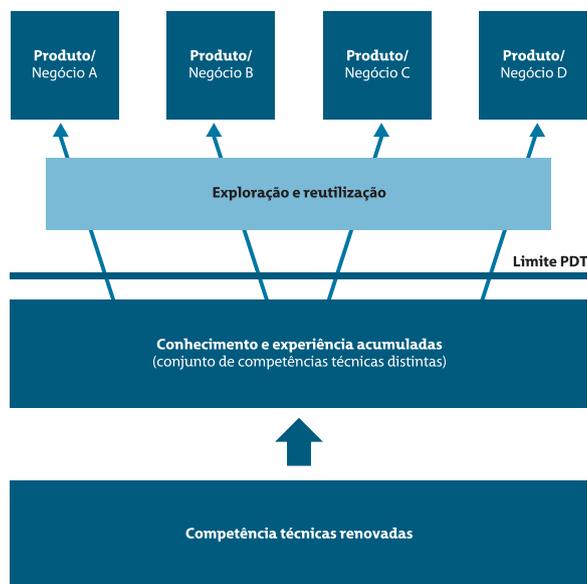
meio de simulações. No entanto, estes podem ser conduzidos em ambiente operacional controlado para a obtenção de feedback de usuários da operação.

4.3 PLATAFORMA DEMONSTRADORA TECNOLÓGICA (PDT)

Para a definição de Plataforma Demonstradora Tecnológica (PDT), será considerado aqui os conceitos de níveis maturidade tecnológica (TRL), plataforma tecnológica e demonstrador tecnológico.

Uma plataforma demonstradora tecnológica consiste em um programa de longo prazo de desenvolvimento de competências técnicas e de capacitações tecnológicas, visando gerar respostas rápidas às mudanças de mercado e/ou cenários e o acúmulo de conhecimento e vantagem competitiva, porém tendo seu limite de ação na demonstração tecnológica (TRL 6 ou 7). Nasiriyar (2010) apresenta as principais características de um *framework* para as plataformas demonstradoras tecnológicas. A principal característica de uma PDT consiste em possuir a flexibilidade necessária para redesenho e reconfiguração, uma vez que, sem isso, corre-se o risco de focar em tecnologias obsoletas. Além disso, deve-se destacar a necessidade de sempre se focar nas competências-chave, tecnológicas ou não. Isso faz com que uma empresa tente ganhar vantagens competitivas utilizando as qualidades que a diferenciam das demais. Ou seja, trata-se de um programa de desenvolvimento de pesquisa pré-competitiva voltado para a obtenção de vantagens competitivas futuras, por meio do desenvolvimento de tecnologias relacionadas (plataforma) até o estágio de demonstração, em ambiente próximo da aplicação real. A PDT tem seu limite na fase de P&D pré-competitivo, antes da implantação final nos produtos a serem comercializados.

Figura 10 – Framework de plataforma demonstradora tecnológica



Fonte: Nasiriyar (2010).

Uma PDT tem um prazo de execução longo, uma vez que trata tecnologias com alto grau de complexidade e associadas ao horizonte dos projetos das grandes OEMs. Assim, considerando o horizonte de uma PDT, a visão de longo prazo e a sua formulação estratégica, tanto no nível nacional quanto empresarial, são fatores fundamentais, já que quanto maior o horizonte de planejamento, maiores as incertezas relacionadas e associadas.

As principais vantagens do modelo de PDT são a integração de tecnologias em sistemas complexos e a capacidade de avançar os limites da atuação pública, para além do modelo tradicional. Como veremos nas experiências dos programas no exterior, caso do paradigmático Clean Sky, da União Europeia, uma plataforma demonstradora tecnológica implica o desenvolvimento de sistemas complexos, integrando tecnologias existentes ou em desenvolvimento desde o início do projeto. Em síntese, a plataforma pode ser multitecnológica; as fases de desenvolvimento e demonstração envolvem empresa ou pool (consórcio) de empresas; seu resultado deve ser rapidamente apropriado pelas empresas integrantes do consórcio e empregado aos produtos inovadores.

A literatura considera que a empresa participante de uma plataforma tem mais chances de expandir sua atuação para outros mercados. Ou seja, uma PDT pode auxiliar na entrada de novos *players* em cadeias produtivas. Logo, o modelo de PDT pode ser utilizado para o adensamento de cadeias produtivas, mudança de patamar tecnológico de produtos complexos ou mesmo para a criação ou entrada em novos segmentos, ramos ou mercados estratégicos, tanto para empresas como para países que queiram tornar suas cadeias produtivas mais competitivas, num cenário de economia globalizada.

Outra vantagem das PDTs é a potencial aplicabilidade do modelo de governança para investimentos estatais (governamentais) em ramos de atuação críticos, uma vez que neste modelo é possível melhor direcionar recursos para pesquisas de temática complexa, com multiagentes, e rápida transferência para a indústria.

Por outro lado, dada sua natureza e sua ambição, um programa como este pode demandar significativos recursos financeiros, mormente para desenvolvimentos de sistemas complexos como no setor aeronáutico. Por exemplo, o Canadá faz um esforço de coordenação e integração dos seus diferentes programas para o desenvolvimento das novas gerações de tecnologias, que totalizam um orçamento em torno de 1,53 bilhão de dólares canadenses (Greener Aircraft Catalyst Project, FMP, CRIAQ, ATDP, CNRC, entre outros). Já na União Europeia existem plataformas como o Clean Sky 1, que consome 1,6 bilhão de euros, e o Clean Sky 2, que está previsto consumir 4,05 bilhões de euros. A aplicação de um grande volume de recursos requer uma governança e mecanismos de gestão robustos. Nos casos de PDTs muito grandes, corre-se o risco de gastar muito em mecanismos e burocracia de gestão e comprometer o funcionamento e os potenciais benefícios gerados pela plataforma.

Finalmente, pode-se verificar que uma PDT requer a participação de muitos atores com atuação heterogênea na plataforma. Tais atores podem ser instituições governamentais, acadêmicas ou industriais, o que pode levar a uma falta de equilíbrio na gestão e na transferência de conhecimento entre eles, caso o sistema de governança e as regras não estejam claras ou que, adicionalmente, não seja feito um acordo específico entre as partes. Ou seja, as plataformas demonstradoras tecnológicas podem conter plataformas tecnológicas *strictu sensu* e servir a diversas plataformas de produto, tendo o enorme mérito de articular agentes públicos e privados numa visão comum de construção de futuro em uma mesma direção.

4.4 PROGRAMAS DE PLATAFORMAS DEMONSTRADAS NO EXTERIOR

Esta seção apresenta uma análise crítica comparada do esquema de governança de programas de plataformas no exterior. No final do capítulo são discutidas as principais conclusões do *benchmarking* internacional consideradas relevantes para serem aplicadas a um modelo brasileiro.

Os esquemas de governança serão apresentados por área geográfica, ou melhor, por unidade política. Inicialmente será abordado o caso do programa Clean Sky da União Europeia, que pode ser considerado o principal modelo inspirador de plataformas demonstradoras tecnológicas, seguido pelos programas da França e Reino Unido, pois estão envoltos num mesmo sistema de apoio, numa mesma lógica empresarial. Depois, será discutido o programa NextGen dos Estados Unidos, terminando com os programas canadenses, entre eles o Aéro Montréal - Greener Aircraft Catalyst Project, programa de plataforma demonstradora tecnológica liderado pela Bombardier.

Os programas de plataforma demonstradora tecnológica aeronáutica são complementares a outros programas de incentivo ao desenvolvimento tecnológico, à inovação e ao investimento no setor, e vice-versa. Por exemplo, o Clean Sky associa-se ao Corac (França), às linhas da Agência Nacional de Pesquisa (ANR), ao Conselho Nacional da Pesquisa Científica (CNRS), da OSEO - sistema de apoio à micro e pequena empresa -, aos incentivos fiscais para inovação e aos programas mistos de desenvolvimento territorial-local e tecnológico, como os Polos de Competitividade de Toulouse - grande centro aeronáutico.

4.5 PAÍSES E SEUS PROGRAMAS DE PLATAFORMAS

4.5.1 UNIÃO EUROPEIA - CLEAN SKY

O Clean Sky pode ser considerado o programa típico de plataformas demonstradoras tecnológicas aeronáuticas, aquele a mirarmos para inspirações e mesmo para um *catch up* de ações de fomento. É um programa de longo alcance concernente aos principais sistemas de próximas gerações de aviões de passageiros, que abrange também helicópteros e motores.

O Clean Sky se insere na trajetória institucional da União Europeia como desdobramento de seus programas-quadro ou Framework Programs (FP), mais especificamente o FP6 e o FP7. O FP6 estabelece programas de pesquisa integrados ao desenvolvimento de sistemas (ao invés de tecnologias isoladas) e o FP7 possibilita o lançamento de programas conjuntos entre a União Europeia e a iniciativa privada.

Para compreensão do esquema de governança do Clean Sky é preciso recuperar um pouco da trajetória europeia. Vários países europeus têm tradição na criação de comissões de trabalho temporárias, compostas por personalidades reconhecidas na sociedade no tema em questão e respeitadas pelos atores pertinentes ao tema. As comissões são instituídas pelo Estado, embora independentes dele, fazem análise de uma dada situação e propõem alternativas de solução. São elaborados relatórios conhecidos por “livros brancos”, considerados referenciais para ações futuras. Como

exemplo, podemos citar as comissões que deram origem à política de “Polos de Competitividade” na França (*Pôles de Competitivité* – www.competitivite.gouv.fr), que envolvem o polo aeronáutico em Toulouse, capital aeronáutica francesa, o polo de software e sistemas complexos, sediado ao sul de Paris, onde estão as grandes empresas de sistemas e aviônica aeronáutica, entre outros.

Em 2001 foi criada pela Comissão Europeia, mais especificamente pelo Comissário Europeu de Pesquisa, uma comissão de trabalho reunindo executivos da indústria, autoridades e instituições de ciência e tecnologia, cujo objetivo era a elaboração de um relatório para a criação de uma visão da indústria aeronáutica em 2020, envolvendo os aspectos de tecnologia e mercado. Essa comissão de trabalho foi fomentada pela Comissão Europeia, mas era independente dela. A comissão de trabalho propôs a criação de um Conselho Consultivo para a União Europeia com o objetivo de desenvolver a agenda estratégica de pesquisa (SRA - Strategic Research Agenda). Assumindo tal recomendação, a União Europeia criou o ACARE - Advisory Council for Aeronautics Research in Europe, conselho consultivo que atua de forma independente, e por mandato da União Europeia .

A primeira versão da agenda estratégica do ACARE foi lançada em 2002. Uma nova versão foi lançada em 2004, propondo metas e tecnologias para aviões mais eficientes, mais “verdes”. Tais tecnologias implicariam na redução de consumo, de emissões, de ruído, de esperas para procedimentos de decolagem e pouso, conforto de cabine etc. Em 2008 foram feitos alguns adendos à agenda estratégica (SRA) de 2004, mantendo-se a visão relacionada ao *greening* e estabelecendo a visão de sistemas aeronáuticos, ao invés de tecnologias isoladas.

Sintomaticamente, os temas das plataformas demonstradoras tecnológicas do Clean Sky enquadram-se perfeitamente no *roadmap* tecnológico proposto pelo ACARE. Destaque-se que os programas aeronáuticos de outros países, como Inglaterra (NATS – National Aerospace Technology Strategy) e França (CORAC – Conseil pour La Recherche Aéronautique) assumiram também a mesma estratégia tecnológica proposta pelo ACARE. Ou seja, um dos principais resultados obtidos pelo ACARE foi a construção de uma visão comum sobre as tecnologias futuras, junto aos agentes aeronáuticos.

Tal fato leva à redução de incertezas quanto à construção do futuro, contribuindo para que o mesmo aconteça de forma próxima a que foi planejada. No fundo, reduz as incertezas no sistema, uma vez que empresas, instituições de ciência e tecnologia e governos orientam suas atividades de pesquisa, desenvolvimento, engenharia e inovação de acordo com a rota tecnológica proposta: se todos vão por um caminho criam-se sinergias, o caminho se fortalece com mais chances de acabar prevalecendo no futuro. Além disso, diminui-se a desconfiança de atores isolados, aumentando a confiança coletiva. Mas, para que isso aconteça, a institucionalidade do responsável pela proposição da estratégia tecnológica precisa estar muito bem definida e aceita no ecossistema pertinente.

Baseado na estratégia desenhada pelo ACARE e nas possibilidades dos *Framework Programs* (FP), mais especificamente o FP6 e o FP7, que estabelecem programas de pesquisa integrados ao desenvolvimento de sistemas e programas conjuntos entre a União Europeia e a iniciativa privada, respectivamente, foi criada a iniciativa tecnológica chamada de Clean Sky. O Clean Sky já nasceu com a participação das empresas líderes, colíderes e associadas definidas no instrumento de sua constituição, numa espécie de Portaria publicada no Diário Oficial da União Europeia (EUROPEAN UNION, 2008).

A figura 11 apresenta parte da lógica da constituição do Clean Sky. Os líderes e colíderes mostrados nela (um líder e um colíder por plataforma) são definidos previamente, não por chamada ou edital. Eles são os “fundadores” da iniciativa tecnológica conjunta com a União Europeia e responsáveis por 50% dos recursos aportados. A União Europeia aceita como recurso o dispêndio dito econômico – homens-hora, horas--máquina etc.: essas empresas não precisam necessariamente fazer novos aportes financeiros nos projetos.

Figura 11 – Descrição da constituição do Clean Sky e empresas líderes e colíderes de plataformas demonstradoras integradas

About

Clean Sky is the most ambitious aeronautical research programme ever launched in Europe. Its mission is to develop breakthrough technologies to significantly increase the environmental performances of airplanes and air transport, resulting in less noisy and more fuel efficient aircraft, hence bringing a key contribution in achieving the Single European Sky environmental objectives.

The Clean Sky JTI (Joint Technology Initiative) was born in 2008 and represents a unique Public-Private Partnership between the European Commission and the industry. It is managed by the Clean Sky Joint Undertaking (CSJU) until 31 December 2017.

The CSJU will deliver demonstrators in all segments of civil air transport, grouped into six technological areas called ‘Integrated Technology Demonstrators’ (ITD).

ITD Leaders

Each ITD is led by two industry leaders that are committed for the full duration of the CSJU. They are the founding members (with the European Union) of the CSJU.



Fonte: site do Clean Sky.

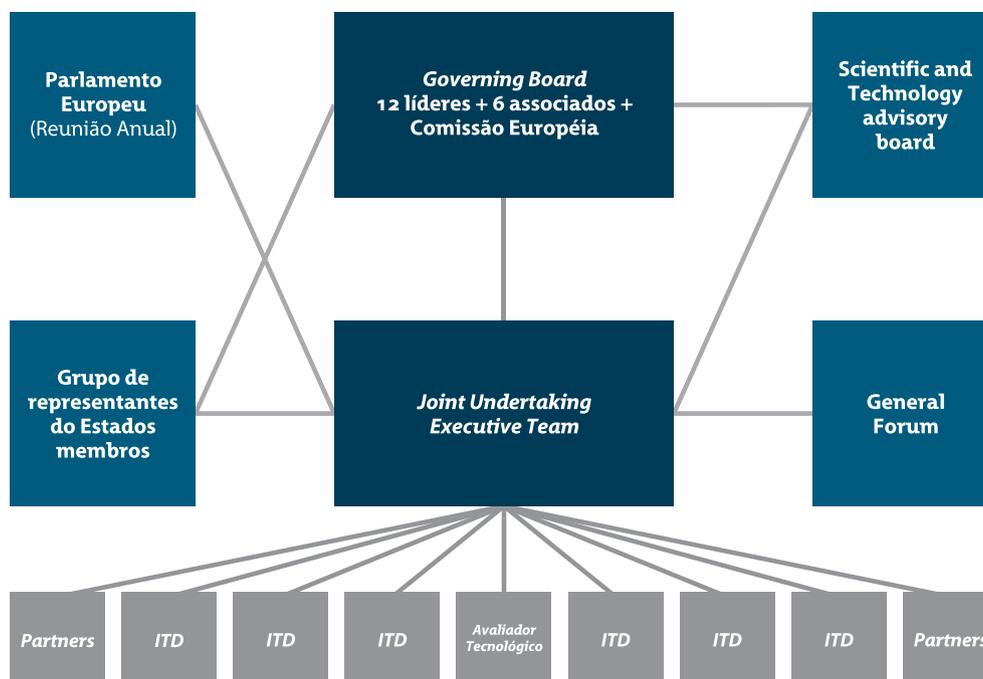
A figura 12, abaixo, apresenta a estrutura direta de governança do programa Clean Sky. Uma vez que as empresas líderes e colíderes são “cofundadoras” do programa, conjuntamente com a União Europeia, todas elas participam diretamente no conselho diretivo, espécie de conselho de administração (*Governing Board*) do Clean Sky. Os representantes dos associados também participam, assim como um representante da União Europeia, que possui uma espécie de *golden share*, podendo vetar transações de propriedade intelectual, exclusiva para entidades de países não pertencentes à Comunidade Europeia. A hegemonia no *Governing Board* é dos financiadores: quem investe diretamente no programa, participa da governança mais alta. Por ser o principal financiador e o grande aportador de recursos (financeiros), a União Europeia evidentemente tem grande poder na governança. Subordinado ao Conselho de Administração (*Governing Board*) está a Direção Executiva (*Joint Undertaking Executive Team*). A ela respondem todas

as plataformas tecnológicas, os demonstradores tecnológicos Integrated Technology Demonstrators (ITD), na nomenclatura do programa Clean Sky, e os parceiros.

Os parceiros do Clean Sky são empresas e/ou instituições que participam do programa via editais. Aqui entram pequenas e médias empresas - PMEs²⁴. A figura 13 abaixo apresenta o arranjo entre empresas e o esquema da seleção de parceiros por meio de editais.

Figura 12 - Esquema da governança do Clean Sky

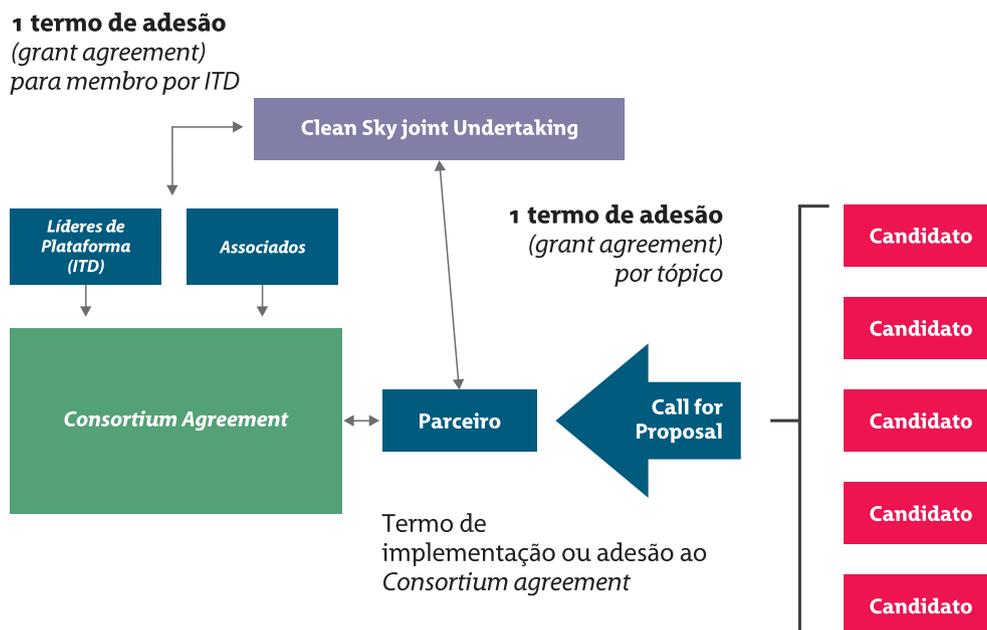
Clean Sky - Estrutura de Governança



Fonte: documentos do Clean Sky.

²⁴ A definição europeia de PME abarca empresa de porte muito maior do que no Brasil - por exemplo, pela definição europeia, média empresa é aquela com até 250 empregados e faturamento até 50 milhões de euros.

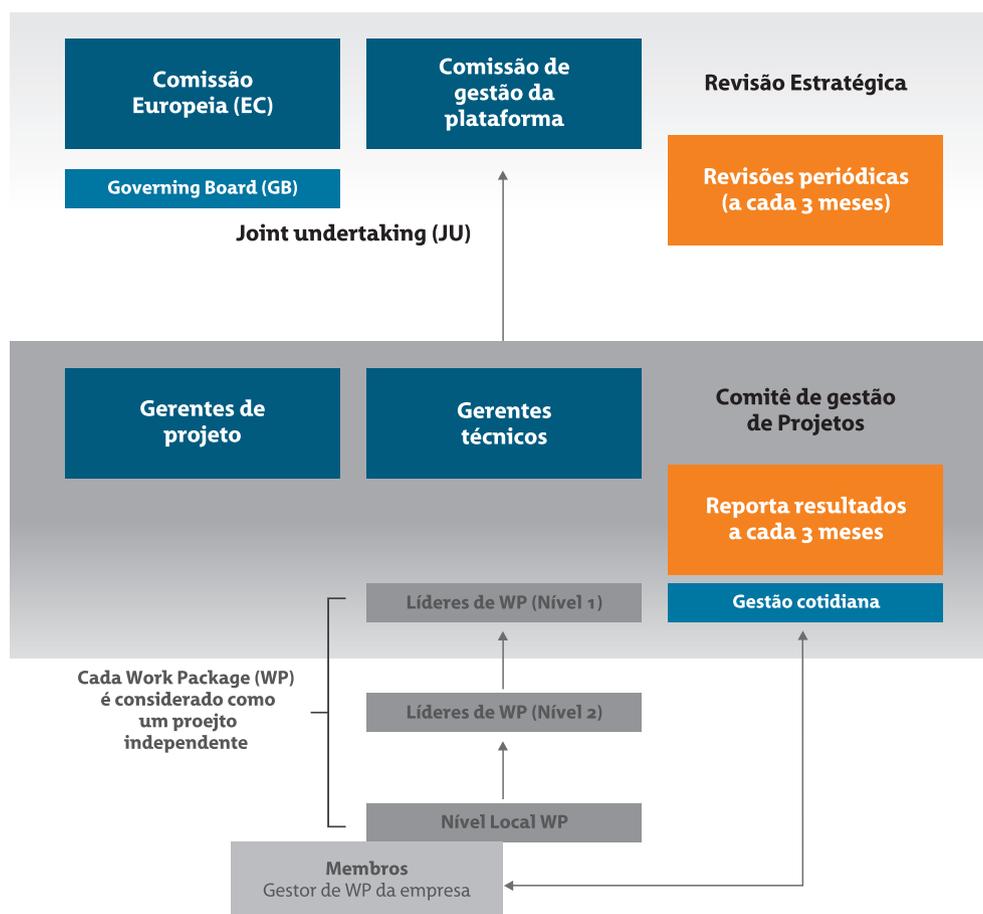
Figura 13 – Esquema de articulação de empresas com o Clean Sky – definição de consórcio e editais para definição de parceiros



Fonte: documentos do Clean Sky.

O programa Clean Sky possui orçamento de 1,6 bilhão de euros, dos quais 800 milhões de euros são aportados financeiramente pela União Europeia. A liberação dos recursos acontece conforme medição (ou verificação) do atendimento dos marcos do projeto - cada plataforma é considerada um projeto independente, com gestão e recursos independentes. O orçamento de cada plataforma é predefinido, já estando contido no documento de lançamento do programa (EUROPEAN UNION, 2008). A medição ou verificação dos marcos do projeto é realizada por uma equipe de especialistas independentes e ocorre a cada três meses (figura 14).

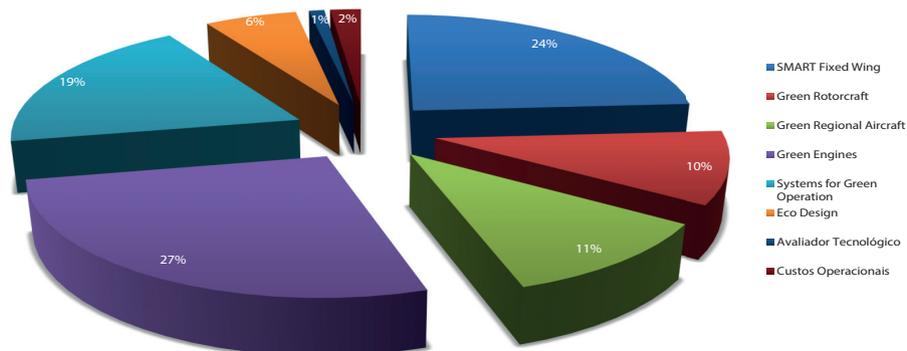
Figura 14 - Esquema de avaliação do andamento dos projetos do Clean Sky



Fonte: documentos Clean Sky.

