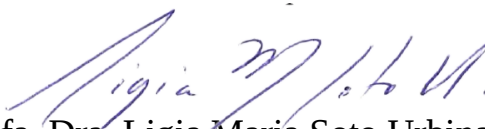


Tese apresentada à Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Área de Produção.

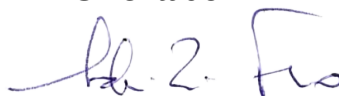
JOSIANE DE ARAÚJO FRANCELINO

**IMPACTOS TECNOLÓGICOS DE PROGRAMAS DE
AQUISIÇÃO DE AERONAVES MILITARES SOBRE O NÍVEL
DE CAPACITAÇÃO DA INDÚSTRIA AERONÁUTICA
BRASILEIRA**

Tese aprovada em sua versão final pelos abaixo assinados:



Profa. Dra. Ligia Maria Soto Urbina
Orientador



Prof. Dr. André Tosi Furtado
Coorientador

Prof. Dr. Luiz Carlos Sandoval Góes
Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa

Campo Montenegro
São José dos Campos, SP – Brasil
2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**Divisão de Informação e Documentação**

Francelino, Josiane de Araújo Impactos Tecnológicos de Programas de Aquisição de Aeronaves Militares sobre o Nível de Capacitação da Indústria Aeronáutica Brasileira / Josiane de Araújo Francelino São José dos Campos, 2016. 344f. Tese de doutorado – Curso de Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Área de Produção – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2016. Orientador: Prof. Dr. Ligia Maria Soto Urbina 1. Impactos Tecnológicos. 2. Contrato de Aquisição. 3. Aeronaves Militares. 4. Desenvolvimento das Capacidades. 5. Capacidade Tecnológica. 6. Programa de Defesa. 7. Embraer. 8. Indústria Aeronáutica. 9. Engenharia Aeronáutica. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Impactos Tecnológicos de Programas de Aquisição de Aeronaves Militares sobre o Nível de Capacitação da Indústria Aeronáutica Brasileira

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FRANCELINO, Josiane de Araújo. Impactos Tecnológicos de Programas de Aquisição de Aeronaves Militares sobre o Nível de Capacitação da Indústria Aeronáutica Brasileira / Josiane de Araújo Francelino. 2016. 344f. Tese doutorado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Área Produção – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Josiane de Araújo Francelino

TÍTULO DO TRABALHO: Impactos Tecnológicos de Programas de Aquisição de Aeronaves Militares sobre o Nível de Capacitação da Indústria Aeronáutica Brasileira

TIPO DO TRABALHO/ANO: Tese / 2016

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias desta dissertação ou Tese e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação ou Tese pode ser reproduzida sem a sua autorização (do autor).

Josiane de Araújo Francelino

Rua da Granja, s/n, IEM – ITA – DCTA

CEP: 12228-901, São José dos Campos – SP

**IMPACTOS TECNOLÓGICOS DE PROGRAMAS DE
AQUISIÇÃO DE AERONAVES MILITARES SOBRE O NÍVEL
DE CAPACITAÇÃO DA INDÚSTRIA AERONÁUTICA
BRASILEIRA**

Josiane de Araújo Francelino

Composição da Banca Examinadora:

Prof. Dr.	Maurício Pazini Brandão	Presidente	- ITA
Profa. Dra.	Ligia Maria Soto Urbina	Orientador	- ITA
Prof. Dr.	André Tosi Furtado	Coorientador	- UNICAMP
Prof. Dr.	Arnoldo Souza Cabral	Membro Interno	- ITA
Prof. Dr.	Milton de Freitas Chagas Júnior	Membro Externo	- INPE
Prof. Dr.	Luiz Antonio Tozi	Membro Externo	- FATEC/SJC

Dedico Este Trabalho a Minha Mãe,
Antonia de Araújo Francelino,
a Meu Pai, José Carlos Francelino,
pelo amor e apoio em todas as horas, e
a Meu Amado Sobrinho, Mateus,
fonte de amor e de alegria em abundância.

Agradecimentos

Agradeço, do mais profundo do meu coração, a orientação amiga, paciente e extremamente dedicada da professora Ligia, que soube com muita sabedoria orientar-me como evoluir na pesquisa e na vida, com tantos exemplos diários de assertividade, de ponderação e de controle sobre si. Ademais, pela confiança e pelo respeito que me dedicou desde o primeiro instante.

Agradeço ao professor André, do mais profundo do meu coração, pela prontidão e pela confiança em aceitar a coorientação, soube impulsionar-me e desafiar-me em momentos cruciais da pesquisa, quando o que eu mais precisava era de respostas, de direção e de coragem.

Aos meus dois orientadores, exemplos de pesquisadores e de pessoas, ambos atentos ao desenvolvimento do ser humano e do jovem pesquisador. Fui realmente agraciada por tê-los encontrado em minha vida. Sou imensamente agradecida.

Agradeço ao professor Damiani pela orientação nos dois primeiros anos da pesquisa e pelos primeiros desafios lançados.