A figura 15 apresenta a divisão orçamentária entre os diversos projetos de plataformas do Clean Sky. Por exemplo, a plataforma “Asa Inteligente” (*Smart Fixed Wing*) consome 24% do orçamento, ou seja, consome $(800 \text{ milhões de euros} \times 0,24) = 192 \text{ milhões de euros}$ em recursos públicos ao longo da duração do projeto (2008 a 2016). Tal montante pode servir como referência para eventuais programas similares no Brasil. A figura mostra também que além da plataforma de “Asa Inteligente”, o Clean Sky desenvolve as plataformas “Motor de helicóptero verde”, “Avião regional verde”, “Motores verdes”, “Sistemas de operação verdes” e “Eco design”. O orçamento do Clean Sky também prevê dotação orçamentária para o avaliador tecnológico e para os custos operacionais.

Figura 15 – Dotação orçamentária direta do Clean Sky



Fonte: documentos Clean Sky.

4.5.1.1 A CONTINUIDADE DO CLEAN SKY 1 > O CLEAN SKY 2

Devido ao programa Clean Sky 1 extinguir-se em 2016, a União Europeia, vendo o grande sucesso alcançado pelo programa Clean Sky 1, decidiu pela continuidade do programa Clean Sky, criando assim o programa Clean Sky 2. A proposta do Clean Sky 2 é construir e entregar demonstração de novas tecnologias, arquiteturas e configurações *in-flight* em grande escala. Novas tecnologias avançadas em nível de sistemas completos permitirão mudanças no desempenho ambiental e econômico e trarão benefícios competitividade cruciais para a indústria europeia. O programa dará a estabilidade financeira necessária para o setor privado desenvolver e introduzir inovações *game changing* dentro de prazos a serem acordados durante a implementação do programa.

A abordagem do Clean Sky 2 será, basicamente: comparado com o melhor avião disponível em operação em 2014 e chegar a tecnologias e configurações que permitam uma redução de até 30% no consumo de combustível e emissões de CO₂ relacionadas, reduções similares ou maiores de emissões de NO_x e até uma redução de 75% do ruído das aeronaves. Esses ganhos permitirão que o setor de aviação europeia satisfaça as necessidades da sociedade para uma mobilidade sustentável, competitiva, visando 2050. Ao fazer isso, Clean Sky 2 será o instrumento europeu chave para acelerar o desenvolvimento de tecnologias, superar falhas de mercado e garantir um avanço sustentável da aviação. O Clean Sky 2 irá contribuir significativamente para a *Innovation Union*²⁵, criar postos de trabalho altamente qualificados, aumentar a eficiência dos transportes, sustentar a prosperidade econômica e impulsionar melhorias ambientais no sistema de transporte aéreo global.

O programa Clean Sky 2 será cofinanciado 50/50 pela Comissão Europeia e grandes empresas aeronáuticas com um investimento público e privado total de 4,05 bilhões de euros. O Clean Sky 2 será executado para a duração total de ações do programa

²⁵ *Innovation Union é a estratégia da União Europeia para criar um ambiente favorável à inovação para que grandes ideias sejam transformadas em produtos e serviços que irão trazer o crescimento da economia e do emprego na União Europeia.*

Horizon 2020²⁶, ou seja, 2014-2023. Uma abordagem gradual será utilizada para o início dos projetos do Clean Sky 2, além de alinhá-los de forma adequada com os projetos em curso do Clean Sky 1, a serem completados no período 2014-2016. O Clean Sky 2 coordenará os melhores talentos e recursos do setor aeronáutico em toda a Europa e mais de 3.000 funcionários altamente qualificados.

Fases previstas para o *kick-off* do Clean Sky 2

- 1º e 2º trimestres de 2013: preparação da regulação (legal, financeira e regras);
- 3º trimestre de 2013: lançamento da proposta de comissão de regulação;
- 3º e 4º trimestres de 2013: avaliação técnica conjunta por meio de um painel de experts;
- 4º trimestre de 2013: avaliação de parceiros-chaves;
- 4º trimestre de 2013: finalização da avaliação de proposta técnica conjunta;
- 4º trimestre de 2013: adoção da regulação;
- 1º trimestre de 2014: chamada de parceiros-chaves;
- 2º trimestre de 2014: início do programa.

4.5.2 REINO UNIDO – NATS

O National Aerospace Technology Strategy (NATS) é o resultado de uma importante parceria entre indústria, governo e academia para enfrentar a competitividade em tecnologia aeroespacial no Reino Unido com foco no desenvolvimento de tecnologias aplicadas à infraestrutura aeronáutica e, também, no desenvolvimento de novas tecnologias e inovações para aeronaves. Tem por objetivo aumentar a segurança do tráfego aéreo e o desempenho operacional em aeroportos, assim como o desenvolvimento de aeronaves mais silenciosas e menos poluentes. Mais especificamente, as metas do programa são:

- redução do consumo de recursos no dia a dia dos aeroportos do Reino Unido (vale ressaltar que o NATS opera grande parte dos aeroportos deste país);

26 O Horizon 2020 é o instrumento financeiro de implementação da Innovation Union. No período de 2014-2020, com um orçamento de pouco mais de 70 bilhões de euros, o novo programa da UE para pesquisa e inovação é parte do esforço para um novo crescimento e emprego na Europa. O Horizon 2020 proporciona grande simplificação através de um único conjunto de regras.

- redução do consumo de energia e das emissões de carbono em solo em 20% em quatro anos;
- redução de emissões em 4% por voo até 2015, chegando a 10% em 2020, tomando como referência o ano de 2006;
- redução do consumo de combustível das aeronaves em 120 milhões de libras esterlinas no período de 2012 a 2014;
- redução do ruído gerado pelas aeronaves.

Em seu programa voltado ao desenvolvimento de sistemas e componentes de aeronaves, o NATS se divide em seis plataformas demonstradoras tecnológicas: asa integrada, avião elétrico, turbina verde, sistemas autônomos, sistemas de informação para operação em voo e rede integrada. Ou seja, há total integração com o Clean Sky.

A definição da estratégia do NATS segue a estratégia definida pelo ACARE, instituição europeia que auxilia o desenvolvimento do setor aeronáutico na Europa, de forma semelhante ao que ocorre com o Clean Sky e o Corac (França). A elaboração de cenários ocorre após a visão de futuro, sendo que instituições governamentais do Reino Unido traduzem a visão de futuro do ACARE para a realidade britânica na Future Airspace Strategy (FAS).

A FAS é definida em conjunto pela Civil Aviation Authority (CAA), pelo Department for Transport (DfT), pelo Ministry of Defense (MOD) e pelo próprio NATS. A estratégia está estruturada em torno de três temas: segurança, capacitação e meio ambiente. Assim, o NATS desenvolve suas atividades em consonância com o cenário de futuro elaborado pela FAS.

A estratégia do NATS é definida a partir de uma visão de 20 anos, focando inicialmente em temas-chave e, posteriormente, desdobrando-os numa rede de inovação criada pelo NATS composta por validadores tecnológicos (estes validadores tecnológicos são similares a demonstradores tecnológicos). A figura 16, abaixo, apresenta a estratégia do NATS.

Figura 16 - Definição da estratégia do NATS



Fonte: documentos NATS, adaptado pelos autores.

A operacionalização da estratégia do NATS se dá por mecanismos chamados Aerospace Innovation Network (AINs) e Aerospace Technology Validation Programmes (ATVPs) que realizam o desenvolvimento e a demonstração tecnológica, necessários para viabilizar os cenários de futuro.

Os participantes do NATS são governo, academia e empresas. O NATS é uma instituição governamental britânica que comanda todas as atividades do programa de plataformas demonstradoras tecnológicas e sua participação é direta, contando com a presença do Ministro da Ciência e Inovação do Reino Unido. Para participar do NATS, qualquer

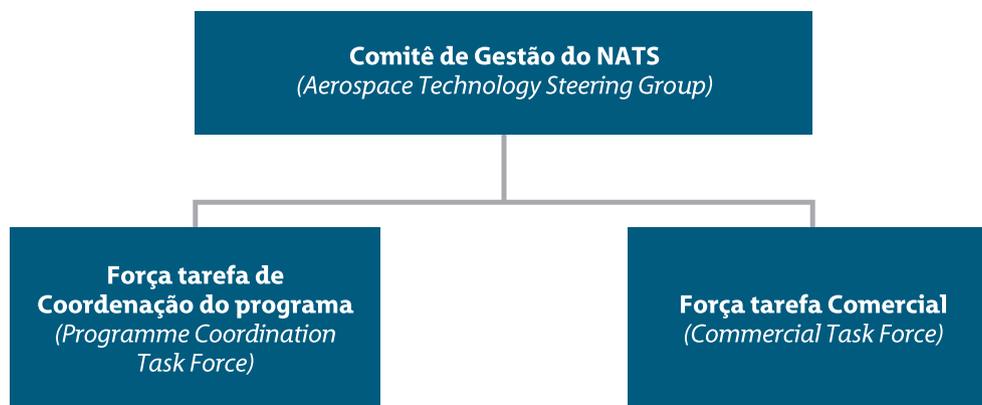
organização candidata deve ter atividades no Reino Unido. No entanto, não há regras explícitas divulgadas que informem os trâmites de entrada de um candidato no NATS.

Entre os participantes do NATS, destaca-se que a Bombardier, empresa canadense concorrente direta da Embraer, participa do programa. O mesmo fazem Airbus e outros gigantes do setor, como a Thales, Rolls Royce e outros.

O governo tem função central no NATS e realiza a verificação e validação do trabalho desempenhado pelo Comitê de Gestão por meio do Conselho de Inovação Aeroespacial, Liderança e Crescimento do Reino Unido (UK Aerospace Innovation and Growth Leadership Council). Isso se dá pelo acompanhamento do plano de implantação que o Comitê de Gestão elabora e segue. A academia e a indústria são os desenvolvedores das atividades, que consistem efetivamente nas plataformas demonstradoras tecnológicas.

A estrutura organizacional do NATS consiste num Comitê de Gestão (Aerospace Technology Steering Group - AelGT), composto por membros do governo do Reino Unido, como o Ministério de Ciência e Inovação, agências regionais de desenvolvimento e conselhos regionais de inovação e pesquisa e duas forças tarefas (de coordenação e comercial) que envolvem todos os participantes do NATS - governo, indústria e academia (figura 18). O Comitê de Gestão faz todas as atividades de integração entre as atividades internas da plataforma e os *stakeholders* (governo, sociedade etc.). Sua função vai desde determinar diretrizes até buscar novos recursos para as plataformas. A Força Tarefa de Coordenação do Programa é responsável pela gestão de projetos do NATS, e a Força Tarefa Comercial é responsável por elaborar os modelos de acordos dos projetos colaborativos e auxiliar os envolvidos nos projetos em sua documentação.

Figura 18 - Estrutura organizacional do NATS



Fonte: site NATS.

O NATS tem um modelo de financiamento misto, no qual uma parte dos recursos provém da iniciativa privada e da academia, e a outra parte, do setor público. Desde 2004, o governo aportou £ 88 milhões para o programa e estava negociando um aporte adicional de £ 43 milhões de outras fontes até 2014. Estes recursos são alocados às plataformas, de acordo com cada projeto de trabalho.

4.5.3 FRANÇA - CORAC

O Corac é uma plataforma demonstradora tecnológica de competitividade estratégica. Seu objetivo é propor um *roadmap* tecnológico para as pesquisas aeronáuticas francesas para fins civis. O Corac deve assegurar que o *roadmap* seja implantado, assim como comunicar e monitorar os avanços alcançados nas pesquisas desenvolvidas, em relatórios anuais. O Corac é a replicação, em nível nacional francês, do *roadmap* estratégico estabelecido pelo ACARE, e está intimamente alinhado ao Clean Sky.

No Corac participam indústria, governo e academia. A liderança é feita pelo Ministério dos Transportes, tendo o Ministro dos Transportes como presidente do Comitê Executivo da plataforma. Além de ser responsável pela direção do Comitê Executivo, o governo participa em diversas etapas e esferas da plataforma.

A academia é representada no Corac por meio do Centro de Pesquisas Aeronáuticas Francês (Office National d'Etudes et de Recherches Aéronautiques - ONERA) e sua principal atividade consiste em comandar as pesquisas que serão desenvolvidas no âmbito do Corac.

O setor industrial tem um grande peso na plataforma, sendo representado por relevantes empresas do setor aeronáutico francês. Essas empresas estão presentes em diversos elos da cadeia aeronáutica francesa: OEM, fornecedores de nível 1, companhias aéreas, empresas de infraestrutura aeronáutica, entre outros. Sua participação normalmente ocorre em cooperação com o ONERA, no desenvolvimento de novas tecnologias.

O Corac é financiado pelos setores público e privado, sendo a participação do Estado por meio de financiamentos e subvenções parciais. O orçamento governamental anual é de 50 milhões de euros. Destaque-se que não há um valor total estimado de desembolsos para o Corac, porém há regras de rateio dos custos, conforme os níveis de participação das entidades envolvidas.

Há vários níveis de participação no Corac, sendo que dentro das plataformas é possível encontrar líderes, associados e participantes - à semelhança do Clean Sky. Os líderes coordenam as atividades dentro da plataforma e contribuem financeira e economicamente com 50% do valor total da plataforma - à semelhança do Clean Sky.

Os associados têm participação importante nas plataformas, estando comprometidos pela duração total do projeto, contribuindo para as atividades de desenvolvimento com um mínimo de 5% do valor total do projeto em recursos econômicos ou financeiros. Os associados participam da elaboração dos projetos e das chamadas para os membros participantes (os associados não podem participar em chamadas em conjunto com participantes). Os associados contribuem com ideias e são selecionados nas chamadas de trabalhos, devendo responder às especificações de produtos e serviços estabelecidas pelo líder e colíder da plataforma.

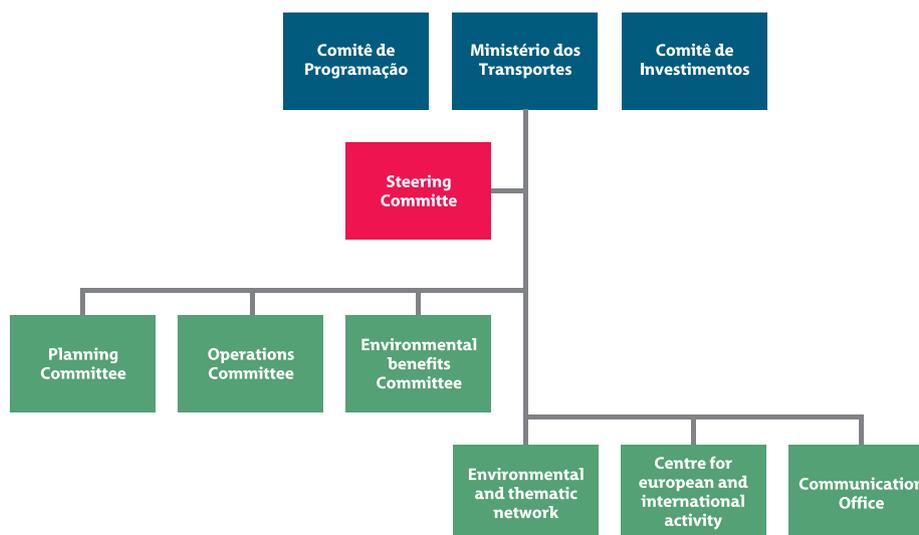
Os participantes ou parceiros são responsáveis por realizar atividades específicas (por meio de chamadas ou subcontratações), podendo contribuir econômica e/ou financeiramente em até 50%. No caso de contratos de subcontratação, os participantes recebem 100% de recursos subsidiados pela plataforma.

O Corac é composto por um *Steering Committee* ou Comitê Executivo, três comitês técnicos e três grupos de trabalho de apoio (*liaison work groups*). Os comitês técnicos são o Comitê de Planejamento (*Planning Committee*), o Comitê de Operações (*Operations Committee*) e o Comitê de Benefícios Ambientais (*Environmental Benefits Committee*). Já os grupos de trabalho de apoio são a Rede Temática Aeronáutica e

Ambiental (*Aviation and Environment Thematic Network*), o Centro para Atividades Europeias e Internacionais (*Centre for European and International Activity*) e o Escritório de Comunicação (*Communication Office*).

A figura 19, abaixo, apresenta o esquema da estrutura organizacional do Corac. Trata-se de um programa com grande participação governamental, no qual o Ministério dos Transportes, atuando num nível estratégico-gerencial, é responsável por assegurar os interesses da sociedade francesa.

Figura 19 - Estrutura Organizacional do Corac



Fonte: elaboração dos autores, a partir de documentos do Corac.

Pela figura verifica-se que o Comitê Executivo (*Steering Committee*) responde diretamente ao Ministério dos Transportes. Os comitês de Investimentos e de Programação são internos ao ministério e, antes da criação do programa, tinham um papel mais ativo sobre os temas atualmente sob a responsabilidade do Corac. Com o Corac, eles passaram a se ocupar principalmente de outros temas, mas, evidentemente, podem servir como estrutura interna (ao ministério) de controle e apoio, uma vez que as demais estruturas do Corac são multi-institucionais.

O Comitê Executivo é o responsável pela gestão do programa, com representantes de todos os *stakeholders* do projeto. Nesse comitê são estabelecidas as diretrizes gerais, além de serem realizadas definições de orçamentos, controle financeiro e atividades de alinhamento dos componentes. Adicionalmente, é estabelecida a estrutura ou árvore de atividades²⁷ com os trabalhos a serem desenvolvidos no âmbito de cada plataforma.

O Comitê de Planejamento (*Planning Committee*) desenvolve os *roadmaps* tecnológicos de P&D, sendo responsável pela sua atualização. Além disso, realiza análises técnicas e validação dos demonstradores tecnológicos, dentro do quadro nacional francês. Já o Comitê de Operações (*Operations Committee*) é responsável pela gestão econômico-financeira da plataforma, definindo os métodos à implementação do programa (orçamentos, cronogramas, etc.) e estabelecendo metodologias para a avaliação quantitativa dos resultados de pesquisa, a partir da gestão dos recursos e acompanhamento dos projetos, ou seja, faz a função de gestão operacional do programa.

²⁷ WBS - work breakdown structure.

O Comitê de Benefícios Ambientais (*Environmental Benefits Committee*) é responsável pelos estudos de impactos potenciais das tecnologias identificadas nos *roadmaps*, avaliando e quantificando os resultados das descobertas tecnológicas em suas consequências para o meio ambiente.

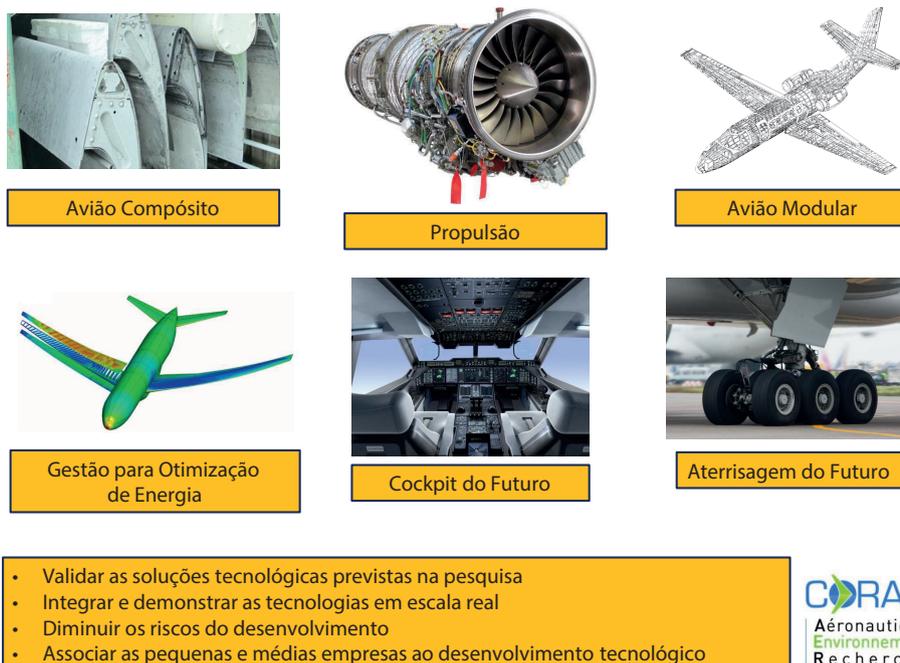
Os grupos de apoio auxiliam nos processos de execução das plataformas. O grupo de apoio Rede Temática Aeronáutica e Ambiental é formado por membros do Comitê Executivo e especialistas da comunidade científica (CNRS - Conselho Nacional de Pesquisa Científica, Météo France e institutos de pesquisa e laboratórios nacionais), sendo responsáveis por definir o contexto ambiental para o desenvolvimento de novas tecnologias (definição de termos de referência) e fazer recomendações para pesquisas específicas (infraestrutura aeronáutica, entre outros) de modo a tentar reduzir os impactos da aviação no meio ambiente.

Já o grupo de apoio Centro para Atividades Europeias e Internacionais é encarregado de realizar ações específicas relacionadas ao plano de desenvolvimento das plataformas, tendo como base as políticas de P&D de outros países.

O grupo de apoio Escritório de Comunicação é responsável pela divulgação dos resultados obtidos, de modo a integrar os canais de comunicação e toda a sociedade em geral. Quando se fala em resultados obtidos o grande foco é na questão ambiental dos impactos gerados.

Em relação aos projetos da plataforma, há demonstradores tecnológicos em diversos segmentos, desde materiais compostos utilizados em estruturas aerodinâmicas, passando por propulsão e diversos tipos de sistemas embarcados em aeronaves (figura 20). Cada grupo desses é tratado como uma plataforma demonstradora tecnológica.

Figura 20 - Projetos contemplados no Corac



Fonte: site Corac, adaptado pelos autores.

As plataformas demonstradoras tecnológicas do Corac apresentam temas e sistema de governança muito semelhantes aos do Clean Sky. Há sempre a presença de um líder e um colíder com papel central na plataforma, que são membros do Comitê Operacional. Eles são os responsáveis por gerir o dia a dia da plataforma e definir metas e objetivos, assim como definir a estrutura e a programação de trabalho para a participação de associados e participantes/parceiros. Assim, para cada plataforma, o líder e o colíder criam a estrutura de trabalho que os associados devem desenvolver e definem as etapas da avaliação de propostas por parte dos associados envolvidos numa dada chamada. É formada uma comissão especial para a avaliação dos trabalhos, com participação de um membro do Comitê Executivo como coordenador-geral, além de peritos qualificados para realizar as avaliações e, caso necessário, de outros membros dos Comitês Técnicos. Vale ressaltar que no mínimo 5% das atividades principais são obrigatoriamente de responsabilidade dos associados.

4.5.4 ESTADOS UNIDOS – NEXTGEN

O NextGen (Next Generation Air Transportation System – sistema de transportes aéreos da próxima geração) é uma plataforma norte-americana voltada para todo o setor aeronáutico, que visa apoiar o desenvolvimento de tecnologias para a redução do impacto ambiental da aviação dos EUA, aprimorando a segurança de voo e a infraestrutura aeronáutica. Os montantes envolvidos são de grande vulto: de 700 milhões de dólares a 1 bilhão de dólares/ano. A participação do governo no suporte financeiro desse programa deverá atingir um bilhão de dólares/ano até 2016, tendo em vista que o orçamento do NextGen como um todo gira em torno de 19 bilhões até 2024.

Os objetivos desta plataforma para 2020 são:

- redução de atrasos no ar e em solo em 38%, comparado com as previsões para uma situação em que não são feitos investimentos em melhorias;
- economia de 1,4 bilhões de galões de combustível para aviação;
- redução das emissões de carbono em 14 milhões de toneladas.

A estratégia do NextGen é definida pela FAA em conjunto com importantes *players* da aviação norte-americana, tais como a Radio Technical Commission for the Aeronautics (RTCA) e a Aviation Safety (AVS). Por meio do Joint Planning and Development Office (JPDO), órgão executivo encarregado da gestão do programa NextGen, essas instituições elaboraram um *framework* que baliza a definição da estratégia do NextGen. Este consiste em delinear um cenário ideal para os próximos 15 anos e determinar as metas, capacidades e investimentos necessários para alcançar esses objetivos. A figura 21 apresenta o processo de definição da estratégia do NextGen.

Figura 21 - Definição da estratégia para o NextGen



Fonte: site do Joint Planning Environment, Joint Planning and Development Office (JPDO).

A operacionalização da estratégia do NextGen se dá por meio de um plano de implementação (*Implementation Plan*) que, em conjunto com os *roadmaps* construídos no âmbito do NextGen, determinam o caminho a ser seguido. Partindo dessas diretrizes, são criados grupos de trabalho que irão executar as ações necessárias para a operacionalização da estratégia do NextGen.

Existem três tipos de instituições envolvidas no NextGen: governo, academia e indústria. O governo é representado pela FAA, agência reguladora da aviação nos Estados Unidos, equivalente à Secretaria de Aviação Civil brasileira²⁸. Sua participação se dá pelo financiamento de todo o programa NextGen, pela realização dos *roadmaps* e pela gestão do programa. Ou seja, a FAA concentra as atividades de gestão e monitoramento dos progressos do NextGen. Além da FAA, participam também outros órgãos governamentais, como a NASA (National Aeronautics and Space Agency), o Department of Homeland Security, U.S. Air Force e U.S Navy, que trabalham em colaboração com a FAA em questões militares e de segurança.

Os demais participantes do NextGen (academia e indústrias) são contratados para atividades como desenvolvimento de pesquisa e de sistemas, construção de infraestrutura, entre outras. Segundo os documentos disponíveis sobre o NextGen, não

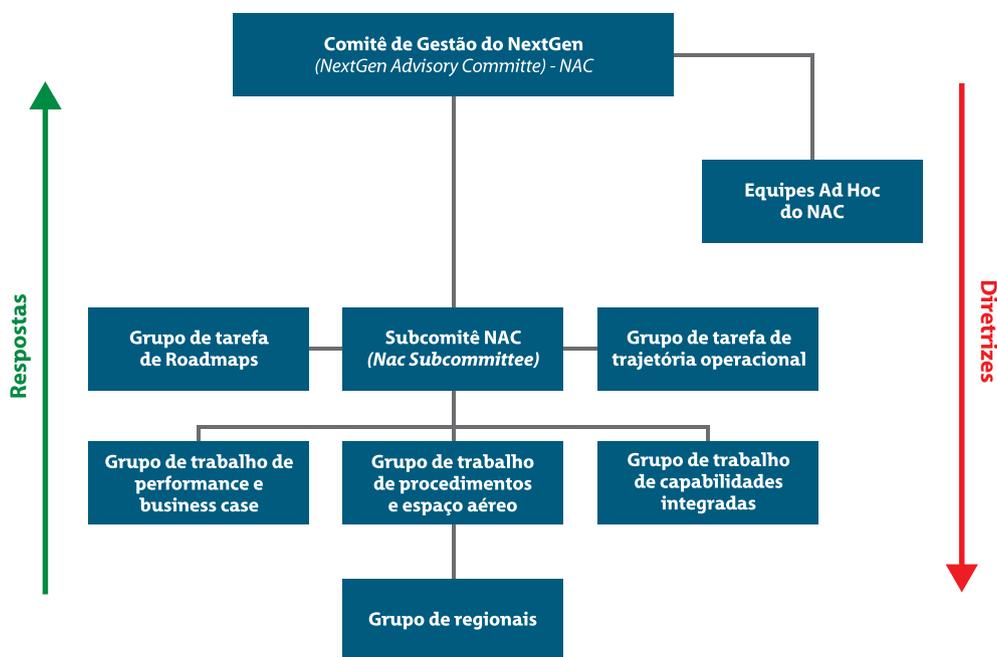
²⁸ <http://www.aviacaocivil.gov.br/>

há uma diferenciação entre os demais participantes. Os membros da academia e da indústria que participam do programa são sempre subcontratados pela FAA e têm representação no JPDO.

No NextGen o fluxo de decisões pode ser considerado *top-down* (do Comitê de Gestão da plataforma para os grupos de trabalho). As macrodiretrizes são definidas pelo Comitê de Gestão e os demais níveis da plataforma têm por tarefa transformá-las em ações concretas a serem realizadas. A figura 22 abaixo apresenta a estrutura de governança e o fluxo de informações do NextGen. O Comitê de Gestão do NextGen representa os interesses do governo e da FAA (seu representante na plataforma), enquanto o Subcomitê NAC representa os interesses dos setores industriais e da academia (em escala muito reduzida).

Abaixo do Comitê de Gestão há subníveis, compostos por subcomitês. O subcomitê NextGen Advisory Committee (NAC) é o órgão adjunto do Comitê de Gestão do NextGen, e sua função é dar o apoio técnico necessário ao Comitê. Ao NAC compete a identificação de novas oportunidades durante o processo de desenvolvimento das atividades do NextGen, avaliando e determinando os riscos associados ao desenvolvimento das atividades. É composto por membros da indústria aeronáutica e aeroespacial norte-americana e por órgãos governamentais. Por sua importância, ele é composto por membros com grandes conhecimentos dos sistemas geridos pela FAA e *expertise* em aviação. A participação no NAC é rotativa e por tempo determinado, permitindo a renovação de conhecimentos no NextGen.

Figura 22 - Estrutura de governança e fluxo de informações do NextGen



Fonte: Terms of Reference (NextGen Advisory Committee, 2012), adaptado pelos autores.

Os grupos de trabalho e de atividades têm por finalidade gerar soluções para requisições, por parte do Comitê de Gestão do NextGen. Ou seja, têm finalidades específicas conforme determinado pela alta gestão do NextGen (Comitê e Subcomitê). A tabela 7 apresenta as principais competências de cada membro do NextGen, que são

selecionados para um período de dois anos, sendo possível a prorrogação do período de participação por mais dois anos. A seleção é feita pela diretoria do Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA) com coordenação da FAA. São membros permanentes: o presidente do RTCA, o Chief Operating Officer (COO) da Organização de Tráfego Aéreo da FAA (FAA Air Traffic Organization Chief Operating Officer) e o administrador da associação de segurança aeronáutica. Os comitês (de gestão e NAC) são montados de forma a contar com a representação de membros de toda a cadeia aeronáutica norte-americana envolvida no NextGen.

Tabela 7 – Principais competências dos membros do NextGen

Membro	Funções
Comitê de Gestão	<ul style="list-style-type: none"> • Direção geral do comitê • Revisão e aprovação das recomendações da FAA • Respostas a demandas da FAA • Revisão e aprovação para a criação dos grupos de trabalho (se apropriado) • Realizar três reuniões anuais (públicas) • Dirigir o trabalho do Subcomitê NAC
NAC (NextGen Advisory Committee)	<ul style="list-style-type: none"> • Mão de obra para o Comitê de Gestão • Desenvolver os grupos de atividades, rever ações e atividades dos grupos de trabalho, apresentando informações relevantes aos níveis superiores • Reuniões a cada dois meses ou conforme necessário (as reuniões podem ou não ser abertas) • Recomendações para o Comitê de Gestão e levantamento das entregas para análise
Grupos de trabalho e de atividades	<ul style="list-style-type: none"> • Criados para fins específicos com atividades de curto prazo ou atividades permanentes

Fonte: site da Radio Technical Commission for Aeronautics - RTCA.org.

Quanto à governança dos recursos e sua forma de alocação, destaque-se primeiramente que o NextGen é voltado para a modificação das rotinas de voo, tendo por objetivo desenvolver certas competências no setor aeronáutico norte-americano, conforme mostra a figura 23 abaixo. Sob o manto de controle de voo e de otimização do espaço aéreo, há muitas tecnologias relacionadas ao avião propriamente dito, como aviônica, “avião elétrico” e todas as tecnologias relacionadas com “voo eficiente”, o que engloba atividades do Clean Sky e do NATS britânico.

A FAA não apresenta informações mais detalhadas sobre os investimentos realizados no NextGen. No entanto, em seu orçamento previsto para o período 2012-2016 há uma estimativa dos investimentos específicos para o NextGen.

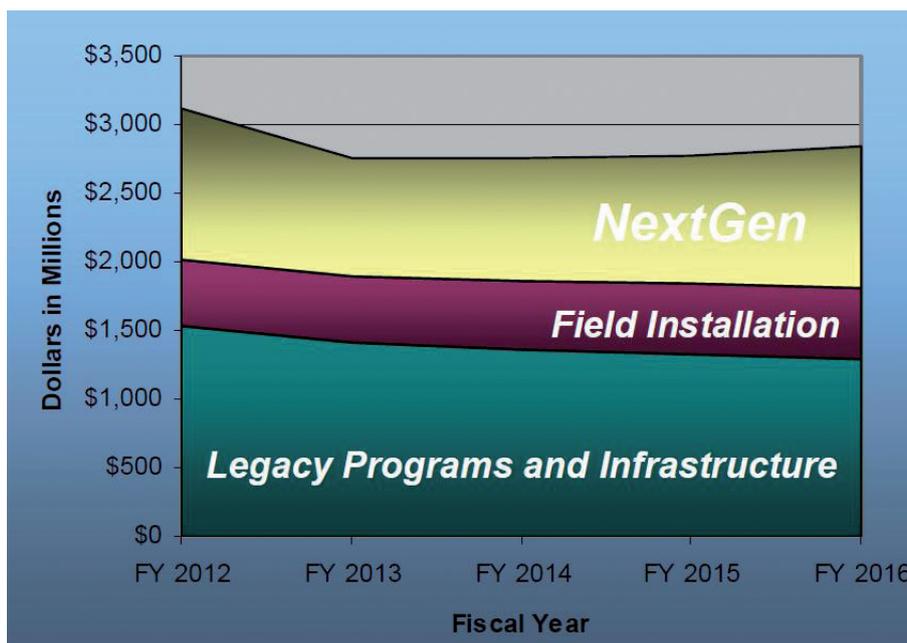
Destaque-se que toda a alocação de recursos deve ocorrer pelo Comitê de Gestão da plataforma, já que este é responsável pelos grupos de trabalho e de atividades. Para a seleção dos projetos que serão apoiados pelo NextGen, o Comitê de Gestão faz *roadmaps* periódicos para a determinação das prioridades, e o Subcomitê NAC realiza os desdobramentos destas prioridades em investimentos por projetos.

Figura 23 - Principais competências a serem desenvolvidas com o NextGen



Fonte: NextGen Implementation Plan, 2012.

Figura 24 - NextGen - Dotação orçamentária da FAA para o período 2012-2016



Fonte: National Airspace System Capital Investment Plan FY 2012-2016.

O subcomitê NAC tem a função de realinhar os projetos em andamento e os resultantes da prospecção de novos projetos. Existem três esferas de investimentos no NextGen

(investimentos da FAA, investimentos em aeroportos e investimentos do operador). Nesse contexto, os projetos podem ser classificados de acordo com a sua finalidade em relação à operação, sua área de atuação e maturidade. Portanto, os projetos são classificados em três categorias: finalidade de uso, área de atuação e maturidade.

4.5.5 CANADÁ

O Canadá faz um esforço de coordenação e integração dos seus diferentes programas para o desenvolvimento das novas gerações de tecnologias, que totalizam um orçamento em torno de 1,53 bilhões de dólares canadenses (Greener Aircraft Catalyst Project, FMP, CRIAQ, ATDP, CNRC, entre outros). Os programas e plataformas serão detalhados a seguir.

4.5.5.1 FUTURE MAJOR PLATFORMS

O programa Future Major Platforms (FMP) visa o adensamento e qualificação da cadeia produtiva do setor aeronáutico canadense. O programa foi proposto pela Aerospace Industries Association of Canada (A/IAC) em maio de 2008, como estratégia para o enfrentamento da redução da competitividade e da proficiência tecnológica de empresas canadenses do setor aeronáutico, e a consequente perda de espaço das fornecedoras canadenses perante alguns dos mais importantes programas de desenvolvimento de aeronaves da Boeing, Airbus, Embraer e Bombardier. O FMP tem por objetivo aumentar a competitividade de empresas fornecedoras aeronáuticas canadenses, por meio do estabelecimento de uma estratégia tecnológica e comercial de longo prazo que alinhe objetivos e promova a convergência de recursos em torno de um objetivo comum.

A estratégia do FMP consiste basicamente em identificar oportunidades de posicionar fornecedores canadenses nas futuras grandes plataformas da Boeing, Airbus, Embraer e Bombardier, atualmente em desenvolvimento:

- Airbus: programa de reposição do A320 e programa A350;
- Boeing: programa de reposição do 737;
- Bombardier: programa CSeries;
- Embraer: programa de jatos executivos.

Assim, o FMP tem por objetivo promover o desenvolvimento tecnológico da cadeia aeronáutica canadense, de modo a garantir sua participação na próxima geração de plataformas comerciais das quatro grandes OEMs da atualidade. O programa visa tanto a promoção do desenvolvimento tecnológico de fornecedores de segundo e terceiro nível (*tiers 2 e 3*) quanto a consolidação da posição de fornecedores de primeiro nível

(*tier 1*), além de buscar a criação de novas empresas de primeiro nível da cadeia de fornecedores aeronáuticos.

A definição da estratégia do FMP é feita por meio da elaboração de cenário de futuro, alinhado aos potenciais cenários de cada uma das quatro OEMs, de modo que o desenvolvimento tecnológico realizado no âmbito da plataforma esteja alinhado aos grandes projetos do setor. À elaboração do cenário de futuro segue-se a definição da estratégia de execução do FMP.

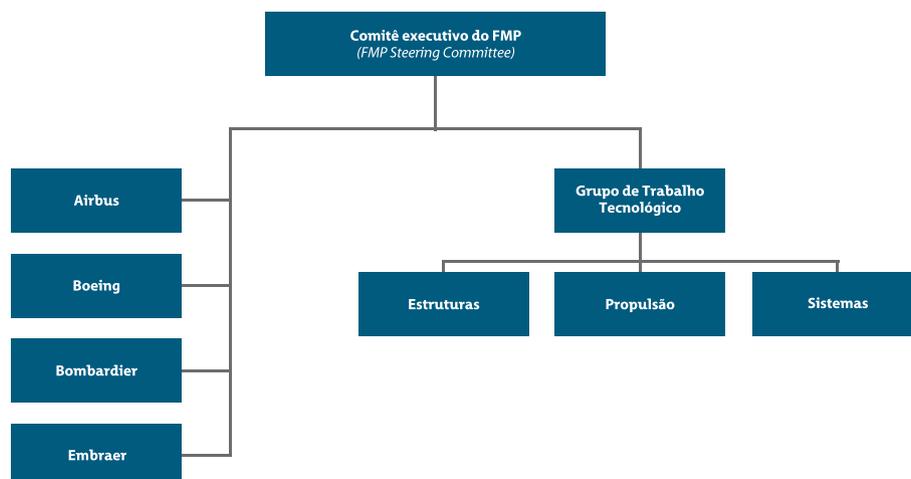
O FMP é liderado pela Aerospace Industries Association of Canada (AIAC), que reúne cerca de 500 empresas do setor aeronáutico e aeroespacial canadense e conta com a participação de governo, academia e empresas. Da parte do governo participam o Industry Canada (Ministério da Indústria), o Department of Foreign Affairs (Departamento de Comércio Exterior - DFAIT), a International Trade Canada - DFAIT (Câmara de Comércio Internacional do Canadá) e o National Research Council - Institute for Aerospace Research (Instituto de Pesquisas Aeroespaciais do Conselho Nacional de Pesquisas). Essas instituições contribuem financeiramente ao programa e fazem parte das atividades de sua governança. Como regra geral, quem contribui financeiramente participa da governança.

As universidades e institutos de pesquisa canadenses também participam intensamente dos projetos do FMP, e a propriedade intelectual é atribuída às entidades acadêmicas e de pesquisa, que posteriormente cedem os direitos de uso às empresas canadenses interessadas.

O setor privado é representado, além da Aerospace Industries Association of Canada (AIAC), por empresas relevantes do setor aeronáutico canadense e por empresas com grande potencial de desenvolvimento tecnológico. Para participar do FMP é necessário que a empresa seja membro da AIAC, que lidera o programa. Além disso, empresas, universidades ou institutos de pesquisa devem ter sua participação aprovada pelo Comitê Executivo e por um dos Grupos de Trabalho Tecnológicos do programa.

A estrutura de governança do FMP é composta por um *Steering Committee* ou Comitê Executivo, Grupos de Trabalho Tecnológicos (*Technology Working Groups*) e Grupos de Trabalho das OEMs (OEM Working Groups). A figura 25 apresenta a estrutura de governança do FMP.

Figura 25 - Estrutura de governança do Future Major Platforms (FMP)



Fonte: documentos do FMP.

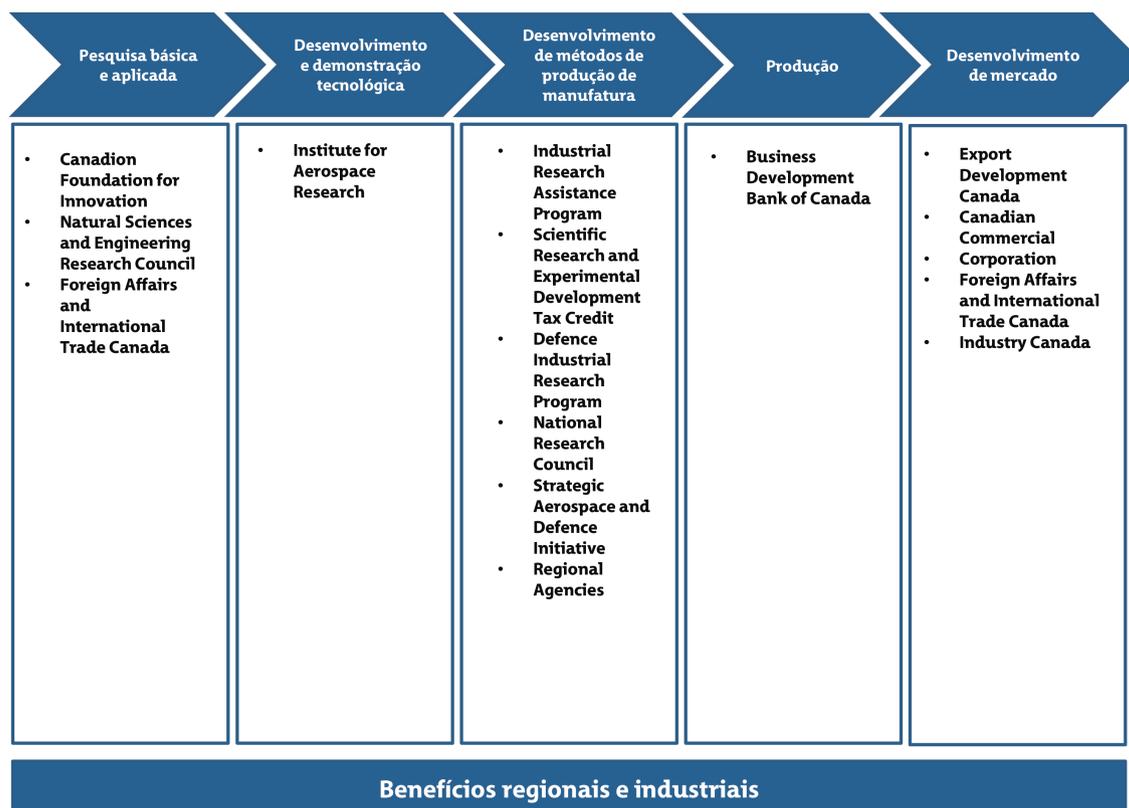
Ao *Steering Committee* ou Comitê Executivo compete liderar o desenvolvimento do programa e fazer a gestão de sua execução. O Comitê Executivo é composto pelos diretores do FMP (quando há uma gestão compartilhada pode haver mais do que um diretor, e ambos fazem parte do Comitê Executivo), diretores de Grupos de Trabalho (*Working Groups*) e representantes do National Research Council (*NRC*), da Industry Canada e Department of Foreign Affairs and International Trade Canada (DFAIT).

Cabe ao Comitê Executivo o planejamento e a execução do orçamento do programa, a integração dos subgrupos aos Grupos de Trabalho Tecnológicos e a seleção de novos membros para o programa de plataformas. Os *Technology Working Groups* ou Grupos de Trabalho Tecnológicos estão divididos em três áreas tecnológicas identificadas pelo AIAC como prioritárias para o setor aeronáutico canadense, formando os subgrupos de estruturas, sistemas e propulsão. Aos Grupos de Trabalho Tecnológicos compete desenvolver uma visão unificada das prioridades relativas às tecnologias necessárias para manter ou aumentar a participação de empresas canadenses como fornecedoras das quatro grandes OEMs da atualidade, identificar oportunidades de desenvolvimento colaborativo de diversos demonstradores tecnológicos e realizar a integração com os Grupos de Trabalho das OEMs para validar a lista de prioridades tecnológicas e necessidades das OEMs.

Os Grupos de Trabalho das OEMs incumbem-se da coleta e análise de informações estratégicas sobre os programas futuros de cada OEM e de sua disseminação aos demais membros do FMP. Os Grupos de Trabalho das OEMs são quatro, um para cada OEM: Boeing, Airbus, Embraer e Bombardier. Cada Grupo de Trabalho acompanha o desenvolvimento das plataformas selecionadas como prioritárias na OEM em questão.

Quanto à governança dos recursos e sua forma de alocação, o FMP é financiado conjuntamente por governo e iniciativa privada. A figura 26 abaixo apresenta o modelo amplo de apoio governamental à indústria aeroespacial canadense. O governo contribui com 400 milhões de dólares canadenses (equivalentes a 400 milhões de dólares), recursos provenientes das instituições governamentais envolvidas e de programas e políticas nacionais e regionais canadenses, como o National Research Council (NRC), o Strategic Aerospace and Defense Initiative (SADI) e a Industrial and Regional Benefits (IRB), entre outros.

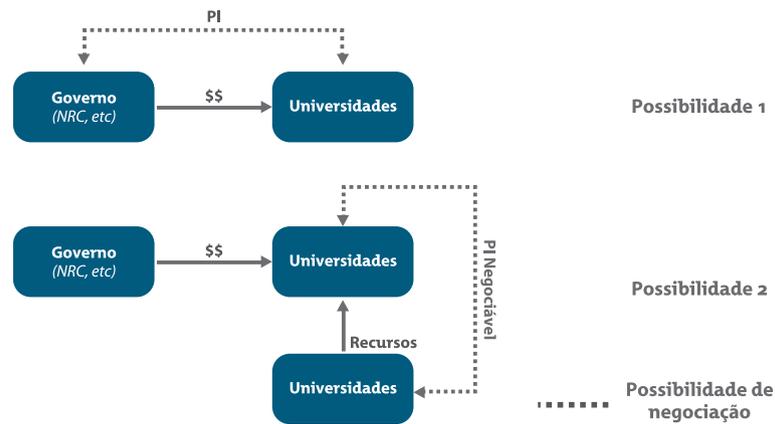
Figura 26 – Sistema de apoio para a indústria aeroespacial canadense



Fonte: documentos da AIAC.

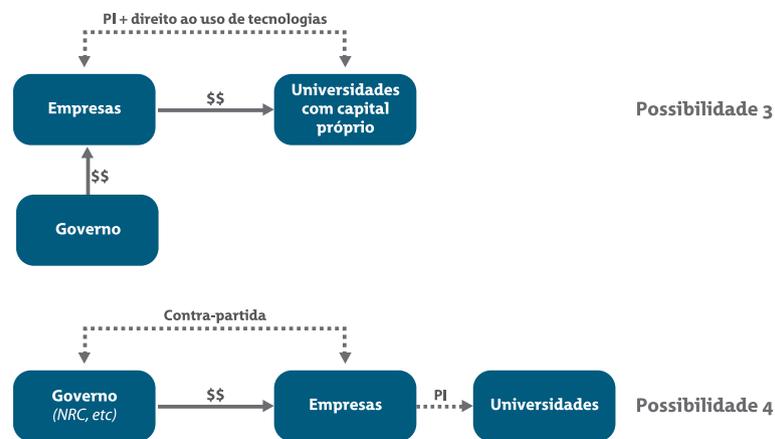
As figuras 27, 28 e 29 apresentam as principais alternativas de financiamento do FMP e as contrapartidas necessárias em cada modelo de negócio. São quatro as possibilidades de arranjos de financiamento, conforme as figuras abaixo: i) recursos financeiros fluindo do governo para as universidades, com propriedade intelectual (PI) compartilhada entre os dois atores; ii) recursos financeiros fluindo do governo para universidades e de empresas para universidades, com propriedade intelectual negociável entre universidades e empresas; iii) recursos financeiros fluindo do governo para empresas, sendo repassados a universidades que dispõem de recursos próprios para os projetos do FMP, com propriedade intelectual e direitos de uso das tecnologias acordados entre empresas e universidades; iv) recursos fluindo do governo para empresas, com contrapartidas das empresas para o governo, com direitos de propriedade intelectual acordado entre empresas e universidades.

Figura 27 – Possibilidades de financiamento FMP (1 e 2)



Fonte: elaboração dos autores a partir de documentos do FMP.

Figura 28 – Possibilidades de financiamento FMP (3 e 4)



Fonte: elaboração dos autores a partir de documentos do FMP.

Figura 29 – Possibilidades de financiamento FMP (3)



Fonte: elaboração dos autores a partir de documentos do FMP.

4.5.5.2 AEROSPACE TECHNOLOGY DEMONSTRATION PROGRAM

Em 21 de março de 2013, o Plano de Ação Econômica 2013 do Canadá anunciou a intenção do governo de criar um programa de demonstração tecnológica, cumprindo uma das principais recomendações de um estudo governamental “*Beyond the Horizon: Canada’s Interests and Future in Aerospace*”. Em setembro de 2013, o Industry Canada, que representa o Ministério da Indústria, lançou o Aerospace Technology Demonstration

Programa para apoiar projetos de desenvolvimento de pesquisa colaborativa em grande escala e em áreas com grande potencial de benefícios econômicos para o país.