Agradeço ao Comando da Aeronáutica por ter possibilitado iniciar essa empreitada ainda enquanto Tenente Economista da Subdiretoria de Abastecimento (SDAB). Agradeço, *in memoriam*, ao meu primeiro Comandante, Brigadeiro Intendente Paulo Silveira, que foi o primeiro a autorizar-me à concretização desse sonho, e ao meu último Comandante, Brigadeiro Intendente Eurico Jorge de Lima, que possibilitou meu contato com a COPAC.

Agradeço imensamente à COPAC, ao Brigadeiro Almeida Júnior, por ter possibilitado acesso aos arquivos da COPAC e a seus gerentes de programas. Ao então Coronel Bruno Bonotto, e a toda a sua equipe, e ao então Tenente Coronel Samir Mustafa, gerentes dos programas, AM-X e Super Tucano, respectivamente, pela confiança em ensinar-me sobre a COPAC e sobre os Programas de Defesa.

Agradeço ao IFI, ao Coronel Affonso Henriques Rodrigues de Sousa, e a toda a sua equipe da Divisão de Desenvolvimento Industrial, pela confiança por transmitir-me um histórico muito apurado sobre os programas de defesa, sobre o IFI, *Offset* e por possibilitar o acesso aos fornecedores aeronáuticos.

Agradeço imensamente a todos os presidentes, diretores, gerentes, engenheiros e empresários que acolheram com grande disposição essa pesquisa e essa pesquisadora: Embraer, Eleb, Globo Usinagem, Magnaghi Friulli Aerospace, ThyssenKrupp Autômatas,

Eaton, Planifer, Pan Metal, Mirage, Utec, Finetornos, Lanmar, Usimaza, Ael Sistemas, Digicon, Airmod Consulting, Alltec, Aerobrás e LHColus. Agradeço também ao Ozires Silva por tanto conhecimento compartilhado em nossa entrevista.

Agradeço a colaboração do CECOMPI e do Parque do Tecnológico de São José dos Campos para acessar os fornecedores aeronáuticos e para aprofundar-me nos desafios dos fornecedores.

Agradeço aos Professores do ITA, Arnaldo Cabral, José Henrique de Souza Damiani, João Murta, Rodrigo Scarpel, Ernesto Cordeiro Marujo, Denise Beatriz Ferrari e Carmen Belderrain por me acolherem nessa Instituição de Ensino e por me estimularem na pesquisa.

Agradeço à Elaine Nuci do Espírito Santo, biblioteconomista do ITA, e a toda equipe da Biblioteca, o apoio decisivo nos primeiros anos de ITA, como aluna de matéria isolada, quando eu precisava descobrir um mundo que eu ainda não conhecia e ao qual também não tinha acesso. Agradeço também à Maria Cristina Lacerda de Lacerda pela prontidão em ajudar na formatação da extensa bibliografia.

Agradeço à Elenice, à Vanessa e à Sheila, da secretaria de Pós-Graduação, pela prontidão em ajudar-me em todos os anos de ITA.

Agradeço aos Professores Paulo Figueiredo, Luiz Guilherme Oliveira, Carlos Alberto Pacheco, Laurent Bach, Rosane Argou Marques e Davi Nakano por fornecerem valiosos *insights* para o andamento e o sucesso da pesquisa.

Agradeço aos amigos dos tempos da Faculdade de Economia da UNESP de Araraquara, Cássio Garcia Ribeiro, professor e pesquisador, por possibilitar o acesso ao professor André, por partilhar seus conhecimentos e oportunidades comigo. À querida amiga Débora, por estar sempre aqui, desde 1998. E à Prunella, amiga querida e professora de português pela prontidão em revisar o texto.

Agradeço aos amigos da época de quartel da SDAB, Maria Carolina, Alessandra, Chris Luz, Daniela, Valviesse, Amâncio, Luiz Dias, Valmir, Messias, Herculano, Sieber, Robson, Renan, Carina, Yasumura, Luciano, De Biasi pela convivência e amizade no trabalho. Ao Coronel Brito e esposa Vera pelas lições de força e coragem. Aos amigos de prática do Método DeRose de São Paulo, Maritza, Mariana, Nubia, Monica R., Renato, Sandra, Fernanda, Viviane, Letícia, Elisa, Tereza, Edna, Angela, Nai Ana, e de São José dos Campos, Diahline, Elenice, Monica D., Monica S., Valéria, Vanusa, Toni e Bruno pela amizade diária prazerosa. Ao Comendador DeRose e aos instrutores e diretores de escola

Márcia, Fernando, Leon, Henrique, Robson, Sérgio e Juliana agradeço os inúmeros ensinamentos teóricos e práticos que me ajudaram a permanecer firme na empreitada do doutorado.