Por orientação do Plano de Ação Econômica 2013, o Aerospace Technology Demonstration Program receberá 110 milhões de dólares ao longo de quatro anos, começando em 2014-15, e 55 milhões de dólares por ano em uma base contínua, posteriormente, para estabelecimento do Aerospace Technology Demonstration Program. O programa apoiará projetos de tecnologia em larga escala que apresentam forte potencial de comercialização e promoverá a colaboração entre a indústria, incluindo ensaios de simulação, testes de integração de sistemas e atividades de refinamento. Um componente do programa refere-se a sua capacidade de apoiar custos de pesquisa em instituições de ensino superior, que atendam às necessidades mais amplas da indústria. O programa irá cobrir até 50% do total dos custos elegíveis ao longo da vida do projeto.

O Aerospace Technology Demonstration Program fornece contribuições não reembolsáveis para apoiar projetos de demonstração tecnológica em grande escala em setores de segurança aeroespacial, defesa e espaço. Projetos de demonstração, liderados por um Original Equipment Manufacturer (OEM) ou uma companhia *Tier 1*, exigem a integração de diversas tecnologias e a coordenação das atividades e recursos de vários membros do projeto. Os projetos financiados por este programa serão a base para a fabricação e serviços da próxima geração tecnológica no Canadá. O programa apoiará o desenvolvimento tecnológico em áreas que têm potencial significativo para os benefícios econômicos de base ampla e de longo prazo no Canadá.

Durante a fase de P&D do Aerospace Technology Demonstration Program, os membros considerados qualificados deverão apresentar requisições financeiras para o reembolso dos custos elegíveis incorridos, em base trimestral, semestral ou em outras frequências, conforme determinado por uma avaliação de risco. Os membros qualificados deverão fornecer um relatório documentando o progresso do projeto, com respectiva requisição financeira.

Estão previstas, também, reuniões de avaliação dos projetos com frequência anual no local de execução do projeto. Comentários adicionais ao projeto poderão ser inseridos, a critério do Industry Canada.

Em uma base anual, o membro qualificado será obrigado a apresentar um relatório sobre os progressos realizados para alcançar os resultados e benefícios associados com o projeto. Após a conclusão do projeto, o membro qualificado será obrigado a apresentar um relatório final, documentando os resultados e status em relação ao objetivo geral do projeto.

Durante cinco anos, após a conclusão do projeto, o membro qualificado será obrigado a apresentar relatórios anuais de pós-projeto para documentar os benefícios de longo prazo, realizados desde a conclusão do projeto. Neste relatório, o membro qualificado também será obrigado a demonstrar como a promoção do desenvolvimento da tecnologia está sendo realizada para a comercialização potencial e manutenção da infraestrutura.

COMITÊ CONSULTIVO

Um comitê consultivo será criado para fornecer um *feedback* anual sobre a concepção do programa, operação e impacto. Este comitê será criado em consulta com as partes interessadas da indústria aeroespacial, espaço, defesa e indústrias de segurança e será posta em prática a tempo de influenciar o concurso que irá ocorrer em 2014.

ELEGIBILIDADE DE MEMBROS QUALIFICADOS DE PROJETOS

Os beneficiários elegíveis devem ser uma OEM ou uma empresa de *Tier 1*. A corporação de líder (membro qualificado) deve ser uma corporação sem fins lucrativos, constituída de acordo com as leis do Canadá e que exerça suas atividades no país.

O requerente deve demonstrar sua capacidade de financiar, liderar e gerir um grande projeto pesquisa e desenvolvimento que possam incluir outras indústrias e membros de pesquisa. Um acordo de contribuição será assinado entre o requerente e o *Crown* (quando o candidato elegível torna-se efetivamente um membro qualificado). O destinatário é responsável pelo gerenciamento do projeto, apresentação de reclamações, recebimento de contribuições do governo e por fluir recursos para os membros do projeto e emitir relatórios sobre os resultados.

ELEGIBILIDADE DE MEMBROS DE PROJETOS

Projetos de demonstração em larga escala exigem um esforço colaborativo que envolve várias empresas, universidades, faculdades e/ou instituições de pesquisa. Os candidatos devem reunir os membros do projeto, incluindo pelo menos uma empresa pequena ou média empresa (PME) com sede no Canadá (menos de 500 empregados), para promover o desenvolvimento da cadeia de suprimentos, e pelo menos uma universidade canadense credenciada, faculdade ou instituto de pesquisa afiliado, para promover a transferência de conhecimento. Os membros internacionais que contribuam com os seus próprios recursos financeiros poderão participar do programa e também poderão ter acesso a financiamentos do programa, quando necessário, para o seu sucesso em atividades que não possam ser providas no Canadá.

O membro qualificado de um projeto aprovado será responsável por receber a contribuição do governo e distribuir uma quantidade especificada para os membros do projeto, a fim de maximizar a contribuição de todos os membros e potenciais benefícios colaterais. A quantidade real proposta no pedido será incluída como um compromisso contratual no acordo de contribuição.

O destinatário será obrigado a ter um acordo de Propriedade Intelectual (PI) em vigor, aprovado pelos principais membros do projeto, antes da liberação de qualquer tipo de financiamento no âmbito do programa. Essa condição de pré-pagamento será satisfeita após o recebimento do contrato de PI que define a propriedade e direitos de compartilhamento de arranjos que permitem que os membros do projeto explorem a PI de uma maneira que atinja os benefícios articulados na proposta.

ELEGIBILIDADE DE PROJETOS

Os projetos de demonstração tecnológica devem incluir atividades até a conclusão de Technology Readiness Level 6 (TRL6). A duração do projeto de P&D deverá ser em torno de cinco anos, podendo-se considerar caso a caso projetos com uma duração mais curta ou mais longa.

O membro qualificado deverá coincidir com a contribuição do governo (a outra parte de 50%, através do seu próprio investimento e/ou de outra fonte de recursos). A assistência de todas as fontes governamentais (federal, provincial, territorial, municipal) não deve ser superior a 75% dos custos elegíveis.

Os candidatos deverão ter ainda uma estratégia pós-projeto para desenvolver mais a tecnologia que emerge de projetos de TDP em aplicações específicas de produto, a fim de alcançar o potencial de comercialização.

TIMELINES PARA ELEGIBILIDADE DE MEMBROS E PROJETOS

Tabela 8 – Ciclo de Elegibilidade TDP Canadá

Processo de Aplicação e Timelines	Duração	Descrição
Termo de Interesse Statement of Interest (SOI)	3 meses	Seleção de aplicantes
Revisão do SOI e convite dos aplicantes selecionados	1 mês	Convite para os aplicantes selecionados apresentarem os projetos
Proposta de projeto	3 meses	Apresentação de proposta de projeto pelos aplicantes
Auditoria	2 meses	Auditoria dos projetos selecionados
Aprovações	2 meses	Aprovações de projetos participantes
Acordo de contribuição/contrapartidas	1 mês	Acordo de fechamento das contribuições 50/50 entre o programa e as instituições eleitas a tocarem os projetos

Fonte: elaboração dos autores a partir de documentos do ATDP.

Para o período 2013/2014, as seguintes fases do processo já foram definidas:

- SOI > até 6 de dezembro de 2013;
- revisão do SOI e convite dos aplicantes selecionados > até 13 de janeiro de 2014;
- proposta de projeto > até 14 de abril de 2014.

AÉRO MONTRÉAL²⁹ E GREENER AIRCRAFT CATALYST PROJECT

Criado em 2006, em torno da aglomeração aeronáutica de Montreal, na província de Quebec, Canadá, o Aéro Montréal é uma entidade dedicada a promover a coordenação de esforços entre governo, empresas, universidades, centros de pesquisa, associações empresariais e sindicatos do setor aeronáutico. Tal entidade é autodefinida como um “*think tank* estratégico (...) que agrupa todos os principais tomadores de decisão do setor aeroespacial de Quebec, com a missão de mobilizar os atores industriais ao redor de objetivos comuns e ações concertadas para aumentar a coesão e otimizar a competitividade do cluster aeroespacial da região”³⁰.

Apesar da autoimagem, sua atuação supera em muito os limites mais estreitos do que em geral se convencionou chamar de *think tank*³¹. Com efeito, o Aéro Montréal não é apenas um fórum de coordenação dos atores da aglomeração aeronáutica da província de Quebec ou uma instituição elaboradora de estudos, pesquisas e recomendações, encarregando-se também da execução de iniciativas voltadas a promover o desenvolvimento do setor aeronáutico de Quebec. Entre essas iniciativas, sobressai-se o Greener Aircraft Catalyst Project, demonstrador tecnológico com dotação orçamentária de 150 milhões de dólares canadenses³² para o quadriênio de 2010-2013, sendo 53% desse montante financiado pela indústria e 47 % pelo governo da província de Quebec. Dada sua importância, ele será discutido com mais detalhes adiante.

A estrutura de governança do Aéro Montréal é formada por um Comitê Executivo (*Executive Committee*), um Conselho Diretor (*Board of Directors*) e seis Grupos de Trabalho (*Working Groups*). O Comitê Executivo é composto por quatro representantes de empresas canadenses e estrangeiras com operações na aglomeração aeronáutica de Montreal (presidentes ou CEOs dessas empresas) e um presidente-executivo, responsável por secretariar o trabalho do Aéro Montréal.

O Conselho Diretor é composto por vinte e quatro membros, entre representantes de empresas canadenses e estrangeiras (entre presidentes, CEOs, vice-presidentes, vice-CEOs e diretores de empresas), universidades, institutos de pesquisa, agências de fomento à ciência, tecnologia e inovação (entre os quais o CEO do CRIAQ) e dois observadores governamentais permanentes sem direito a voto.

São seis grupos de trabalho compostos por representantes da indústria, associações do setor, governo e sindicatos, que cobrem um escopo bastante amplo de temas e áreas, definidos previamente no planejamento estratégico do Aéro Montréal, quer sejam: desenvolvimento de cadeia de fornecedores (*supply chain development*), marcas e promoção (*branding and promotion*), inovação (*innovation*), recursos humanos (*human resources*), desenvolvimento de mercados para PMEs (*markets development – SMEs*) e defesa e segurança nacional (*defence and national security*).

²⁹ <http://www.aeromontreal.ca/projet-mobilisateur-de-lavion-plus-ecologique-en/>

³⁰ “(...) *strategic think tank* (...) that groups all the major decision makers in Quebec’s aerospace sector [com a missão de] mobilize industry players around common goals and concerted actions to increase the cohesion and optimize competitiveness of Quebec’s aerospace cluster”

³¹ O *lpea*, por exemplo, algumas vezes é definido como *think tank* por estrangeiros.

³² O valor do dólar canadense é equivalente ao valor do dólar dos Estados Unidos.

As ações de maior importância e impacto do Aéro Montréal são executadas pelos grupos de trabalho. O Grupo de Trabalho de Desenvolvimento de Cadeia de Fornecedores é responsável pela execução da MACH Initiative, dedicada a reforçar a cadeia de fornecedores de Quebec por meio da coordenação dos atores e da identificação de oportunidades de desenvolvimento industrial e de mercados, de modo a aumentar a competitividade das empresas da cadeia. A MACH Initiative é coordenada pela Bombardier e terá duração de cinco anos, contados desde 2011. No primeiro ano da MACH Initiative, vinte empresas fornecedoras participaram da iniciativa. Pelos documentos do Aéro Montréal não foi possível acessar o orçamento da MACH Initiative.

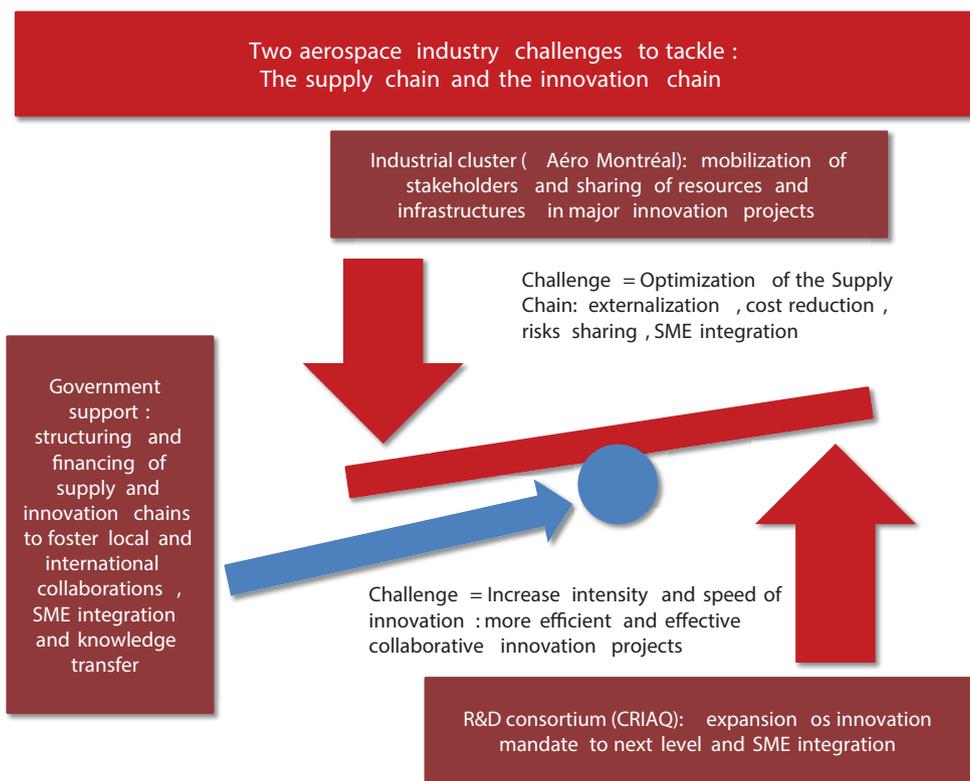
O Grupo de Trabalho de Inovação, por sua vez, encarrega-se de executar o mais ambicioso programa do Aéro Montréal, quer seja o Greener Aircraft Catalyst Project. Esse programa dispõe de um orçamento total de 150 milhões de dólares canadenses para um período de quatro anos (2010-2013), dos quais 53% (79,5 milhões de dólares canadenses) são financiados pela indústria e 47% (70,5 milhões de dólares canadenses) pelo governo de Quebec. O programa está estruturado em torno de cinco demonstradores tecnológicos:

- estruturas de fuselagem aeronáuticas em materiais compósitos, liderado pela Bombardier e pela Bell Helicopter Textron Canada;
- motores mais eficientes energeticamente, liderado pela Pratt & Whitney Canada;
- aviônica integrada para aplicações em cabine de comando, liderado pela Esterline CMC Electronics;
- aviônica integrada para sistemas críticos, liderado pela Thales Group e pela Bombardier;
- trem de pouso do futuro, liderado pela Héroux-Devtek.

O objetivo do Greener Aircraft Catalyst Project é apoiar o desenvolvimento pré-competitivo da nova geração de aeronaves mais “verdes”, que atendam às exigências de maior eficiência energética, redução da emissão de poluentes e de ruídos e aumento dos sistemas inteligentes. Para atingir esses objetivos será necessário, entre outros, reduzir o peso das aeronaves por meio do emprego de materiais compósitos para fabricação de fuselagem e asa. Destaque-se que o demonstrador tecnológico “estruturas de fuselagem aeronáuticas em materiais compósitos” é voltado para o desenvolvimento de inovações que permitam redução considerável do peso da aeronave para aumentar a eficiência energética das aeronaves e, conseqüentemente, reduzir as emissões de carbono. A meta desse demonstrador é dominar, no período entre 2010 e 2013, tecnologias avançadas para manufatura de fuselagens em compósitos de fibra de carbono de modo automatizado e competitivo.

O Grupo de Trabalho de Inovação é composto por dezoito profissionais de P&D e inovação e de empresas, além de representantes de universidades, institutos de pesquisa e governo, bem como representantes do CRIAQ, o que totaliza vinte e cinco membros.

Figura 30 – Aéro Montréal e CRIAQ: complementaridades



Fonte: site CRIAQ.

4.5.5.4 CRIAQ

O Consortium for Research and Innovation in Aerospace in Québec (CRIAQ) é um programa de apoio ao setor aeronáutico da província de Quebec focado na qualificação de recursos humanos, em especial de pesquisadores de universidades e institutos de pesquisa, por meio do incentivo à colaboração entre pesquisadores e empresas do setor aeronáutico de Quebec. Seu objetivo principal, portanto, não é de ser uma plataforma demonstradora tecnológica, mas, buscar o aumento da competitividade do setor aeronáutico de Quebec pela qualificação de pesquisadores e da mão de obra em geral e pelo aumento da colaboração de universidades e institutos de pesquisa com empresas da região.

Os principais objetivos do CRIAQ são:

- desenvolvimento de iniciativas de pesquisa colaborativas em temas inovadores, comandados pela indústria com atuação de diversos parceiros;
- desenvolvimento de inovações para o setor aeronáutico;
- capacitação da mão de obra em formação, por meio da inclusão de estudantes em todos os projetos embasados no CRIAQ;

- desenvolvimento de massa crítica, por meio de apoio a congressos estudantis, fóruns e competições;
- colaboração com outras iniciativas de pesquisa canadenses e internacionais.

Além do governo, universidades, institutos de pesquisa e empresas da província de Quebec, qualquer entidade com atividade em Quebec pode participar do CRIAQ. Entidades industriais que não possuam alguma unidade em Quebec, mas que sejam consideradas essenciais para a cadeia produtiva canadense (pelo Comitê de Gestão) também podem participar, desde que em colaboração com entidades da província de Quebec. O governo da província de Quebec é o fundador do CRIAQ, e participa das atividades de gestão do programa.

No CRIAQ cada projeto deve contar com pelo menos duas universidades e institutos de pesquisa e duas empresas, tendo um total de noventa membros, divididos entre indústria, academia, associados e parceiros. Os membros industriais são responsáveis por financiar parte dos serviços, além de auxiliar no desenvolvimento das atividades no âmbito do programa. Os membros industriais, listados na tabela abaixo, podem obter direitos de propriedade intelectual ou direitos de utilização de novas tecnologias geradas no âmbito do CRIAQ.

Tabela 9 - Lista de membros industriais - CRIAQ

Bell Helicopter Textron Canada Limited	AV&R	Marquez Transtech Ltd
Bombardier Aerospace	Avianor	MDA Space Missions
CAE inc.	Avior Integrated Products Inc.	MDS Coating Technologies Corporation
Pratt & Whitney Canada	Composites Atlantic Ltd.	Mecachrome Canada Inc.
3M Canada	Coriolis Composites Canada	Meloche Group
CMC Electronics Inc.	Creaform	Messier-Buggati-Dowty
GE AViation	CS communication & Systems Canada Inc.	Nutaq
Héroux-Devtek Inc.	Delastek Inc.	OPAL-RT Technologies Inc.
L-3 MAS	Dema Aeronautics Inc.	PMG Technologies Inc.
Rolls-Royce Canada Ltd.	Dorval Technologies	Raymor Industries Inc.
Thales Canada Inc.	Edmit Industries Inc.	REHAU Industries Inc.
Turbomeca Canada	Gestion TechnoCap	Roy Aircraft & Avionic Simulation
Aéroports de Montréal	Groupe Sotrem-Maltech	Silkan
Aerosystems International Inc (ASI)	JMJ Aéronautique	Sinters
Altitude Aerospace	Laflamme Ingénierie	Solaxis Ingenious Manufacturing Inc.
Aluminerie Alouette Inc.	Liburdi	Sonaca NMF Canada Inc.
ASCO Aerospace Canada Ltd	Marinvent Corporation	Transtronic Inc.
ATEM Canada		

Fonte: site CRIAQ.

Os membros acadêmicos são centrais na estrutura de governança do CRIAQ, já que são os recebedores dos recursos financeiros e estão envolvidos no desenvolvimento das atividades com suporte financeiro do CRIAQ. As tabelas abaixo apresentam a estrutura dos membros do CRIAQ distribuída entre academia, associados, institutos de pesquisa fora de Quebec e parceiros.

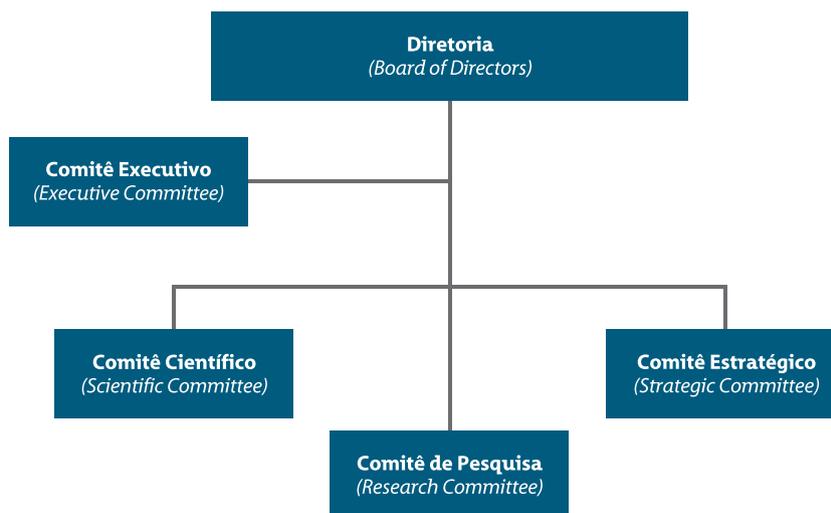
Tabela 10 - Membros da academia e parceiros - CRIAQ

Universidade e Centros de Pesquisa	Parceiros
Carleton University	Fonds de recherche du Québec - Nature et Technologies
Concordia University	NRC Industrial Research Assistance Program
École de Technologie Supérieure	Aero Montreal
École Polytechnique de Montréal	Association des industries aérospatiale du Canada
McGill University	Canadian Composites Manufacturing R&D Inc.
Université de Sherbrooke	Canadian Space Agency
Université du Québec à Chicoutimi	Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium
Université du Québec à Trois-Rivières	Envirotec
Université Laval	GARDN
University of Ottawa	UAS Centre of Excellence
Canadian Light Source Inc.	
CRIM	
CRIQ - Centre de recherche industrielle Québec	
INO	
INRS	
NRC	
Centre de Métallurgie du Québec	
Centre technologique en aérospatiale	
Composites Development Centre of Quebec	
HEC Montreal	
Optech	
Université de Montréal	
Université du Québec à Montréal	
Université du Québec à Rimouski	
York University	

Fonte: site CRIAQ.

A estrutura organizacional do CRIAQ é formada por uma diretoria (*Board of Directors*) composta por dezoito membros (de empresas, universidades e instituições públicas pertinentes) em conjunto com observadores designados. O Comitê Executivo (*Executive Committee*) é composto por dez membros; o Comitê Científico (*Scientific Committee*) e o Comitê Estratégico (*Strategic Committee*) não têm composição previamente definida. Finalmente, existe o Comitê de Pesquisa (*Research Committee*), no qual todos os membros do CRIAQ participam, conforme descrito na figura 31.

Figura 31 - Estrutura organizacional do CRIAQ



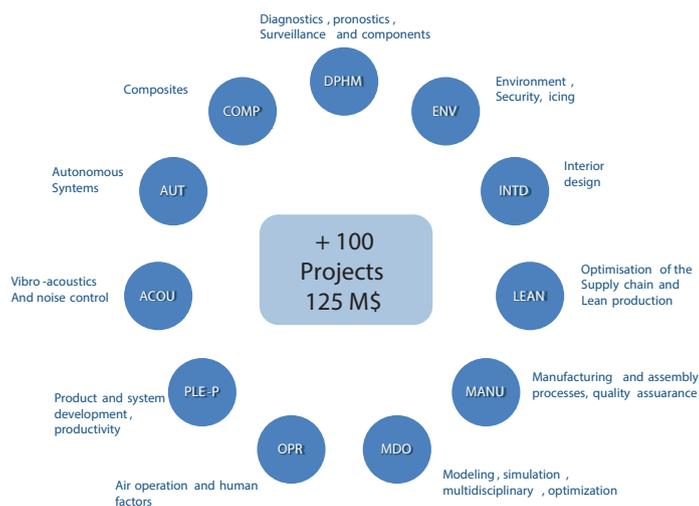
Fonte: site CRIAQ.

A tomada de decisão no programa é *top-down*, ou seja, da diretoria para os grupos de pesquisa. Todas as decisões são tomadas apenas pelos membros do programa, e a participação dos demais comitês se dá por sugestões e apoio técnico. A diretoria é responsável pela interface programa/governo (governo da província de Quebec) e gera as diretrizes gerais do programa, divulgando os resultados obtidos dentro do governo.

O Comitê Executivo é responsável pela gestão do CRIAQ. Os Comitês Científico, de Pesquisa e Estratégico têm por finalidade implementar o processo de *open innovation* no CRIAQ, por meio de fóruns bimestrais, nos quais são apresentados os projetos em andamento, discutidas novas propostas de projetos, melhorias nos atuais projetos e alinhamento da estratégia do programa.

Os recursos financeiros do CRIAQ, subvenção, giram em torno de 125 milhões de dólares canadenses alocados em mais de 100 diferentes temáticas, com horizonte até 2022. Vide figura 32 abaixo.

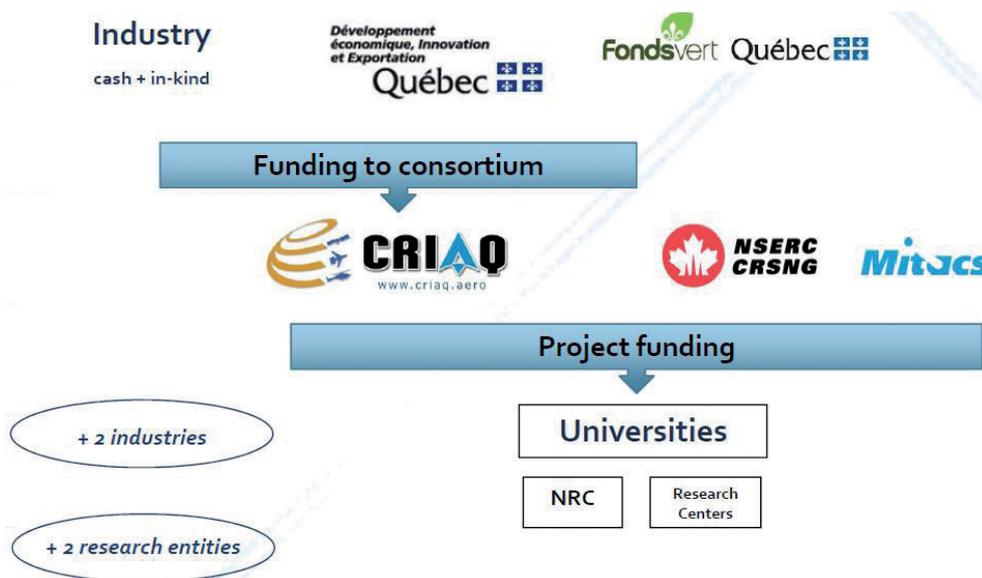
Figura 32 - CRIAQ Funding



Fonte: site CRIAQ.

O CRIAQ é financiado pelo governo, por instituições-membros do CRIAQ (recursos obtidos por meio de anuidades pagas pelos membros) e por empresas participantes (contribuição econômica e/ou financeira). A figura 33 apresenta este modelo.

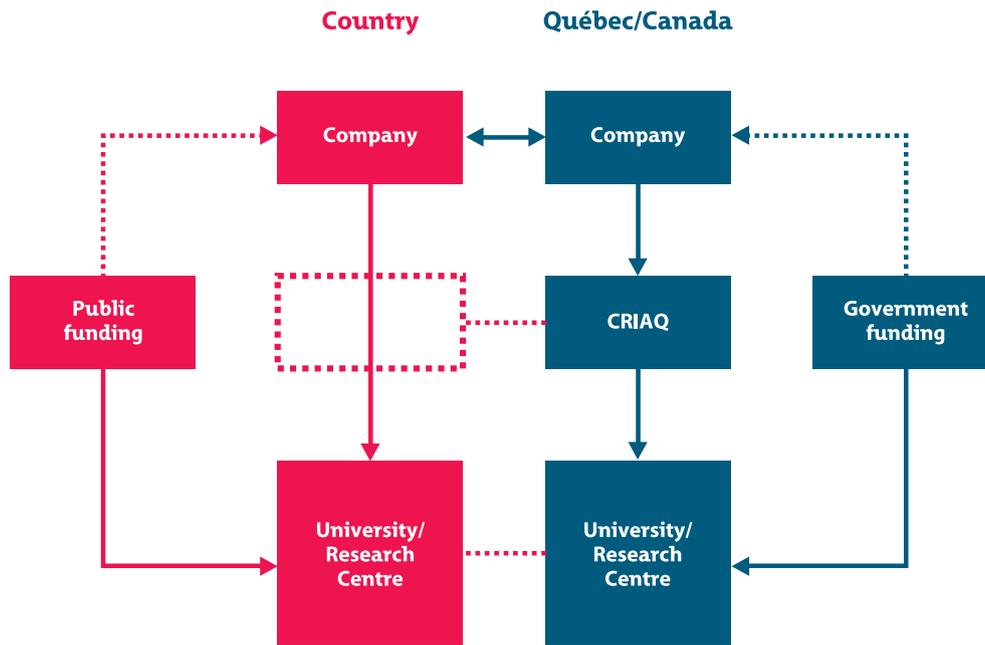
Figura 33 - Modelo de financiamento de projetos mais complexos do CRIAQ



Fonte: site CRIAQ.

A figura 34 apresenta o modelo de financiamento de projetos colaborativos internacionais do CRIAQ. Os acordos de colaboração internacional devem replicar a mesma estrutura de financiamento do CRIAQ: recursos públicos apoiando colaborações entre universidades e institutos de pesquisa e empresas.

Figura 34 – Modelo de financiamento de projetos colaborativos internacionais do CRIAQ



Fonte: site CRIAQ.

A rotina de seleção de projetos consiste em três etapas sequenciais: *startup*, planejamento e acordo de concessão (*agreement*). Na etapa *startup* é feita a apresentação pública do projeto, em conjunto com o termo de interesse por parte do Comitê Executivo. Nessa fase são analisados possíveis parceiros industriais, assim como a intenção de gestão, por parte da academia. Adicionalmente, são realizadas consultas ao Comitê Executivo para verificar a necessidade e validade da participação de não membros. Na sequência, etapa de planejamento, são compostos os grupos de pesquisa, definidas as regras dos projetos e preparadas propostas a serem submetidas ao Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC) – órgão governamental que financia grande parte dos projetos – e outros financiadores.

5. LIÇÕES APREENDIDAS DO BENCHMARKING INTERNACIONAL EM PLATAFORMAS DEMONSTRADORAS TECNOLÓGICAS

A seguir, discutiremos as recomendações para a construção de um modelo de governança num programa de plataformas demonstradoras tecnológicas no Brasil. O grau de maturidade das experiências internacionais contribui positivamente ao nosso processo de aprendizado.

Considera-se que a principal inspiração ao modelo brasileiro seja o programa europeu Clean Sky, uma vez que atua precipuamente com plataformas demonstradoras tecnológicas com recursos da União Europeia, envolvendo os *stakeholders*, a partir de documentos e chamadas previamente acertados. Em sua estrutura de governança há órgãos independentes de planejamento estratégico tecnológico e de mercado e de assessoria tecnológica. Há metas predefinidas a serem atingidas e estrutura autônoma de “medição” do cumprimento das metas e dos contratos. Destaque-se que os demais programas europeus analisados – NATS e Corac – são seguidores da lógica do Clean Sky.

O programa norte-americano NextGen é centralizado na FAA, o que, em uma analogia, seria como se a Secretaria de Aviação Civil dispusesse de um robusto orçamento livre para a execução do programa. A sua estrutura de governança também envolve *stakeholders*, estruturas de planejamento/previsão/predição tecnológico, atuando com metas predefinidas.

O Future Major Platforms canadense é um programa um pouco diferente, pois é voltado ao fortalecimento da cadeia de fornecimento, com foco no desenvolvimento de plataformas de nova geração. Essa caracterização envolve outros objetivos, tais como suporte à OEM canadense (Bombardier) através da viabilização tecnológica e comercial da sua rede de fornecedores, ou mesmo servir como instrumento de inteligência de mercado ao promover a análise sistemática dos movimentos das demais OEMs relevantes. De qualquer maneira, sua estrutura de governança também envolve *stakeholders*.

Independentemente das diferenças de objetivos, participantes e papéis desempenhados em cada uma das experiências de plataformas analisadas, há diversos pontos em comum entre esses programas que poderão ser considerados como aproximações de melhores práticas ou fatores críticos para o seu sucesso. Podemos tirar uma série de recomendações, que extrapolam as especificidades dos governos e, respectivos setores industriais e tecno-científicos de cada país, e tomá-las como aspectos orientadores ao desenvolvimento de um programa brasileiro de plataformas demonstradoras tecnológicas.

As tabelas 11 e 12 sintetizam, respectivamente, as características comuns da lógica da governança estratégica-operacional e da estrutura organizacional da governança nos programas internacionais analisados.

Tabela 11 – Características comuns dos programas internacionais

Os programas baseiam sua estratégia numa definição coletivamente construída e acordada para um panorama de futuro das tecnologias, produtos e mercados aeronáuticos em horizontes temporais de 10 a 20 anos.

Os programas analisados contam com instâncias de governança perenes e dotadas de autonomia executiva e orçamentária, encarregadas de coordenar as atividades dos diferentes atores participantes dos programas.

Os programas têm estruturas de governança voltadas a aumentar a colaboração entre governo, empresas e universidades, alinhando objetivos e convergindo recursos financeiros, econômicos e humanos.

Os programas desenvolvem sua formação institucional e sua estrutura de governança, de modo a fortalecer a indústria e as instituições de pesquisa locais, a partir de acordos prévios com as empresas que lideram as respectivas cadeias.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 12 – Experiência internacional - síntese dos pontos para o modelo de governança

Órgãos específicos para definição estratégica - temas, plataformas, tecnologias específicas.

Governança segundo *stakeholders*, com destaque para os financiadores.

Participação direta de ministros nos comitês de gestão.

Órgãos executivos para gestão do programa e análise da prestação de contas.

Comitês consultivos com especialistas e academia.

Medição e avaliação independente do atendimento das metas e da execução dos contratos.

Fonte: elaboração própria.

Pelo exposto, quando se analisa o conjunto da indústria aeronáutica mundial, confirma-se que a tendência contemporânea é a de que países, e não corporações ou investidores privados, trazem a política pública do setor, com vistas a dominar o ciclo completo da indústria e da tecnologia aeronáutica (Varela, 2013). Ou seja, os projetos de plataformas demonstradoras tecnológicas do setor aeronáutico são, principalmente, projetos do estado-nação diante do caráter estratégico das tecnologias inerentes dessa indústria e à competitividade dos países.

6. RECOMENDAÇÃO DE MECANISMO JURÍDICO-INSTITUCIONAL PARA FINANCIAMENTO DO PROGRAMA DE PLATAFORMAS DEMONSTRADORAS TECNOLÓGICAS AERONÁUTICAS

Neste capítulo discute-se um modelo de financiamento para um programa de plataformas demonstradoras tecnológicas no Brasil. Para tanto, utilizaremos as lições dos programas internacionais e buscaremos coerência com o panorama histórico-institucional e com o ordenamento jurídico brasileiro. Antes, porém, é preciso ter em mente as plataformas que seriam contempladas pelo projeto.

6.1 PLATAFORMAS PRIORITÁRIAS

Como já visto nas experiências internacionais, as plataformas demonstradoras tecnológicas envolvem política pública de apoio a sistemas integrados de tecnologias, indo aos limites da pesquisa, desenvolvimento e engenharia pré-competitiva. Dois aspectos merecem ser ressaltados: a) são sistemas integrados, ao invés de tecnologias isoladas; b) há previsão de utilização imediata, após demonstração, em projetos de produto.

As plataformas são sistemas complexos, sujeitos à certificação de cunho aeronáutico (ou seja, requerem altíssima confiabilidade e, a depender do sistema, vários níveis de redundância), que envolvem um montante substancial de recursos e longo prazo de desenvolvimento (quatro ou mais anos). Portanto, ao caso brasileiro, há desafios que se colocam:

- não é praxe a alocação de somas elevadas em subvenções e créditos especiais para projetos desse tipo. Para os primeiros editais de subsídio à inovação lançados pela Finep (após a aprovação da Lei de Inovação), a Confederação Nacional da Indústria (CNI) pleiteou que os editais não tivessem área predefinida, o que levou à pulverização dos recursos financeiros de apoio à inovação.
- ainda há descontinuidade no financiamento à inovação, particularmente no recurso não reembolsável. A Finep não possui dotação orçamentária independente definida, como nos moldes do BNDES (Fundo de Amparo ao Trabalhador - FAT) ou da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e de outras fundações estaduais de apoio à pesquisa, que

possuem uma dotação predefinida – normalmente, um percentual da receita arrecada pelo Estado.

- não há experiência recente no Brasil de esquemas de governança em projetos de grande monta de recursos financeiros, envolvendo atores públicos, privados e academia.
- não há experiências relativas a esquemas de parceria entre empresas e poder público, nas quais as empresas são cofundadoras de um programa, não se submetendo a editais (exemplo do Clean Sky).

Entretanto, o Brasil já possui um bom acúmulo de experiências do ponto de vista da estratégia tecnológica e dos sistemas a serem considerados para apoio público em programas de plataformas demonstradoras tecnológicas no setor aeronáutico brasileiro.

Além do aprendizado com os países mais avançados, particularmente, Estados Unidos e União Europeia³³, o Estudo Prospectivo Aeronáutico (ABDI, 2009) pode ser considerado um marco, já que contou com a participação de órgãos governamentais, representantes da academia e indústria, continuando atualizado à luz das tendências tecnológicas. Nas entrevistas, levantamentos e trabalhos até então realizados, o estudo é respeitado e reconhecido pelos representantes do setor aeronáutico e da academia, apontando para tecnologias que nos levam a três plataformas demonstradoras tecnológicas, quer sejam: avião verde – asa alongada, aeronave mais elétrica e aeronave inteligente. Tais plataformas são bastante aderentes às plataformas fomentadas pelos programas europeus (Clean Sky 1 e 2, NATS e Corac), norte-americano (NextGen) e pelo conjunto de programas canadenses.

O estudo prospectivo ainda apresentou uma estimativa da Associação das Indústrias Aeroespaciais Brasileiras (AIAB) de orçamento total estimado em R\$ 1,1 bilhão em cinco anos (2008-2012) para o desenvolvimento dos programas de P&D pré-competitivo. Desse montante, R\$ 660 milhões seriam de fontes públicas e R\$ 350 milhões de contrapartida econômica ou financeira das empresas envolvidas.

Destaque-se, também, que os principais temas elencados no estudo já guardavam grande proximidade com as três plataformas propostas: estruturas leves e eficientes; sistemas embarcados; modelagem virtual. Alguns desses temas já obtiveram apoios financeiros, como o caso do conforto de cabine, em que houve investimento público (Finep, Fapesp) e privado (Embraer) para a montagem de laboratório de conforto junto à Escola Politécnica da USP.

Destaque-se, ainda, os subtemas elencados pelo estudo, considerados atuais ao desenvolvimento tecnológico do setor: materiais e processos; manufatura avançada; tecnologias para maximizar a possibilidade de sobrevivência em caso de acidentes; técnicas e processos para reduzir o impacto ambiental da produção e descarte de aeronaves; sensoriamento e saúde da aeronave; integração de sistemas e *software* embarcado; combustíveis alternativos para aviação; tecnologias para ambiente de cabine diferenciado; tecnologias para prevenir e evitar acidentes; integração de tecnologias embarcadas para CNS/ATM (Communication Navigation Surveillance/

³³ Evidentemente, União Europeia não é um país. Para simplificação das frases, quando a União Europeia aparece ao lado de um país, como os Estados Unidos aqui no caso, reduzimos tudo a países.

Air Traffic Management); eficiência aerodinâmica e baixo consumo; aeroacústica; avançadas ferramentas de engenharia e simulação; otimização do projeto aeronáutico; métodos, ferramentas e processos em engenharia de sistemas.

Com o objetivo de consubstanciar melhor essa discussão, a ABDI também realizou alguns fóruns de debates técnicos com a participação de representantes do setor aeronáutico (AIAB, CECOMPI e empresas do setor), de governo (BNDES, FINEP, MDIC, MCTI, AEB) e da academia (CTA-ITA, USP, IPT, UFMG, FAPESP, INPE) para se discutir a importância de uma política de plataformas demonstradoras tecnológicas e a relevância da plataforma do avião verde – asa alongada – em diversos segmentos da cadeia aeronáutica nacional –, que permitiria que empresas se qualificassem em projetos e produção de estruturas aerodinâmicas.

Sobre o avanço das discussões técnicas entre os atores envolvidos – governo, academia, e empresas –, chegou-se à anuência sobre a relevância tecnológica das três plataformas já mencionadas – e seus orçamentos estimados em US\$ 308.650.000,00, Plataforma Avião Verde (asa alongada), US\$ 12.100.000,00, Plataforma Aeronave Mais Elétrica, e US\$ 24.162.000,00, Plataforma Avião Mais Inteligente, todos desenvolvimentos num horizonte de cinco anos.

Assim, entende-se que a definição das três plataformas acima elencadas reflete o espírito e a lógica do Estudo Prospectivo Aeronáutico (ABDI, 2009), complementando-o com uma visão de sistemas, estando atualizadas na vanguarda tecnológica das grandes OEMs. Fazendo paralelo com o Clean Sky, o Estudo Prospectivo Aeronáutico poderia ser considerado como uma edição da Strategic Research Agenda (SRA), e a definição atual dos projetos de plataformas, um adendo à agenda, uma revisão alguns anos depois, tal qual aconteceu com o SRA-2004 e sua revisão em 2008.

Em que pese não haver no momento um grupo predefinido que, permanentemente, avalie e proponha ajustes ao *roadmap* traçado, a definição das plataformas é significativa e deve ser aproveitada na elaboração de um programa-piloto brasileiro, que pode vir a ser entendido como um esquema de transição para programas futuros, eventualmente até em outras áreas. Além disso, a definição das plataformas atuais é condição *sine qua non* para a fase operacional de um programa brasileiro, uma vez que já delinea o montante nele envolvido, os desafios tecnológicos e os possíveis parceiros.

Assim, ao se pensar num programa-piloto para plataformas demonstradoras tecnológicas aeronáuticas para o Brasil, já podemos considerar as três plataformas a seguir, com prioridade para a primeira plataforma (avião verde – asa alongada). Tal priorização baseia-se na sintonia com as estratégias de desenvolvimento tecnológico de outros países, como vimos nos casos da União Europeia, dos Estados Unidos, do Canadá e da Inglaterra, que optaram por estratégias tecnológicas cujo eixo central é o aumento da eficiência energética da nova geração de aviões, componentes e subsistemas produzidos por suas empresas.

6.1.1 AVIÃO VERDE (ASA ALONGADA)

Envolve as questões estruturais de asas maiores (alongadas) e de nova angulação, para propiciar redução de consumo (ou economia de combustível, atendendo simultaneamente a requisitos ambientais e de melhoria do desempenho econômico de frotas comerciais pelo menor custo operacional) e redução de ruído. Asas alongadas comportam questões de materiais compósitos, sofrendo alta deformação e comportamento não linear. As hipóteses iniciais já aventadas podem implicar na alocação dos motores na parte traseira e num novo desenho do leme e dos estabilizadores traseiros. Ou seja, trata-se de desenvolver e testar a otimização aeroelástica - projeto aerodinâmico com otimização estrutural. Isso implica em desenvolvimento de métodos avançados de engenharia, em integração de áreas de desenvolvimento e projeto, como aerodinâmica, estrutural e controle. Envolve ensaios de resistência e de comportamento dinâmico dos materiais ao longo do tempo, e ensaios de aerodinâmica, provavelmente em túnel de vento.

A tabela 11 abaixo apresenta uma lista das principais empresas e ICTs identificadas, até o momento, como potenciais parceiros no projeto do avião verde (asa alongada), a partir do escopo das tecnologias necessárias ao desenvolvimento do projeto.

Tabela 13 – Potenciais parceiros para o desenvolvimento da Plataforma Avião Verde (asa alongada)

Parceiros	Escopo
Empresas	Tecnologias
Alltec Materiais Compostos - São José dos Campos	Desenvolvimento do processo de soldagem em compósitos termoplásticos para aplicação em estruturas aeronáuticas
Fibra Forte Engenharia - São José dos Campos	Desenvolvimento do projeto detalhado da asa alongada em composto
Ancel Tec Compósitos - Rio Claro - SP	Desenvolvimento do processo de fabricação em material composto com a tecnologia de RTM - Light
Pequenas empresas especializadas em ferramental - RFP (Mogi das Cruzes) , Modelação Flórida (SBCampo), Barracuda (Rio de Janeiro)	Desenvolver a capacitação de desenvolvimento de ferramentais para peças feitas em material composto
ICTs	Tecnologias
USP - Poli - SP	Desenvolvimento em projeto de tecnologia de eletrônica embarcada para um controlador de servo atuador
USP - Poli - SP	Desenvolvimento em projeto na tecnologia de ruído e vibração
USP - São Carlos	Desenvolvimento em projeto na tecnologia de vibroacústico
UFU - Federal de Uberlândia	Desenvolvimento em projeto de monitoramento da saúde de estruturas em compósitos
UFRN - Federal do Rio Grande do Norte	Desenvolvimento em projeto de monitoramento da saúde de estruturas em compósitos
UFSC - Federal de Santa Catarina	Desenvolvimento em projeto na tecnologia de vibroacústico
ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica	Desenvolvimento em projetos relacionados a compósitos, ruído e vibração, otimização multidisciplinar e manufatura digital.
UNESP - Ilha Solteira	Desenvolvimento em projeto de monitoramento da saúde de estruturas em compósitos
UNESP - FEG - Guaratinguetá	Desenvolvimento em projetos relacionados a materiais compósitos
IPT - São Paulo - LEL (Laboratório de Estruturas Leves) SJ Campos - NPT	Desenvolvimento em projetos relacionados a compósitos e metálicos, fabricação e testes de componentes
UFMG - Federal de Minas Gerais	Desenvolvimento na área de aeroelasticidade em composto - física de voo

Fonte: Embraer.

No tocante à previsão de orçamento, depois de um levantamento feito pela Embraer do esforço e custo para o desenvolvimento da Plataforma Avião Verde (asas alongadas), chegou-se ao seguinte:

Tabela 14 - Previsão de orçamento da Plataforma Avião Verde (asas alongadas)

AVIÃO VERDE						
Ano	2013	2014	2015	2016	2017	Total
(US\$ Mil)	67.650	106.500	73.500	39.500	21.500	308.650

Fonte: Embraer.

Traçando-se ainda um paralelo com os programas internacionais, particularmente, com o Clean Sky 1, a plataforma equivalente ao “Avião Verde” é a Smart Fixed Wing, que consome, em 10 anos, 24% do orçamento total do programa (ou seja, 24% de 1,6 bilhão de euros), o que equivale a 384 milhões de euros, dos quais 192 milhões de euros em subsídio público³⁴.

³⁴ A União Europeia subsidia financeiramente 50% do total do orçamento do Clean Sky, sendo os outros 50% aportados pelos agentes privados em contrapartidas econômicas ou financeiras.

Tabela 15 – Potenciais parceiros para o desenvolvimento da Plataforma Avião Verde (asa alongada)

	Avião Verde BR Asa Alongada	Clean Sky 1 e 2 (UE)	Clean Sky Alongada (UE)	Corac (FR)	Nats (UK)	Aéro Montréal Greener Aircraft (CAN)	ATDP (CAN)	Criac (CAN)	FMP (CAN)	Next Gen (EUA)
Período/ Dur.	5 anos	7 2008-2024	8 2008-2017	9 2008-2020	10 2004-2014	11 2010-2013	12 2013-2018	13 2002-2022	14 2008-2013	15 2007-2025
16 Orç. Total \$	17 R\$300 mi (US\$ 154,3 mi)	18 1,6 bi + 4,05 bi	19 384 mi	20 50 mi	21 £262 mi franco	22 \$150 mi dol. can.	23 \$648 mi dol. can.	24 \$125 mi dol. can.	25 \$600 mi dol. can.	26 US\$19 bi
27 Subve.\$ (%)		800 mi + 2,025 bi (50%)	192 mi (50%)	50 mi euros (100%)	£ 131 mi franco (50%)	\$ 70,5 mi (47%)	\$ 324 mi (50%)	\$ 93,75 mi (75%)	\$ 600 mi (100%)	US\$ 19 bi (100%)

Fonte: levantamento feito nos sites dos programas.

Obs.: no caso canadense, deve-se tomar por base o conjunto de programas e plataformas como um todo devido às interligações entre eles, gerando um volume de recursos em torno de 1,53 bilhões de dólares canadenses.

6.1.2 AVIÃO MAIS ELÉTRICO

Envolve a substituição de acionamentos e motores diversos por acionamentos e motores elétricos, propiciando economia de energia e gestão operacional mais integrada, dada a facilidade de digitalização, instrumentação e controle de variáveis e acionamentos elétricos. Hoje, muitos acionamentos são realizados hidraulicamente ou pneumaticamente, havendo necessidade de circuitos específicos hidráulicos ou elétricos (bombas, tubulações, pistões atuadores etc.), acarretando perdas na conversão energética (elétrico-pneumático-hidráulico) e em sua transmissão.

O objetivo geral é o de desenvolvimento com demonstrador de aeronave mais elétrica, na forma de plataforma tecnológica, integrando e desenvolvendo soluções com esse tipo de tecnologia, avaliando pressupostos e identificando problemas que serão vivenciados em aplicações futuras a aeronaves da aviação civil.

O requisito geral do desenvolvimento é o de plataforma tecnológica em aeronave berço, pequena e de baixo custo, que realize em escala condição de realismo no desenvolvimento tecnológico, para aplicação direta de resultados na aviação geral e aprendizado para seu aproveitamento e aplicação na aviação regional.

O objetivo específico é o de demonstração de solução elétrica de propulsão e de sistemas através de concepção básica de plataforma tecnológica constituída por aeronave de pequeno porte, tipo aviação geral, embarcando e integrando sistema com célula de combustível, baterias, motor elétrico para propulsão, primariamente, e, secundariamente, provimento de energia para outros sistemas elétricos, incluindo experimento de refrigeração de “loop heat pipes” (LHP).

Em termos de previsão de orçamento, a Embraer realizou um levantamento do esforço e custo para o desenvolvimento da Plataforma Avião Mais Elétrico. Chegou-se ao seguinte:

Tabela 16 - Previsão de orçamento da Plataforma Avião Mais Elétrico

AVIÃO MAIS ELÉTRICO							
Semestre	1º	2º	3º	4º	5º	6º	Total
(US\$ Mil)	1.070	1.590	2.250	3.210	2.250	1.730	12.100

Fonte: Embraer.

6.1.3 AVIÃO MAIS INTELIGENTE

Envolve sistemas específicos de aviônica (eletrônica embarcada) e sua integração, para gerenciamento operacional e de voo, ou seja, relação com os sistemas de controle extraavião, que tendem a passar de terra (controle de terra, radares etc.) para instrumentação via satélite. Uma questão central e decisiva é a integração dos sistemas. Sendo desenvolvidos vários sistemas, pode não haver uma convergência entre eles. Entre os sistemas a serem integrados, estão, a priori, os aviônicos, acionamentos elétricos e navegação.

O objetivo geral é o de experimentação para avaliação e demonstração de solução de aeronave informatizada, com capacidade de monitoramento e controle inteligente

de seus sistemas e equipamentos, isto é, experimentação com aeronave com cérebro, sistemas nervoso, sensorial e muscular, com capacidade de automonitoramento e controle, de gerar diagnósticos, prognósticos e de se reconfigurar em situações de falhas. Este objetivo será realizado através de processo de desenvolvimento tecnológico pré-competitivo de demonstrador de aeronave inteligente com capacidade de voo autônomo, na forma de plataforma tecnológica, integrando soluções, avaliando pressupostos e identificando problemas que serão vivenciados em aplicações futuras a aeronaves da aviação civil.

No que se refere à previsão de orçamento para o desenvolvimento da plataforma Avião Mais Inteligente, a Embraer realizou um levantamento do esforço e custo e chegou ao seguinte:

Tabela 17 - Previsão de orçamento da Plataforma Avião Mais Inteligente

AVIÃO MAIS INTELIGENTE							
Semestre	1º	2º	3º	4º	5º	6º	Total
(US\$ Mil)	3.272	6.362	3.632	2.772	4.492	3.632	24.162

Fonte: Embraer.

6.1.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A PRIORIZAÇÃO DO AVIÃO VERDE

A opção por uma estratégia tecnológica voltada à melhoria da eficiência energética pode ser justificada por duas razões, ambas relevantes para a definição e priorização das plataformas demonstradoras tecnológicas brasileiras. Em primeiro lugar, a competitividade da aviação comercial é, em grande medida, função dos custos de operação das aeronaves, que são impactados pela eficiência energética (consumo de combustível) dos aviões. Nesse sentido, esforços para reduzir os custos de operação são absolutamente prioritários para garantir a competitividade das novas gerações de aeronaves.

Importante destacar que a rota tecnológica de cada programa de plataforma demonstradora tecnológica dependerá das capacitações tecnológicas específicas do setor aeronáutico de cada país. Nesse sentido, as estratégias de aumento da eficiência energética dos aviões produzidos por suas empresas líderes, União Europeia, Estados Unidos, Canadá e Inglaterra, dispõem de sólidas vantagens em relação ao Brasil. Esses países são dotados de cadeias produtivas aeronáuticas bastante completas e tecnologicamente avançadas. Assim, suas estratégias tecnológicas de aumento da eficiência energética dos aviões podem atuar sobre diversos aspectos que afetam os custos de operação de aviões, como turbinas e sistemas de controle de voo baseados em satélites.

O Brasil, no entanto, não dispõe de capacitações tecnológicas, produtivas e empresariais comparáveis àquelas encontradas nos setores aeronáuticos de países com cadeia aeronáutica avançada. Nesse contexto, o Brasil precisará adotar uma estratégia tecnológica de aumento da eficiência energética de aviões de fabricação nacional, condizente com as capacitações tecnológicas, produtivas e empresariais de que dispõe, e que pode desenvolver, mediante esforços concentrados, num espaço de

tempo relativamente reduzido. Desse modo, a plataforma demonstradora tecnológica do avião verde parece ser a estratégia tecnológica mais razoável e promissora a ser perseguida pelo Brasil no médio prazo, uma vez que melhora diretamente a eficiência energética dos aviões e conta com capacitações tecnológicas, produtivas e empresariais prévias – integração, estruturas e aerodinâmica, dentre outras.

Além do mais, não parece factível que haja ofertantes de sistemas de asas alongadas, uma vez que os detentores do conhecimento para tal plataforma serão as empresas finais (OEMs) de produção de aviões, que não possuem interesse em sua comercialização³⁵.

Vale acrescentar que o programa de plataformas demonstradoras tecnológicas aeronáuticas abre uma oportunidade para o Brasil liderar o desenvolvimento de tecnologias, as quais as empresas e ICTIs do país já detêm conhecimentos avançados, em especial, em projetos, desenvolvimento e produção de estruturas aerodinâmicas, estimulando ainda o adensamento da cadeia produtiva aeronáutica. Uma plataforma demonstradora tecnológica de avião verde, baseada no desenvolvimento de asa alongada, é a chance de o Brasil ser um dos líderes nessa tecnologia particular, sabendo-se de antemão que, em relação às demais tecnologias que afetam diretamente a eficiência energética – especialmente turbinas e controle de voo –, o país precisará se contentar com a posição de seguidor e usuário de tecnologias desenvolvidas por empresas estrangeiras.

A segunda razão está diretamente relacionada à tendência de aumento da regulação ambiental do transporte aéreo. A União Europeia, em particular, tem adotado parâmetros muito mais rigorosos de emissões de gases e de geração de ruídos, que começarão a entrar em vigor na próxima década. Padrões mais estritos de regulação dos impactos ambientais do transporte aéreo servirão como barreiras de entrada ao mercado europeu e norte-americano. Nesse sentido, o desenvolvimento de plataforma demonstradora tecnológica de avião verde é essencial para que o Brasil não perca o acesso a esses mercados de aviação civil.

6.2 FINANCIAMENTO DO PROGRAMA

Todos os modelos de governança dos programas analisados no exterior possuem fontes predefinidas de recursos, o que ainda não acontece no Brasil. Assim, esta seção será dedicada à discussão sobre os mecanismos existentes hoje no país, que poderiam servir como fonte de financiamento a um programa de plataformas demonstradoras tecnológicas. Foram estudados aqui diversos instrumentos, desde os menos aderentes aos propósitos de programas de PDTs, ao que melhor se assemelha aos objetivos do programa – quer seja o instrumento de Encomenda Tecnológica, que possibilita uma governança adequada, similar às boas experiências internacionais.

35 Entrevista realizada com engenheiro brasileiro, ex-Embraer e ex-EADS (Airbus), atualmente proprietário de empresa de P&D sediada na Inglaterra, mostrou que aspecto fundamental para o domínio de estruturas baseadas em compostos é a construção de modelos de comportamento dessas estruturas ao longo do tempo - resistência a esforços, fadiga, localização de pontos vulneráveis, vida útil etc. Para tanto, é preciso longo desenvolvimento experimental para a aquisição de séries de dados e construção e validação de modelos explicativos. Com eles seria possível reduzir a sobre-especificação atual que existe dado o desconhecimento do comportamento dessas estruturas, sua dinâmica e evolução temporal, bem como planejar mais adequadamente a manutenção de rotina.

O quadro jurídico-institucional vigente disponibiliza alguns instrumentos para o fomento das atividades de desenvolvimento tecnológico e de inovação no Brasil. Contudo, alguns desses instrumentos não se apresentam hoje adequados para um modelo de programa brasileiro de PDTs, seja por sua dificuldade operacional, seja por insuficiência de recursos. Após estudos sobre os mecanismos de apoio à inovação e desenvolvimento tecnológicos vigentes no Brasil, percebe-se que o mecanismo de encomenda tecnológica, previsto na Lei de Inovação e regulamentado pelo Decreto nº 7.539, de 2011, cuja íntegra se encontra em anexo, apresenta maior aderência aos objetivos e ao *modus operandi* do programa de PDTs.

6.3 ENCOMENDA TECNOLÓGICA GOVERNAMENTAL DIRETA

A encomenda³⁶ tecnológica tem previsão legal nos artigos 19, 20 e 21 da Lei nº 10.973/2004 (Lei de Inovação) e no Decreto nº 5.563/2005, que a especificou, alterado pelo Decreto nº 7.539/2011, que veio a esclarecer os aspectos dúbios que suscitavam certa insegurança jurídica na sua aplicação, que não regulamentava a situação de descontinuação do projeto, ou seja, não especificava o que deveria acontecer se o contratado não conseguisse viabilizar o projeto técnica e/ou economicamente. Pela nova redação, o contrato passou a poder ser descontinuado sempre que verificadas inviabilidades técnica ou econômica no seu desenvolvimento, ou o desinteresse da Administração em seguir adiante com o plano original³⁷.

Ficou estipulado que a inviabilidade técnica ou econômica deverá ser comprovada mediante auditoria técnica e financeira independente e que, nas hipóteses de descontinuidade do projeto, o pagamento ao contratado cobrirá as despesas já incorridas em sua efetiva execução, de acordo com um cronograma físico-financeiro pré-aprovado. Além disso, caso o projeto seja conduzido nos moldes contratados e os resultados obtidos sejam diversos dos almejados em razão de riscos tecnológicos (comprovados por auditoria técnica e financeira), o pagamento poderá ser efetuado nos termos do contrato.

Assim, o artigo 21 da Lei de Inovação prevê a possibilidade de encomenda tecnológica nos seguintes termos:

Os órgãos e entidades da Administração Pública, em matéria de interesse público, poderão contratar empresa, consórcio de empresas e entidades nacionais de direito privado sem fins lucrativos, voltadas para atividades de pesquisa, de reconhecida capacitação tecnológica no setor, visando à realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento, que envolvam risco tecnológico, para solução de problema técnico específico ou obtenção de produto ou processo inovador.” (Grifos nossos)

³⁶ Algumas vezes também referida como “compra tecnológica”.

³⁷ O Decreto 7.539/2011 buscou pôr fim à insegurança jurídica relativa ao que poderia acontecer caso o projeto se mostrasse inviável. Como a regulamentação anterior não tocava nesse ponto, algumas correntes jurídicas consideravam ser necessária a devolução dos valores recebidos: tal possibilidade inviabilizaria o instrumento.

§ 1o A contratação fica condicionada à aprovação de projeto específico, com etapas de execução do contrato estabelecidas em cronograma físico-financeiro, a ser elaborado pela empresa, consórcio ou entidade a que se refere o caput, o qual deverá contemplar, além das etapas de execução, a equipe de trabalho e os recursos necessários à sua realização, com observância dos objetivos a serem atingidos e dos requisitos que permitam a aplicação dos métodos e meios indispensáveis à verificação do andamento do projeto em cada etapa, bem como de outros elementos estabelecidos pelo contratante (redação dada pelo Decreto n. 7.539, de 2011).

§ 2o A contratante será informada quanto à evolução do projeto e aos resultados parciais alcançados, devendo acompanhá-lo mediante auditoria técnica e financeira.

§ 3o O acompanhamento mediante auditoria técnica e financeira a que se refere o § 2o será realizado em cada etapa do projeto, ao longo de sua execução, inclusive com a mensuração dos resultados alcançados em relação aos previstos, de modo a permitir a avaliação da sua perspectiva de êxito, indicando eventuais ajustes que preservem o interesse das partes no cumprimento dos objetivos pactuados (redação dada pelo Decreto n. 7.539, de 2011).

§ 4o O projeto contratado nos termos deste artigo poderá ser descontinuado, sempre que verificadas inviabilidade técnica ou econômica no seu desenvolvimento, ou o desinteresse da administração (redação dada pelo Decreto n. 7.539, de 2011).

§ 5o A inviabilidade técnica ou econômica referida no § 4o deverá ser comprovada mediante auditoria técnica e financeira independente (redação dada pelo Decreto n. 7.539, de 2011).

§ 6o Nas hipóteses de descontinuidade do projeto contratado previstas no § 4o, o pagamento ao contratado cobrirá as despesas já incorridas na efetiva execução do projeto, consoante o cronograma físico-financeiro aprovado (incluído pelo Decreto n. 7.539, de 2011).

§ 7o Caso o projeto seja conduzido nos moldes contratados e os resultados obtidos sejam diversos dos almejados, em função do risco tecnológico, comprovado mediante auditoria técnica e financeira, o pagamento poderá ser efetuado nos termos do contrato (incluído pelo Decreto n. 7.539, de 2011).

§ 8o Findo o contrato sem alcance integral ou com alcance parcial do resultado almejado, o órgão ou entidade contratante, a seu exclusivo critério, poderá, mediante auditoria técnica e financeira, elaborar relatório final dando-o por encerrado, ou prorrogar seu prazo de duração (incluído pelo Decreto n. 7.539, de 2011).

§ 9º Os resultados do projeto, a respectiva documentação e os direitos de propriedade intelectual pertencerão ao contratante (incluído pelo Decreto n. 7.539, de 2011).

§ 10º A contratação prevista no caput poderá englobar a transferência de tecnologia para viabilizar a produção e o domínio de tecnologias essenciais para o país (incluído pelo Decreto n. 7.539, de 2011).

§ 11º Considerar-se-á desenvolvida na vigência do contrato a criação intelectual pertinente ao seu objeto e cuja proteção seja requerida pela empresa contratada até dois anos após o término do contrato (incluído pelo Decreto n. 7.539, de 2011).

O Decreto nº 7.539/2011 especificou os resultados do projeto, a respectiva documentação e os direitos de propriedade intelectual, que pertencerão ao contratante, e também explicitou que a contratação poderá englobar a transferência de tecnologia para viabilizar a produção e o domínio de tecnologias essenciais para o país. Além disso, merece destaque o fato de que a encomenda tecnológica é expressamente contemplada pela possibilidade de dispensa do procedimento licitatório, nos termos do art. 24, inciso XXXI, da Lei nº 8.666/1993.

Com os aperfeiçoamentos mencionados, a encomenda tecnológica tornou-se um instrumento jurídico capaz de viabilizar o financiamento de atividades inovadoras, nas quais há risco tecnológico considerável, como o caso de desenvolvimentos pré-competitivos típicos aos programas de plataformas demonstradoras tecnológicas. A possibilidade de descontinuação e o tratamento dado à circunstância, na qual a empreitada não se mostra viável ou interessante ao contratante, mitigam, em boa medida, problemas de insegurança jurídica que, em tese, poderiam minar incentivos públicos e privados.

Tal como regulamentada atualmente, portanto, a encomenda tecnológica governamental é um poderoso instrumento utilizado em inúmeros países. Como exemplos, estão os programas nuclear, de microeletrônica e de trem bala franceses, que utilizaram instrumentos de compras governamentais, assim como os programas do supercomputador japonês, aeroespacial norte-americano, aeronáutico chinês, entre outros. Essa forma possibilita a contratação do projeto como um todo, o que representa ganhos de gestão. Deve-se ressaltar, entretanto, que se trata de um mecanismo de uso novo para o Brasil.

Dada sua formalidade e necessidade de monitoramento constante, a encomenda tecnológica exige um sistema de governança “interno” ao contrato a ser assinado, como especificado no Decreto nº 7.539/2011. Prevê-se um esquema de acompanhamento técnico e financeiro, discussão prévia do projeto, assinatura de contrato, entre outras medidas. Isso vem ao encontro da busca de estruturas mais formais e estáveis de governança de arranjos complexos, ainda que a governança de um programa de plataformas demonstradoras como aqui discutido deva possuir um esquema que extrapole o contrato de encomenda *stricto sensu*.

Outra vantagem desse instrumento é a exigência de especificação prévia antes da contratação, o que leva a discussões mais aprofundadas entre as partes sobre as atividades, cronogramas, orçamentos etc., pontos fundamentais em projetos de grande vulto financeiro e tecnológico, como o caso das plataformas demonstradoras tecnológicas.

Sugere-se aqui que a concretização do arranjo proposto, via encomenda tecnológica, seja realizada por órgão público. Há vários órgãos públicos que poderiam cumprir tal papel, sendo essa uma discussão política dentro do governo. A priori, órgãos como BNDES, Finep, CTA, INPE e ministérios poderiam diretamente realizar a encomenda da plataforma “avião verde” junto Embraer, sem intermediários, o que agilizaria procedimentos, diminuiria os custos de transação, a burocracia e as perdas com intermediários. Cabe ressaltar que a contratação direta faz parte da experiência internacional, ocorrendo nos programas Clean Sky, NATS, NextGen, AéroMontréal, entre outros.

Nada impediria, ademais, que a contratação previsse contrapartidas privadas, de modo que os custos envolvidos no projeto fossem compartilhados por ambas as partes, pública e privada. Tal compartilhamento, entretanto, deverá ser predefinido na fase inicial e constar de cláusula contratual do instrumento jurídico que vier formalizar a encomenda.

Em síntese, entende-se que o instrumento de encomenda tecnológica foi proposto pelo governo federal exatamente para atender situações como a em tela, que envolvem desafios tecnológicos de monta, ditos estratégicos para o futuro de uma indústria, hoje considerada cartão-postal tecnológico e empresarial do Brasil. A concretização de uma encomenda tecnológica teria ainda o efeito demonstrador para outras iniciativas semelhantes.

6.4 INSTRUMENTOS MENOS ADERENTES ÀS PLATAFORMAS DEMONSTRADORAS TECNOLÓGICAS

A recomendação é que o programa de PDTs seja desenvolvido através do instrumento de compras governamentais, conhecido como encomenda tecnológica. Outros instrumentos, à primeira vista, poderiam também parecer viáveis, mas, por suas peculiaridades, não se ajustam aos princípios de programas robustos como o de plataformas. Entretanto, a título de ilustração, apresentaremos tais instrumentos apontando seus problemas perante as especificidades dos modelos de governança propostos nas plataformas.

6.4.1 SUBVENÇÃO DIRETA VIA FINEP

À primeira vista, esse seria um instrumento adequado, seja isoladamente, seja num pacote financeiro que articulasse subvenção e financiamento reembolsável, em boas condições de taxas, prazo e carência. O mecanismo de subvenção é realizado via edital de subvenção lastreado na Lei de Inovação.

Não há hoje um impedimento jurídico para a subvenção direta – o primeiro edital foi lançado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), em 2006. Entretanto, no histórico de subvenções de projetos da Embraer submetidos à Finep via subvenção, nos anos de 2008 e 2010, os projetos não foram enquadrados pela Finep, em função de dificuldades no enquadramento dos temas. Em 2011 e 2012 não houve edital de subvenção. Ao todo, desde 2006, o total de projetos da Embraer enquadrados como

subvenção totalizaram R\$ 74,5 milhões. Esse montante chega a ser inexpressivo, se comparado aos dispêndios em P&D realizados pelos países para Boeing e Airbus. Destaque-se que para o lançamento do Boeing 787, mais de 25% do orçamento em P&D vieram de subvenções governamentais dos EUA; e o modelo do A350 recebeu mais de 30% do orçamento em P&D, da União Europeia.

Assim, entende-se que há alguns percalços no uso desse instrumento para o programa de PDTs, considerando que o volume de recursos envolvidos em subvenção para projetos de grande monta tecnológica estaria muito acima daqueles que vêm sendo praticados pela Finep, mesmo pensando numa subvenção de 50% do orçamento do programa, como sugere a praxe internacional. Não que isso se constitua em um problema, mas não seria tão simples justificar politicamente tal ação, com origem em fontes de recursos sabidamente escassos.

6.4.2 EMBRAPII

A Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii) poderia ser a entidade que viesse a articular o financiamento para o programa de plataformas. Atuando de forma semelhante à do Instituto Fraunhofer³⁸ alemão, a Embrapii ainda está em fase de viabilização, com projetos-piloto de baixos valores (diante dos requeridos pelas PDTs) e suas fontes de recursos precisariam ser minimamente perenes. Além disso, ainda não está claro se existe a necessidade da prestação de contas sobre a aplicação dos recursos segundo sua origem – como os recursos têm origem pública, seria preciso fazer editais de subvenção ou licitações via Lei nº 8.666/93, o que confrontaria com o contexto de urgência e necessidade de implantação das plataformas, num curto prazo.

6.4.3 EMPRESA ESTRATÉGICA DE DEFESA (LEI 12.598/12) – COMPRA MILITAR

Outra possibilidade que poderia ser considerada é disposta pela Lei nº 12.598/12, que criou a categoria de Empresa Estratégica de Defesa. Destaque-se que a compra militar é praxe no exterior, particularmente nos Estados Unidos, onde mais de 50% da demanda aeronáutica vêm da Defesa e da NASA. As licitações podem envolver apenas esse tipo de empresa. De acordo com o art. 3º da Lei nº 12.598/2012, haverá necessidade de procedimento licitatório, ainda que o próprio art. 3º preveja regras específicas (restritivas e voltadas a empresas nacionais) para a licitação, assim como exigências para favorecer empresas habilitadas, como empresas estratégicas de defesa, entre outras. Não há, portanto, possibilidade de dispensa de licitação, tal como ocorre no caso da encomenda tecnológica, nem se trata de uma modalidade de compra ou encomenda tecnológica direta.

38 O Fraunhofer reúne 66 institutos e centros de pesquisa especializados em tecnologias ou indústrias específicas, empregando mais de 22.000 funcionários, em sua maioria cientistas e engenheiros, e se dedica à pesquisa colaborativa com empresas, subsidiando e participando de atividades de pesquisa e desenvolvimento dos projetos.

A Embraer se encaixaria nos requisitos dessa lei, pois possui sede, administração e fábrica no país, além de comprovado conhecimento em ciência e tecnologia e participação acionária estrangeira não mais que 40% dos votos. A questão seria enquadrar o programa das plataformas na área de defesa e articular com o órgão que faria a compra. A Força Aérea Brasileira (FAB) seria o candidato natural, entretanto, a FAB encontra-se envolvida numa série de atribuições, entre elas a de renovação de sua esquadrilha de caças supersônicos e, recentemente, realizou compra de cargueiro da Embraer para substituição dos antigos Hércules – é pouquíssimo provável que a FAB consiga reunir condições financeiras, operacionais e que dê prioridade, hoje, ao programa de plataforma demonstradora tecnológica de uso eminentemente civil.

6.4.4 PARTICIPAÇÃO ACIONÁRIA

A participação acionária é um modelo de inserção do BNDES e da Finep em que a instituição financiadora oferece recursos a determinado projeto, mediante participação no empreendimento e indicação de membro ao conselho de administração, entre outros requisitos de efetiva participação corporativa. Esse modelo foi adotado, por exemplo, no programa Profarma Inovação, do BNDES³⁹, em que recursos superiores a R\$ 1 milhão foram disponibilizados para empresas nacionais, constituídas sob a forma de sociedade anônima, mediante financiamento ou participação acionária.

Em que pesem as diferenças entre o Profarma e as PDTs, a questão que se coloca é a da complexidade da operação, por envolver, entre outros, o endividamento da empresa em questão, bem como o aumento da exposição do BNDES à Embraer. Ainda, requeria um fortíssimo esquema de governança para que os recursos viessem a ser efetivamente utilizados no desenvolvimento da plataforma demonstradora, o que pode não ser trivial, uma vez que não está sendo trabalhada a hipótese de estatização da gestão da empresa.

6.4.5 PARCERIA PÚBLICO-PRIVADA (PPP) E SOCIEDADE DE PROPÓSITO ESPECÍFICO (SPE)

A criação de uma Sociedade de Propósito Específico (SPE) para atuar em programa de plataforma demonstradora tecnológica aeronáutica é uma exigência recorrente na modelagem de parcerias público-privadas e apresentaria vantagens em termos de adaptabilidade e flexibilidade, isto é, permitiria que a sociedade fosse estruturada de forma adequada ao modelo de governança proposto, viabilizando inclusive a participação direta da entidade financiadora na plataforma.

Para tanto, seria necessário elaborar um estatuto ou contrato social da sociedade a ser criada, registrá-lo na junta comercial competente, aportar recursos para integralização de capital social, realizar registro perante o Ministério da Fazenda e observar os demais procedimentos de constituição de uma nova pessoa jurídica no Brasil. Além disso, para

³⁹ http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Areas_de_Atualizacao/Inovacao/Profarma/profarma_inovacao.html

a criação de uma SPE com participação interna e direta de um agente público, haveria necessidade de autorização específica no instrumento de criação do órgão para que ele viesse a participar do quadro societário de empresas privadas (na hipótese de ser adotado o modelo de empresa pública ou sociedade de economia mista, nos termos do art. 5º, incisos II e III, do Decreto-lei nº 200/1967). Caso fosse escolhida a participação minoritária, em sociedade de propósito específico tecnológica, prevista no art. 5º do Decreto nº 5.563, de 2005, não seria necessária autorização específica em lei, mas sim autorização da Presidência da República, além da observância de todos os demais trâmites burocráticos acima mencionados.

Para viabilizar-se o financiamento das plataformas mediante um modelo de parceria público-privada, a constituição de uma SPE seria requisito legal, nos termos do art. 9º da Lei nº 11.079/2004. No entanto, o conceito de uma parceria público-privada, em seu sentido estrito (por meio de uma das duas modalidades estatuídas pela Lei nº 11.079/2004), não parece viável, por aplicar-se a hipóteses às quais o escopo do projeto das plataformas demonstradoras tecnológicas não se ajusta. São as seguintes as modalidades de PPP, em sentido estrito, previstas pela mencionada lei⁴⁰:

- Concessão patrocinada => contrato de concessão de serviços públicos ou de obra pública, em que haverá contrapartida pecuniária pública para complementar a remuneração obtida por taxas cobradas do usuário por parte do concessionário. A celebração de uma concessão patrocinada tem como finalidade a prestação de serviços à população, o que se afasta consideravelmente do objeto do projeto das plataformas demonstradoras tecnológicas.
- Concessão administrativa => contrato de prestação de serviços ou obras e serviços em que a Administração Pública seja usuária direta ou indireta, podendo a remuneração do parceiro privado ser totalmente proveniente de pagamentos públicos. Por conta disso, o enquadramento dos objetivos do programa de plataformas demonstradoras tecnológicas neste modelo seria inadequado.

Em síntese, nas experiências de programas de plataformas estudadas no exterior não ocorre discussão sobre financiamento ou, mais especificamente, não há restrições históricas ou políticas ao financiamento público não reembolsável para empresas. No caso do Clean Sky, sequer houve edital para definição dos partícipes principais (líderes, colíderes e associados), que recebem subsídio financeiro, pois o quadro jurídico da União Europeia permite programas conjuntos formalmente cofinanciados pelo poder público (UE) e por empresas, ainda que estas não invistam dinheiro novo, contribuindo apenas com recursos ditos econômicos (homens-hora, horas-máquina etc.).

Assim, os líderes e colíderes das plataformas são copromulgadores dos editais, os mesmos editais que irão beneficiá-los, uma vez que servem como instrumentos para selecionar parceiros que irão receber recursos financeiros da UE para desenvolverem atividades de interesse da plataforma, coordenada pelas empresas líderes e colíderes.

⁴⁰ *Importante destacar que a Lei de PPPs (Lei 11.079/2004) prevê requisitos comuns às duas espécies, como: valor superior a R\$ 20 milhões, prazo contratual superior a cinco anos, vedação ao objeto contratual ser exclusivamente obras, mão de obra ou instalação de equipamentos, entre outros.*

Seria como se o governo, por meio de seus órgãos, e a Embraer lançassem em conjunto um programa no qual o governo cobriria 50% do orçamento com dispêndios financeiros, e a Embraer arcaria com os outros 50% em dispêndios econômicos, além de parte substantiva dos subsídios irem, sem edital, para a Embraer. Fazendo um paralelo com os mecanismos de financiamento já discutidos, o Clean Sky estaria mais próximo ao instrumento de Encomenda Tecnológica do que de subsídio via edital da Finep. O subsídio direto da Finep encontra limitações tanto no orçamento da instituição, quanto no histórico recente de montantes relativamente muito mais baixos dedicados a subvenção e, mais especificamente, a montantes aprovados para um único projeto. Além disso, a encomenda apresenta três fortes vantagens, a saber:

- a dispensa de licitação;
- a exigência de projeto prévio detalhado; e
- a flexibilidade na estrutura de governança, que pode ser constituída caso a caso e conforme as características de cada projeto.

Portanto, acredita-se que o arranjo jurídico-institucional mais bem talhado para viabilizar o projeto da plataforma demonstradora tecnológica consiste na figura da Encomenda Tecnológica, prevista na Lei de Inovação e regulamentada pelos decretos já supramencionados. Como visto acima, tal solução não impediria que a empresa contratada arcasse com uma parcela dos custos da empreitada, correspondendo à encomenda a parcela restante.

Assim, ao mesmo tempo em que se contrataria uma empresa (Embraer), ou um consórcio de empresas de alta capacitação tecnológica com recursos públicos, seriam estabelecidas condições e obrigações para que os contratados também contribuíssem financeira ou economicamente para a formação da própria plataforma. Evidentemente que, para tanto, todo um planejamento jurídico-contratual e um arranjo institucional de governança devem ser previamente definidos. Entretanto, tal arranjo permitiria uma governança perene, que acumularia experiências para novas rodadas de plataformas, podendo inclusive vir a ser utilizada em outros setores econômicos.

A seguir procederemos à elaboração de um modelo de governança, com a discussão das instâncias para a organização e gestão de programas de plataformas demonstradoras tecnológicas, financiadas por meio do instrumento de encomenda tecnológica.

7. ESTRUTURA DE GOVERNANÇA PARA UM MODELO BRASILEIRO DE PLATAFORMAS

A proposta de um modelo de governança é essencial para um programa como o de plataformas demonstradoras tecnológicas aeronáuticas. Os programas estrangeiros analisados comprovam isso, deixando claras as atribuições dos diferentes atores públicos e privados. Além do mais, é exigência da Lei de Inovação brasileira que o contrato de encomenda tecnológica seja submetido a constante acompanhamento.

Evidentemente, há diferentes formas de se pensar uma governança, entre outras coisas, mecanismos de subordinação, consultas, deliberação, veto, voto e acompanhamento. O que está sendo proposto aqui é o resultado da análise das experiências estrangeiras estudadas e os sistemas de governança de políticas públicas no Brasil. Como proposta ou recomendação, caberá ao governo discutir e, eventualmente, validar e subscrever os arranjos propostos.

Como visto nas experiências internacionais já apresentadas, os modelos gerais de governança possuem um padrão semelhante, que consiste em:

- Conselho de gestão do programa => responsável pelo acompanhamento de mais alto nível das entregas e da execução orçamentária, pelo monitoramento do alinhamento das ações do programa com o planejamento estratégico traçado, além da articulação institucional de novas ações.
- Comitê técnico => para elaboração e revisão do planejamento estratégico e de mercado do setor, com mandato específico, outorgado por organismo de Estado, e composto por altas personalidades do setor, da academia e do governo, com estrutura específica de apoio. Isso, evidentemente, envolve alocação de recursos e remuneração do trabalho.
- Comitê executivo ou operacional => responsável pela avaliação periódica de cada uma das plataformas, execução do orçamento, representação do programa como um todo, de forma institucional.
- Direção executiva para cada plataforma => responsável por garantir a execução das atividades previstas em cada plataforma e por entregar os produtos acordados.

No caso brasileiro, entende-se que o esquema ideal de governança futura deva contemplar instâncias com papéis semelhantes aos observados em experiências relevantes do exterior, ainda que se possa simplificar algumas estruturas. A composição de cada instância deve considerar como *stakeholders* os órgãos e instituições existentes, capazes de melhor exercer os papéis demandados. Evidentemente, como indica a experiência internacional, os órgãos financiadores devem ter papel destacado na governança.

O mecanismo da encomenda governamental exige certas providências que delineiam uma estrutura de governança operacional relacionada ao projeto específico, que estará sendo objeto de contratação. O contrato de encomenda tecnológica deverá especificar os direitos e deveres das partes, bem como as regras para acompanhamento do projeto, prestação de contas, avaliação de resultados parciais etc.

O contrato poderá prever a estrutura de atividades a serem desempenhadas⁴¹, um cronograma relacionando atividades e tempo, os marcos de entrega de resultados parciais e finais e os critérios de avaliação do andamento, seguindo as boas práticas de gestão de projetos⁴².

Como mencionando acima, a governança das plataformas poderá se iniciar a partir dos desenhos das portarias interministeriais, ou outras fontes normativas que venham a dispor sobre a criação e a estrutura do programa de plataformas demonstradoras tecnológicas aeronáuticas. O instrumento normativo definirá o papel de cada ator estatal, o que já facilitará no equacionamento das questões não pertinentes ao contrato de Encomenda Tecnológica.

Porém, sabe-se que um modelo de governança para um programa de plataformas demonstradoras tecnológicas aeronáuticas é mais amplo e complexo do que um contrato de encomenda tecnológica. Ele envolve também decisões políticas de mais alto nível, relativas à estratégia a ser seguida, à avaliação dos resultados e à correção de rumos.

No contrato da encomenda são estabelecidos os critérios, condições e normas para a gestão operacional do programa. Em outros níveis de governança, serão definidas as estratégias a seguir, a(s) rota(s) tecnológica(s) a privilegiar, o montante a ser investido etc. Como se tornaria muito difícil inserir no contrato de encomenda os níveis de governança para assuntos que são externos ao contrato em si, faz-se necessário articular esses níveis via outros instrumentos, quer seja por portarias interministeriais ou outras fontes de direito administrativo.

Nesse sentido, propõe-se um esquema de governança que articula o que a Lei de Inovação e os decretos que a especificam exigem, em termos formais, com estruturas facilmente criadas, via decreto ou portaria, que completam o esquema de governança para aspectos importantes de coordenação e visão estratégica, que não estão considerados na lei.

O Decreto nº 7.539/2011, conforme já exposto, condiciona a contratação à aprovação de projeto específico, com cronograma físico-financeiro, objetivos a serem atingidos, verificação do andamento de cada etapa do projeto e outros requisitos que o contratante (Estado) julgue necessários (§ 1º). O decreto ainda estabelece que:

⁴¹ WBS - *work breakdown structure*.

⁴² PMBoK (*Project Management Body of Knowledge*), por exemplo.

- o contratante deverá ser informado sobre a evolução do projeto e deverá realizar auditorias técnica e financeira (§ 2º e § 3º);
- a inviabilidade técnica e econômica do projeto deverá ser comprovada por auditoria técnica e financeira independente (§ 5º);
- o projeto poderá ser descontinuado, por desinteresse da Administração (§ 4º);
- o órgão contratante pode prorrogar seu prazo (§ 8º).

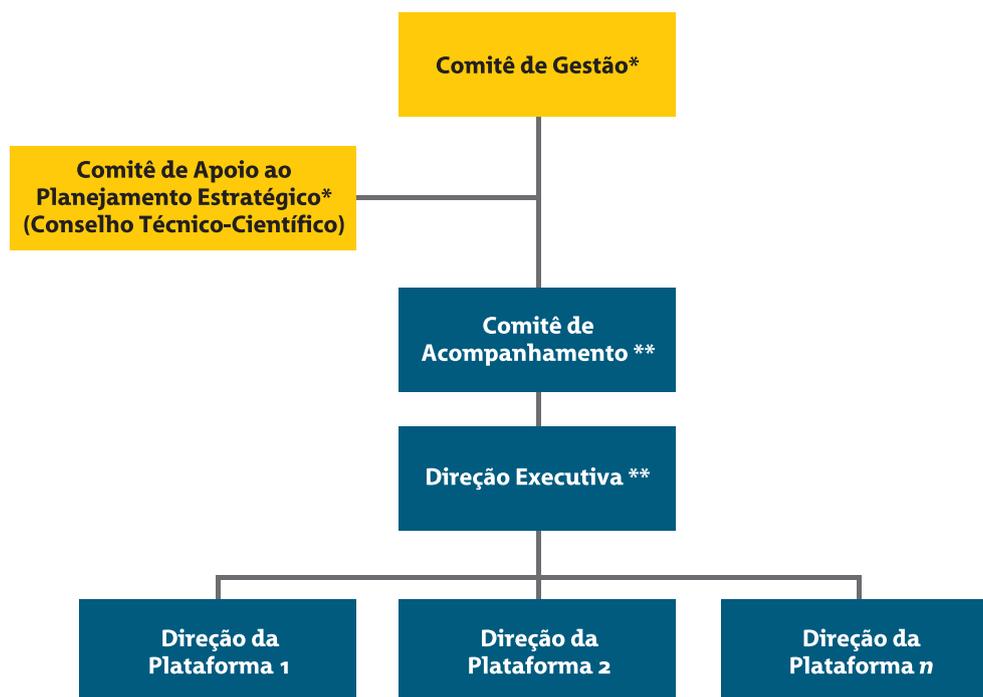
Ou seja, as atividades relacionadas às exigências da lei impactarão diretamente no órgão contratante. Importante destacar que no esquema geral de governança, o contratante deverá desempenhar papel de auditoria, controle orçamentário e outros, ainda que possa reportar o resultado dessas análises para outras instâncias de governança. Já o contratado não poderá se abster de observar à risca as cláusulas contratuais ou obrigações decorrentes de decretos ou portarias, sob o risco de toda a operação vir a ser questionada.

A lei e o decreto, contudo, não definem a estratégia, não dizem como será definido ou deliberado, se tal ou qual matéria é ou não tema de interesse público que mereça uma encomenda tecnológica, nem define que órgão do Estado deverá concretizar a encomenda. Tampouco define a estratégia tecnológica a ser perseguida no longo prazo, de forma a articular a encomenda no bojo da política industrial e de inovação do país. Faz-se, portanto, necessário criar instâncias leves, enxutas e perenes, ainda que não necessariamente cotidianas, com atribuições e responsabilidades definidas, para equacionar os pontos acima.

Portanto, a proposta é que o modelo de governança conte com instâncias definidas no contrato e instâncias definidas interministerialmente, por meio de portarias ou, se for o caso, via decretos. Portarias e decretos têm a vantagem da agilidade e flexibilidade, o que facilita a evolução da estrutura de governança ao longo dos projetos das plataformas, possibilitando que a estrutura reflita o aprendizado ocorrido em experiências anteriores, sem grandes entraves burocráticos.

A figura 35 especifica a governança para o esquema de encomenda governamental. As instâncias em amarelo seriam criadas por portaria ou assemelhado, e as instâncias em azul seriam definidas no contrato de encomenda.

Figura 35 – Governança do programa – modelo geral



Fonte: elaboração própria.

(*) Criado por portaria ou outro instrumento normativo.

(**) Definido no contrato de encomenda.

(- -) Linha pontilhada: indica relação entre a instância do contratado e a instância do contratante. Não é relação de subordinação formal; indica relação de lógica decisória do programa para além do contrato. A relação entre o Comitê de Gestão e o Comitê de Acompanhamento é prioritariamente política, visto que no Comitê de Gestão estão ministros, e o Comitê de Acompanhamento é a instância executiva do contratante, que acompanha e valida o trabalho do contratado.

7.1 COMITÊ DE GESTÃO OU CONSELHO DE ORIENTAÇÃO

Reconhecido como a mais alta instância do programa, estabelecida por portaria ministerial ou interministerial ou normativo assemelhado. Seria o “Conselho de Administração” do programa, com papel de monitoramento de alto nível, sobre o desempenho do programa, e de articulação institucional para ações futuras, seguindo a linha de atuação dos Conselhos de Administração destacados pelas experiências internacionais. Caberia a ele a aprovação do planejamento tecnológico (*roadmap*) e o planejamento de ações. Dado seu caráter estratégico, sugere-se que sua composição seja por ministros de Estado e presidentes ou diretores de órgãos relevantes envolvidos com o tema.

Sugere-se, ainda, para esta e todas as demais instâncias, que a participação seja pessoal, ou seja, que a portaria já nomeie as pessoas investidas em seus respectivos cargos, ao invés de nomear a instituição. Quando há nomeação da 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 ter maior segurança sobre o andamento do programa.

Uma sugestão de composição seria:

- ministro de Estado da Ciência, Tecnologia e Inovação (presidente ou vice-presidente);
- ministro de Estado do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (presidente ou vice-presidente);
- ministro de Estado da Defesa (ou o responsável no Ministério pela Aeronáutica);
- ABDI (presidente ou diretor) – secretaria do comitê;
- BNDES (presidente);
- Finep (presidente);
- CTA (diretor) ou reitor do ITA;
- Embraer (presidente);
- diretor-executivo;
- presidente do Comitê de Acompanhamento;
- presidentes das empresas líderes das plataformas 2 e 3 (se houver).

7.2 COMITÊ DE APOIO AO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO OU COMITÊ TÉCNICO-CIENTÍFICO

Esse comitê teria a função de elaborar, encomendar, articular estudos, prospecções, *roadmaps*, análises, construção de cenários e outros que ajudem o Comitê de Gestão na definição da estratégia do programa. Poderia ser articulado e liderado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

Criado por portaria interministerial, o comitê teria a participação de instituições com atribuição de realizar estudos e pesquisas prospectivas de alto nível. Os membros desse comitê deveriam ser todos reconhecidos especialistas, altamente qualificados no setor, podendo representar empresas privadas, instituições de pesquisa, academia e governo. A especialização técnica deverá vir ter maior peso na nomeação do que a representação institucional, dado que essa última é mais relevante no Conselho de

Administração do programa. Sugerimos que a participação seja pessoal, da mesma forma que o Comitê de Gestão.

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

7.3 COMITÊ DE ACOMPANHAMENTO

Pode ser definido no contrato e representa a formalização por parte do contratado, do esquema formal de acompanhamento do projeto especificado no Decreto nº 7.539/2011. Portanto, as atribuições desse comitê são de fiscalização, avaliação técnica, financeira e de cronograma. É esse comitê que especifica, através de análises pertinentes, se os recursos devem ser liberados, se o projeto deve ser prorrogado, se o projeto é inviável técnica ou economicamente e todas as demais questões definidas no decreto, conforme tabela 7. O comitê deve ter a prerrogativa de solicitar a contratação de consultoria independente, se for o caso, para atender às exigências legais específicas sobre encomendas governamentais e também as de transparência para a sociedade.

O presidente deste comitê necessariamente deve ser pessoa de alto escalão do órgão contratante. A composição do comitê é eminentemente técnica, composta por pessoas com habilitação técnica e administrativa de forma a poder fazer acompanhamento consistente. Isso é importante para que o programa tenha sucesso e possa se repetir.

7.4 DIREÇÃO EXECUTIVA GERAL

Pode ser definida no contrato e tem como função a direção executiva da plataforma, ou das plataformas, se houver mais de uma no mesmo contrato. Além da responsabilidade pela operação de desenvolvimento da encomenda, a direção executiva tem como tarefas elaborar os relatórios de andamento, tanto técnico como financeiro, e relacionar-se com o Comitê de Gestão. Recomenda-se que o diretor-executivo tenha assento no Comitê de Gestão, relacione-se com o Comitê de Acompanhamento e com todas as instâncias que venham a ser criadas para permitir que o contratante, e também que o Comitê de Gestão, acompanhe o desenrolar do projeto e verifique o andamento de cada etapa, definida no seu projeto específico, seja em termos técnicos, financeiros e de cronograma.

Assim, a direção executiva se configura no ponto focal e de interface entre o contratado e o contratante. A definição formal de tal interface com suas atribuições estabelecidas, de modo a atender ao disposto na lei e no decreto, bem como a atender a instância maior de gestão comandada pelos ministros, visa dar continuidade à relação entre contratado e contratante. Da mesma forma que sugerimos que as portarias ou assemelhados que venham a criar instâncias de governança estabeleçam nominalmente seus membros, a direção executiva também deve ser nominal. O contrato pode estabelecer que a contratada defina em até “x” dias o diretor-executivo da plataforma e que o contratante

precise validá-lo formalmente. Um acordo prévio deve ser feito quanto ao nome, que precisa ter estatura para discutir o programa com ministros e seus representantes.

7.5 DIREÇÃO EXECUTIVA DE CADA PLATAFORMA (SE HOVER)

No caso de haver mais de uma plataforma, pode ser útil que a direção executiva também se relacione com as demais plataformas, como forma de articular o trabalho, visando menor tempo para o desenvolvimento posterior dos produtos pertinentes. Nesse caso, cada uma das demais plataformas deverá ter nomeado em contrato um diretor-executivo, de alto nível - presidente ou diretor da empresa contratada, que deverão se relacionar, ainda que não de forma subordinada, ao diretor-executivo geral. Além disso, por força legal, os diretores de plataforma se relacionam com o esquema de controle do contratante, aqui proposto no Comitê de Acompanhamento, e com todas as demandas de controle que venham a ser necessárias.

Deve-se ressaltar que nenhuma das instituições citadas anteriormente, na estrutura de governança, foi consultada sobre a possibilidade de participação no programa brasileiro de plataformas. Tal consulta precisará ser realizada, quando da implantação do programa.

O programa de plataformas tecnológicas demonstradoras aeronáuticas é inovador na administração pública brasileira, assim como o seu esquema de governança proposto. Ele mistura a lógica contratual com a lógica de política pública. Por isso, recomenda-se que tenha construção coletiva, para além dos ministérios e órgãos de fomento como BNDES e Finep, incluindo a participação ou consulta a órgãos de controle, como o TCU, CGU e MP. Essa interlocução prévia poderia reduzir o risco de haver questionamentos ou esclarecimentos, impactando atrasos no futuro.

8. RECOMENDAÇÕES PARA OPERACIONALIZAÇÃO DOS PROJETOS-PILOTOS EM PLATAFORMAS DEMONSTRADORAS TECNOLÓGICAS AERONÁUTICAS

Para auxiliar o trabalho dos comitês, e à guisa de recomendação, sugere-se que sejam verificadas as seguintes metodologias em relação aos processos-chave de operacionalização dos projetos de plataformas.

8.1 METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DOS PROJETOS

A programação dos projetos no âmbito do programa de plataformas pode seguir os processos consagrados definidos no Project Management Body of Knowledge (PMBOK) do Project Management Institute (PMI), incluindo a definição da estrutura analítica do projeto (EAP), a definição da rede de atividades e a especificação do gráfico de Gantt do cronograma do projeto (PMBOK, 2008). A orçamentação deve ser suficientemente detalhada e validada. Como resultado do processo de orçamentação, espera-se o estabelecimento de um cronograma físico-financeiro para cada um dos projetos de plataforma. O acompanhamento do projeto deve se dar primeiramente no nível de cada plataforma, pela sua direção executiva. Nesse nível, são controladas atividades do cronograma, evolução do orçamento e entrega dos resultados esperados. A cada trimestre, a direção executiva de cada plataforma deverá reportar a evolução do cronograma, do orçamento e dos resultados (entregáveis) do projeto para a direção executiva geral, que acompanhará a evolução do programa brasileiro de plataformas como um todo.

8.2 METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS ATINGIDOS, EM RELAÇÃO ÀS METAS PREVIAMENTE DEFINIDAS

Visa possibilitar a medição dos resultados efetivos decorrentes do projeto de pesquisa, em termos de competitividade para o setor aeronáutico brasileiro. Ou seja, possibilitar a avaliação da qualidade e o impacto dos resultados do projeto, enquanto a metodologia descrita anteriormente para o acompanhamento do projeto enfoca o cumprimento de

prazos do cronograma e do orçamento. As metodologias são complementares para que se possa ter uma visão geral do sucesso do projeto.

Para a avaliação dos resultados, deve ser estabelecido *a priori* um painel de indicadores, construído de forma hierarquizada, contemplando indicadores de mais alto nível e indicadores relacionados, parte dos de alto nível. Por exemplo, um dos indicadores de alto nível do projeto pode ser a potencial redução do consumo de combustível de aeronaves; outros, a redução do nível de ruído, a redução do peso da aeronave etc. Tais indicadores são consequência de indicadores mais detalhados, como, por exemplo, a redução do peso das aeronaves. Para cada indicador devem ser estabelecidas metas que podem ser baseadas nas dos competidores internacionais em seus respectivos programas de plataformas.

8.3 MODELAGEM DOS PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DOS RESULTADOS PARA A INDÚSTRIA, PARA A ACADEMIA E PARA A ANAC

A formatação do programa brasileiro de plataformas é baseada na execução dos projetos prioritariamente pelas empresas participantes do programa. A própria gestão dos projetos é executada pelas empresas, de forma que os resultados são gerados pelas empresas e seus eventuais parceiros contratados, não sendo necessária a especificação de processos de transferência para a indústria, a exemplo do que também ocorre nos projetos internacionais. A transferência para a academia depende da participação e do interesse dela nos diversos subprojetos que irão compor o programa de plataformas. Sem participação é difícil haver transferência, motivo pelo qual se recomenda que a direção executiva geral do programa realize esforços de divulgação do projeto para a academia, que pode participar em modalidades específicas de financiamento, inclusive com o recebimento de recursos para investimento. Por fim, a transferência para a autoridade aeronáutica certificadora será necessária sempre que os resultados da pesquisa pré-competitiva atingirem um grau de maturidade exigido para integração em novos produtos. O processo a ser realizado nesse caso é o mesmo já realizado hoje pela OEM e por seus fornecedores.

Tal quesito pressupõe a evolução do programa para além das três plataformas demonstradoras tecnológicas aeronáuticas hoje em tela. Deverá ser conduzido pelo Comitê de Apoio ao Planejamento Estratégico e confirmado pelo Comitê de Gestão. Dessa maneira, poder-se-á contar com *roadmap* tecnológico atualizado, auxiliando o gestor público na análise da necessidade e da oportunidade de articular novo programa de plataforma demonstradora tecnológica aeronáutica.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mercado aeroespacial global é caracterizado por uma estrutura industrial concentrada em torno de algumas poucas OEMs e fornecedores de sistemas. Essa estrutura, aliada ao fato de ser um setor intensivo em tecnologia e inovação, reforça a importância das atividades de PD&E (Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia) para o desenvolvimento de tecnologias e para o consequente ganho de competitividade estratégica das empresas do setor.

O setor possui diversas externalidades ligadas à sua capacidade de inovação tecnológica. Entre essas externalidades estão a forte regulamentação da indústria, os impactos ambientais das operações aeronáuticas, o grande transbordamento tecnológico, o impacto econômico positivo e a importância estratégica da indústria para as nações. A dinâmica definida por essas externalidades levou à construção de uma indústria com características muito especiais, no que tange à inovação tecnológica. Em consequência, o processo de P&D na indústria aeronáutica acabou por adquirir um funcionamento distinto do observado na maioria das outras indústrias, mesmo nas de alta tecnologia.

Nesse setor, a inovação tecnológica é um elemento central para a construção de diferenciais competitivos. Entretanto, a capacidade privada de investimentos em P&D nesta indústria é insuficiente em face dos vultosos volumes de recursos envolvidos – com elevado risco tecnológico na fase pré-competitiva – e das subsequentes necessidades de desenvolvimento de produto na fase comercial. Esses custos e riscos de pesquisa e desenvolvimento se agravam na indústria aeronáutica pelas exigências de certificação de segurança, especialmente nos saltos para novas gerações tecnológicas, que envolvem avaliações de segurança para além dos padrões e parâmetros conhecidos.

Ou seja, antes que as atividades de P&D competitivo (desenvolvimento de produto) sejam realizadas, é necessário desenvolver as tecnologias de maneira a assegurar um nível de maturidade adequado, minimizando os riscos dos projetos de produto. Isso implica em um ciclo de desenvolvimento tecnológico longo e dispendioso, em que é fundamental o envolvimento das empresas que vão industrializar a inovação tecnológica, especialmente por causa da forte influência do *learning by doing*.

Importante ressaltar que os países com vantagens comparativas nessa indústria possuem políticas de Estado dedicadas ao desenvolvimento de inovações tecnológicas. Essas indústrias são fortemente apoiadas pelos seus respectivos governos mediante políticas de incentivo fiscal e tecnológico, políticas protecionistas nas compras governamentais e suporte nas exportações.

Nesse cenário, a Embraer é a nossa grande empresa âncora. É uma *Original Equipment Manufacturer* (OEM), que disputa a terceira posição na produção mundial de aeronaves comerciais. Atua no mercado global da mesma forma que a Boeing, a Airbus e a Bombardier, esta última concorrente direta da Embraer. É fato que um percentual elevado das vendas realizadas pela Embraer – raramente inferior a 90% – traz uma contribuição positiva para a balança comercial brasileira: a empresa tem sido responsável por 3% a 5% do total das exportações brasileiras nos últimos dez anos e também pela exportação de 49% dos produtos de alta intensidade tecnológica produzidos no Brasil.

Além disso, a empresa é a principal responsável pela geração de emprego e renda num setor de alta tecnologia, que gera produtos de altíssimo valor agregado. Esse fato tem rebatimentos para além do que é exclusiva responsabilidade da própria Embraer, na medida em que sua rede de fornecedores e parceiros industriais tem de acompanhá-la *pari passu* na vanguarda da tecnologia aeronáutica.

Destaque-se que a Embraer já realizou um esforço inicial para manter sua posição competitiva de curto prazo no mercado aeronáutico, com o processo da remotorização de suas aeronaves, com turbinas mais econômicas, menos poluentes e menos ruidosas. Impõe-se agora o esforço de desenvolvimento da futura geração de aviões da Embraer. Infelizmente, o setor aeronáutico brasileiro carece de um esforço mais amplo de pesquisa em tecnologias pré-competitivas necessárias para essa nova geração de aeronaves. Isso é um grave problema, uma vez que a manutenção e a ampliação da competitividade do setor aeronáutico brasileiro e, particularmente, o da Embraer, dependerá do desenvolvimento e do domínio de conhecimentos e tecnologias que serão empregados na próxima geração de aeronaves que dominarão o setor pelas próximas décadas, especialmente a partir de 2022.

O Estudo Prospectivo do setor aeronáutico realizado pela ABDI em 2009⁴³ analisou os desafios da indústria aeronáutica brasileira, numa visão de futuro de 2008 a 2023, com uma formulação síntese de ampliar a participação da nossa OEM no mercado mundial de aeronaves, com simultânea dinamização, atualização tecnológica e uma maior inserção internacional da cadeia produtiva do Brasil. O estudo já apontava que a “família 190 incorporava todo o saldo de tecnologias de seu almoxarifado”⁴⁴, indicando uma necessidade futura de acesso a novas tecnologias pré-competitivas para os produtos da próxima geração de aeronaves. Alertava sobre os desafios relativos ao meio ambiente, expressos nas metas de redução de emissões de gases e de ruídos, às pressões de custo dos combustíveis exigindo maior eficiência energética, além das questões relativas ao avião mais elétrico, mais inteligente e mais autônomo, que resultam numa nova geração de aeronave. Essas características são hoje mandatórias, tanto em consequência de padrões estabelecidos por órgãos de controle ambiental e homologadores, como de agendas e metas de desenvolvimentos tecnológicos dos programas de plataformas demonstradoras tecnológicas na Europa, nos EUA e no Canadá.

Para garantirmos a manutenção das vantagens comparativas nacionais e fomentar o adensamento da cadeia aeronáutica com um viés de inovação tecnológica, o Brasil deverá implementar uma política de Estado à semelhança do que se encontra em outros países. E no âmbito desta política, o instrumento central deve ser o de plataformas demonstradoras tecnológicas. Este é o instrumento que melhor satisfaz aos pilares de

43 Estudo Prospectivo Aeronáutico. 2009 - Série Cadernos da Indústria ABDI – Volume XIV, ABDI.

44 Página 169, Item V.2 do Estudo Prospectivo Aeronáutico. 2009 - Série Cadernos da Indústria ABDI – Volume XIV, ABDI.

desenvolvimento da competitividade da indústria aeronáutica, e que produzirá maiores benefícios para o país.

Plataformas tecnológicas se apresentam como um ótimo instrumento no processo de estabelecimento de uma agenda de PD&I para diferentes setores no Brasil. Se o esforço de plataformas tiver continuidade e se o processo for corretamente instruído quanto às metodologias de prospecção, as plataformas vão contribuir de maneira sistemática para viabilizar saltos tecnológicos. Os resultados obtidos no processo dependerão da interação cooperativa entre os setores público e privado, empresas, universidades e institutos de pesquisa, entidades de classe e organizações da sociedade civil, possibilitando a criação de uma reflexão prospectiva permanente, que impactará na competitividade dos setores.

O Brasil já avançou com a elaboração do Programa Inova AERODEFESA, uma iniciativa da Finep, BNDES, Ministério da Defesa e Agência Espacial Brasileira para apoio aos setores aeroespacial, de defesa e segurança. Através do programa foram selecionados planos de negócios de empresas brasileiras que contemplem temas comprometidos com a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação das cadeias produtivas destes setores. Essa iniciativa integra vários instrumentos de apoio através das modalidades de crédito, subvenção econômica e projetos cooperativos entre instituições (ICTs) e empresas, estando previsto também o recebimento de recursos através de participação acionária. Entretanto, são insuficientes os recursos para subvenção necessários ao desenvolvimento pré-competitivo, considerando os níveis de riscos tecnológicos envolvidos.

Isso reforça o papel da política industrial como um elemento-chave de planejamento no país. Somente com uma agenda focada no mercado e nos grandes desafios tecnológicos da indústria nacional é que se assegurará o desenvolvimento econômico brasileiro. O setor aeronáutico mundial atravessa uma fase de ruptura tecnológica que levará a inovações radicais nas mais diferentes áreas, de sistemas de controle de voo aos materiais de que são feitos os aviões, sem contar as regulamentações relativas aos impactos ambientais. Esses desafios levaram países como Canadá, Estados Unidos e Europa a desenvolverem e executarem programas de plataformas demonstradoras tecnológicas de significativo suporte ao aumento da competitividade de suas empresas aeronáuticas. O montante de subvenções e subsídios diretos e indiretos propiciados pelos programas no exterior e o apoio político dado pelos diversos governos às disputas competitivas que envolvem as suas empresas aeronáuticas em seus respectivos países demonstram que a indústria aeronáutica só se viabiliza com forte dependência do apoio do Estado.

Em que pesem a tradição e o sucesso do setor aeronáutico brasileiro, o fato é que no momento o setor carece de iniciativas de apoio à sua competitividade futura, como as encontradas nos países que contam com empresas que disputam diretamente com a brasileira. Se o Brasil pretende manter ou aumentar a competitividade de seu setor aeronáutico, precisará dar uma resposta satisfatória aos desafios do presente momento de transição tecnológica, sob o risco de colocar a perder um setor em que empenhou mais de 50 anos de alguns dos melhores esforços do país.

Passo importante consistirá em criar as condições institucionais de um programa de plataformas demonstradoras tecnológicas para o setor aeronáutico, replicável potencialmente a muitos outros setores e tecnologias. Os projetos para as três plataformas do setor aeronáutico já estão detalhados e são condizentes com o que aponta o desenvolvimento tecnológico e a competição no setor num futuro próximo.

A despeito dos avanços, o Brasil ainda precisa de uma política tecnológica e de inovação ousada que considere os riscos do chamado vale da morte (hiato de transição tecnológico), que é o foco das políticas dos países bem-sucedidos na indústria aeronáutica. Além da correção dos fatores sistêmicos, que reduzem a competitividade da empresa brasileira, há que enfrentar a questão da inovação com determinação, sob pena de impedir que a economia industrial do país mire o futuro em bases mínimas de igualdade com seus concorrentes internacionais.

Não contar com programas de plataformas demonstradoras tecnológicas implicará num grande atraso perante os países que já estão executando tais programas há alguns anos. Significará uma perda potencial de competitividade futura para empresas cujo negócio passe por integração de tecnologias complexas, que necessitem de muitos testes e validações. Perder competitividade em indústrias como a aeronáutica, na qual o Brasil conquistou com grande esforço do Estado uma posição competitiva vantajosa é, simultaneamente, colocar em risco muitos empregos, particularmente, os de alta qualificação, assim como colocar em risco a construção da imagem do Brasil como país onde também se produz tecnologia de ponta e produtos inovadores.

Caso o Brasil consiga implantar um programa estruturado de plataformas demonstrativas tecnológicas via mecanismo de encomenda tecnológica, o país estará inaugurando uma nova e poderosa modalidade de apoio ao desenvolvimento tecnológico, à inovação e à criação de valor. Além de o Brasil deixar de ser um seguidor de tendências tecnológicas, onde “inova-se” mais se adequando ao que o mercado sedimentou como referencial tecnológico para não perder competitividade do que se criando, para um referencial de fronteira tecnológica. Isso também permitirá ao Estado brasileiro e a suas instituições de apoio à inovação e desenvolvimento tecnológico e industrial acumularem os conhecimentos necessários para sua replicação em plataformas em outros setores econômicos.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALDERS, L. T. **Current Status of the Canadian Aerospace Industry and Plans for the Future**, AIAC. Madri, 2011.

ADVISORY COUNCIL FOR AUERONAUTICS RESEARCH IN EUROPE (ACARE). **2008 Addendum to the strategic research agenda**. Bruxelas, 2008.

ADVISORY COUNCIL FOR AUERONAUTICS RESEARCH IN EUROPE (ACARE). **Strategic research agenda**. v. 2. Bruxelas, 2002.

AÉRO MONTREAL. **Aerospace Clusters: A World of Innovation - Positioning Aerospace Clusters in a Global Context**, Report on the Aerospace Innovation Forum 2009. Montreal, 2010.

AEROSPACE INDUSTRIES ASSOCIATION OF CANADA (AIAC). **Future Major Plataforms Reports**, AIAC, Ottawa, 2009.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Estudo prospectivo aeronáutico**: relatório geral. Brasília: ABDI, 2009.

ARRUDA, M. VERMULM, R. HOLLANDA, S. **Inovação tecnológica no Brasil**: a indústria em busca da competitividade global. São Paulo: ANPEI, 2006.

BALAGUER, D.L., MATSUO, E.K., **Políticas Públicas de Fomento à P&D Pré-Competitiva na Indústria Aeronáutica Brasileira: Proposta de uma Abordagem integrada de desenvolvimento do Cluster através da inovação tecnológica**, Embraer. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/545/515. Acesso em:

BRASCOMB, L.W.; AUERSWALD, P.E. *Between invention and innovation*. Washington, NIST, 2008 (Advanced Technology Program).

____; _____. **Taking technical risks**: how innovators executives and investors manage high-tech risks. Cambridge (MA): MIT Press, 2001.

BRASIL. PLANO BRASIL MAIOR. AGENDAS ESTRATÉGICAS SETORIAIS. Brasília: ABDI, abril de 2013. 140p.

BRASIL. PLANO BRASIL MAIOR. COMITÊ EXECUTIVO DE DEFESA, AERONÁUTICO E AEROESPACIAL. **Diagnóstico do Setor Aeronáutico**. Brasília, 29 de março de 2012. Transparências (coordenação: Murilo Barbosa e Maria Luis M. Campos Leal).

BRESLIN, L. **The European Strategic Agenda for Aeronautics Research and the 7th FP of the European Commission**, European Commission Aeronautics, 2005.

BRUSATI, M. **Management and Governance of Clean Sky**. Bruxelas, 2008.

CAMP, R. C. **Benchmarking: o caminho da qualidade total**. São Paulo: Thomsom Pioneira, 1996.

CARAYANNIS, E. G., ALEXANDER, J., **Strategy, Structure and Performance issues of Pre-Competitive R&D Consortia: Insights and Lessons Learned for SEMATECH**, IEE TEM, Washington, 2003.

CATUNDA, R. M. P. **Benchmarking - Uma ferramenta para a excelência da gestão**. Editora Fundo de Cultura, 2006.

CHO, T. H., **Challenges in Research and Development for the Korean Aircraft Industry** In

CRAWFORD, N. W, MOON, C. I, **Emerging Threats, Force Structures, and the Role of Air Power in Korea**, RAND, Santa Monica, 2000. Cap. 14. p. 325 a 343.

CLEAN SKY GOVERNANCE BOARD. Call for Proposals: Clean Sky Research and Technology Development Projects: Rules for Participation and rules for Submission of Proposals and the related Evaluation, Selection and Award Procedures. Disponível em: <<http://www.cleansky.eu>>, Bruxelas, 2011. Acesso em:

CLEAN SKY GOVERNING BOARD. **Clean Sky Annual implementation Plan 2010**, Bruxelas, 2010.

COAST GUARD LOGISTICS INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM (CGLIMS), **Technology Demonstration: Definition**, Washington, 2010.

COFSKY, S. **GARDN PRESENTATION**, AIAC, Ottawa, 2011.

CONSORTIUM FOR SCIENCE, POLICY AND OUTCOMES. **Energy Innovation at the Department of Defense Assessing the Opportunities**, Clean Air Task Force, Arizona State University, Boston, 2012.

CORAC. **Proposition sectorielle de Charte d'Organisation et de Gouvernance des Plateformes de Démonstration Technologique proposées par le secteur aéronautique dans le cadre du programme d'investissements d'avenir**. Disponível em: <<http://www.aerorecherchecorac.com>>, 2012. Acesso em:

DE NEGRI, João A.; SALERNO, Mario S., orgs. **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: Ipea, 2004.

EDQUIST, C.; ITURRIAGAGOTIA, J.M.Z. Public procurement for innovation as mission-oriented policy. **Research Policy**, n.41, p. 1757-1769, 2012. 34

EDQUIST, C.; HOMMEN, L. Systems of innovation: theory and policy for the demand side. **Technology in Society**, n.21, p.63-79, 1999.

EISENHARDT, Kathleen M.; MARTIN, Jeffrey A. Dynamic capabilities: what are they? **Strategic Management Journal**, V.21, p. 1105-1121, 2000.

EMBRAER. **Airline Market & Embraer Programs Overview** – A Perspective from 30-120 Market Segment, 2007. Disponível em: <<http://www.embraer.com>>. Acesso em:

ENCARNAÇÃO, J. L. Strategy and policy for ICT-based collaborative basic research in FP7, FET FP7 Workshop, Bruxelas, 2004.

EUROPEAN COMMISSION. WTO disputes EU/US large civil aircraft. Background fact sheet. Bruxelas, 11 de outubro de 2012.

EUROPEAN COMMISSION. Report on the first interim evaluation of the Innovative Medicine Initiative Joint Undertaking. Bruxelas, 2011.

EUROPEAN COMMISSION. Response of the DG-RTD Transport Directorate to the First interim evaluation of the Clean Sky Joint Technology Initiative. Bruxelas, 2010.

EUROPEAN COMMISSION. **Clean Sky Grant Agreement**. Bruxelas, 2009. Disponível em: <<http://www.cleansky.eu>>. Acesso em: .

EUROPEAN COMMISSION. Technology platforms - from definition to implementation of a common research agenda. Bruxelas, 2004.

EUROPEAN UNION. COUNCIL REGULATION (EC) No 71/2007 of 20 December 2007 setting up the Clean Sky Joint Undertaking. **Official Journal of the European Union**, L 30/1, 4 de fevereiro de 2008.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **National Airspace System Capital Investment Plan FY 2012-2016**. Washington, 2012. Disponível em: <http://www.faa.gov>. Acesso em: 18/10/2012.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **NextGen implementation plan**. Washington, 2012.

FERREIRA, M. J. B. **Competências Empresariais e Políticas Governamentais de Apoio ao Desenvolvimento do setor Aeroespacial**: Casos da França e da Suécia. Documento Aeronáutico: ABDI, Unicamp - Campinas, 2010.

FREEMAN, C. Continental, national and sub-national innovation systems - complementarity and economic growth. **Research Policy**, n. 31, p.191-211, 2002.

GOMES, S.B.V. **A indústria aeronáutica no Brasil**: evolução recente e perspectivas. In BNDES 60 anos - perspectivas setoriais. Rio de Janeiro: BNDES, 2012 35 .

GUZZETTI, J.B. The success of FAA's long-term plan for Air Traffic Facility Realignment and Consolidations depends on addressing key technical, financial and workforce challenges. Aviation and Special Program Audits, Washington, 2012.

HAGEDOORN, J. **Inter-firm R&D partnerships**: an Overview of major trends and partterns since 1960. Maastricht: Maastricht University, 2000.

HOLLANDERS, H; VAN CRUYSEN, A; VERTESY, D. **Sectoral innovation system in Europe**: The Case of the aerospace sector. Maastricht, 2008

JOINT PLANNING ENVIRONMENT (JPE). **Joint Planning Framework**. Disponível em: <<http://jpe.jpdo.gov/ee/request/folder?id=30975>>. Acesso em: 18/10/2012.

KONIG, J, HELLSTROM, T. The Clean Sky “Smart Fixed Wing Aircraft Integrated Technology Demonstrator”: Technology targets and project status. Nice, **27th International Congress of the aeronautical sciences**, 2010.

LÉVESQUE, C. et aL. **Construindo novas capacidades através de clusters industriais**: o caso da indústria aeroespacial em Montréal. Slides de apresentação na FIESP/ Comdefesa, São Paulo, 17 de agosto de 2012. (Autores: professores, pós-doutorando e doutorandos da HEC Montreal. Promoção Fiesp e Crimt/ Universidade de Montreal).

LINZ, M., ROTHKOPF, A. **The Future of Aviation 2025, Global Scenarios for Passenger Aviation, Business Aviation and Air Cargo**. European Business School Internation University Schloss Reichartshausen.

MANKINS, J C. “ **Technology readiness levels**”: a white paper. Advanced Concepts Office, Office of Space Access and Technology, NASA, 6th April 1995.

MEYER, M. H. UTTERBACK, J. M. The product family and the dynamic of core capability, **Sloan Management Review**, Spring, p. 29-47, 1993.

MILLER, D. Firms’ technological resources and the performance effects of diversification: a longitudinal study, **Strategic Management Journal**, v.25, n. 11, p. 1097-1119, 2004.

MIGON, M. N.; MONTORO, G. C. F., orgs. **Cadeia produtiva aeronáutica brasileira**: oportunidades e desafios. Rio de Janeiro: BNDES, 2009.

MIRANDA, Z. **O vôo da Embraer**: a competitividade brasileira na indústria de alta tecnologia. São Paulo: Papagaio/OIC-USP, 2007.

NASIRIYAR, Maryam. **Technology platform exploitation**: definition and research boundaries. Tese de Doutorado IAE, Aix-en-Provence, 2010. Disponível em: <<http://www.docstoc.com/docs/30837951/Technology-platform-exploitation--definition-and-research-boundaries>>. 36 Acesso em:

NASIRIYAR, M.; JOLLY, D. Technology platform exploitation: definition and research boundaries. Texto apresentado ao **16th International Conference on Management of Technology**, Miami Beach, Florida, 2007.

NATIONAL AEROSPACE TECHNOLOGY STRATEGY (NATS). Corporate Responsibility report 2012. Disponível em: <<http://www.nats.co.uk>>. Acesso em: .

NATIONAL AEROSPACE TECHNOLOGY STRATEGY (NATS). NATS Brouchure. Disponível em: <<http://www.nats.co.uk>>. Acesso em:

NIOSI, J., ZHEGU, M., Multinational Corporations, Value Chains and Knowledge Spillovers in the global aircraft Industry. **International Journal of Institutions and Economies**, Vol.2, n. 2, p. 109-141, 2010.

OLIVEIRA, E B. **MRO Aeronáutico, Gerando Riqueza para o Brasil** – Adensamento da Cadeia Produtiva na Indústria Aeronáutica Brasileira. Varig Engenharia e Manutenção, 2004.

POLIDORI, S. Grant Agreement for partners. **Clean Sky Info Day on 11th Call for Proposals**. Bruxelas, 2012.

PRAHALAD, C.K.; HAMEL G. The core competence of the corporation, **Harvard Business Review**, v. 68, p. 79-91, 1990.

RODRIGUES, J. P. **The geography of transport systems**. Nova Iorque: Hofstra University, 2007.

ROLSTAM, M. An institutional approach to research on public procurement of innovation. **Innovation-the European Journal of Social Science Research**, v.25, n.3, p.303-321, 2012.

RTCA – Radio Technical Commission for Aeronautics. **2011 Annual Report**. Washington, 2011. Disponível em: <www.rtca.org>. Acesso em:

RTCA – Radio Technical Commission for Aeronautics. **Terms of Reference – NextGen Advisory Committee**. RTCA paper No . 102-12/NAC-14. Disponível em: <www.rtca.org>. Acesso em: .

SAUSER, B., MARQUEZ, J.R., VERMA, D., GOVE, R. **From TRL to SRL: The Concept of Systems Readiness Levels**. Stevens Institute of Technology, Charles V. Schaefer School of Engineering, Systems Engineering and Engineering Management, Castle Point on Hudson, Hoboken.

SCOVEL III, C. **Federal Aviation Administration: Actions Needed to Achieve Mid-Term NextGen Goals**. Washington: Department of Transportation of United States of America, 2009.

SEMATECH. **Driving growth Strengthening Connections**. Annual Report, Albany, 2011.

SESAR JU. **Today's partners for tomorrow aviation**. Brussels, 2008. 37

CLEAN SKY. Disponível em: <<http://www.cleansky.eu>>. Acesso em: 29/10/2012.

CORAC. Disponível em: <<http://www.aerorecherchecorac.com>>. Acesso em: 29/10/2012.

CRIAQ. Disponível em: <<http://www.criaq.aero>>. Acesso em: 29/10/2012.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Disponível em: <<http://www.faa.gov>>. Acesso em: 18/10/2012.

NATS. Disponível em: <<http://www.nats.co.uk>>. Acesso em: 29/10/2012.

NEXTGEN. Disponível em: <<http://www.faa.gov/nextgen>>. Acesso em: 29/10/2012.

SEMATECH. Disponível em: <<http://www.sematech.org>>. Acesso em: 29/10/2012.

SYNERGETIC RESEARCH AND INNOVATION IN AEROSPACE (CRIAQ). **Collaborate Progress Report**, Destination/2022, Montreal, 2012.

UNITED STATES GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE. Next Generation Air Transportation - Collaborative Effects with European Union Generally Mirror Effective Practices, but Near-Term Challenges Could Delay Implementation, Washington, 2011.

VERTESY, D., SZIRMAI, A. **Brazilian Aerospace Manufacturing in Comparative Perspective**: A Brazil/USA Comparison of Output and Productivity. UNU-MERIT, Maastricht, 2010. (Working Paper Series).

WHELAN, D. **Impact of Technology Readiness Levels on Aerospace R&D**, Fusion Energy Science Advisory Committee, 2008.