Agradeço profundamente ao amigo Davi, pela amizade e companheirismo para todas as horas e situações, sempre pronto a ajudar-me e alegrar-me. Agradeço a amizade da querida Flávia, pelas inúmeras horas de estudos ao lado dela, por todos valiosos ensinamentos sobre a presença de Deus nas nossas vidas. Ao amigo Tiago pelo suporte técnico em várias fases da Tese, sempre pronto a ajudar-me. Agradeço aos amigos de ITA Raquel, Lúcio, João Paulo, Herlandi, Vladimir, Gilberto, Arnould, Fernando e Sávio pelo apoio e pela amizade nas dificuldades da vida acadêmica e da pesquisa. E aos motivados alunos da MB-240 – Capacitação Tecnológica e Inovação do ano de 2016, no qual ministramos um módulo com os autores da nossa tese.

Agradeço ao Centro Cultural Alfa da Obra Opus Dei por me fornecer um ambiente tranquilo e de paz para estudar, meditar sobre a santificação na vida diária e refeições muito saborosas. Agradeço, especialmente, à Cristina, Teco, Darcy, Beatriz, Marisa e Caca. E à Karen pela amizade sincera nos momentos mais difíceis. Ao Padre Cesário, pelas palavras de sempre mais amor.

Agradeço aos amigos da Escola Catequética e dos Encontros com a Boa Nova da Catedral São Dimas, professora Cláudia, Sueli, Ronaldo e Nena por me ensinarem a viver com Deus no centro de tudo, em meio a todas as dificuldades. Ao Padre Rinaldo, por tantas palavras e orientações, desde que cheguei a São José de Campos. À família de amigos que me acolheu em São José dos Campos, Regina e Geraldo e sua filha Rafaela.

Agradeço ao meu *coach* Silvio Bianchi, por todos os ensinamentos, planos e cronogramas que tracei sob sua orientação e motivação, que me ajudaram a transpor todas as barreiras, tristezas e os obstáculos do caminho. Agradeço à Ildete pelo imenso suporte nos momentos mais difíceis. Agradeço ao Padre Anderson, por me ensinar tanto: “Não deixe desanimar-se por nada, a Vida é uma constante construção e Deus vai ensinando-nos a colocar o tijolo, a esperar o cimento secar, a colocar as telhas...” com a Fé e a Razão, lado a lado.

Agradeço também a todos, que não foram citados aqui, por um lapso de memória, pois o caminho foi bem longo e passou por diferentes fases da minha vida, mas que com certeza tornaram minha caminhada mais amena e tranquila.

Agradeço à FAPESP ao financiamento concedido que me garantiu a tranquilidade e a mobilidade necessária a um pesquisador.

Agradeço finalmente a minha família, a meus pais, Antonia e José Carlos, pelo imenso apoio emocional e material em todas as horas, em todos os momentos, e minhas irmãs, Juliana e Jocelaine por garantirem-me um lar repleto de amor e de aconchego. Ao Mateus, meu amado sobrinho, por ser motivo de alegria infinita e de esperança em nossas vidas. A minha querida tia Adélia pela constante torcida.

Agradeço, especialmente, ao meu namorado Tiago, pelo amor sincero e pela dedicação em fazer-me feliz desde o primeiro instante. Por você, motivo-me a cada dia.

Agradeço a Deus, por ter cuidado de mim em todo o caminho, desviando de mim tudo que não era fundamental e me redirecionando a tudo que sempre sonhei. O Senhor é meu Pastor... E nada... Nada me faltará, jamais! Amém.

"Salmo de Davi. O Senhor é meu Pastor, nada me faltará. Em verdes prados ele me faz repousar. Conduz-me junto à águas refrescantes, restaura as forças da minha alma. Pelos caminhos retos ele me leva, por amor do seu nome. Ainda que eu atravessasse o vale escuro, nada temerei, pois estais comigo. (...) Vossa bondade e misericórdia hão de seguir-me por todos os dias da minha vida".

Bíblia Sagrada Ave Maria, Salmo 22

Resumo

Os programas de compra de aeronaves militares do COMAER (Programas AM-X, AL-X, F5-BR, KC-390) desempenham um importante papel no desenvolvimento das capacidades tecnológicas da indústria aeronáutica brasileira e têm estado fortemente associados à trajetória de evolução tecnológica da principal empresa do setor e do próprio COMAER. Outros segmentos da indústria aeronáutica brasileira também têm sido beneficiados pelos impactos desses programas. Contudo, notou-se uma escassez de pesquisas acadêmicas que avaliem seus impactos nos seus beneficiários diretos e indiretos, que, a princípio, se traduzem, na geração de capacidades tecnológicas específicas de natureza técnica e organizacional. Nesse contexto, esta Tese objetivou trazer elementos que contribuam para a compreensão dos impactos tecnológicos de programas de aquisição de aeronaves militares em três grupos de beneficiários: o COMAER, o órgão contratante, a Embraer, a principal empresa da indústria aeronáutica, e, principalmente, o segmento de pequenas e médias empresas de usinagem de peças aeronáuticas, localizadas no Brasil. Por meio de pesquisa bibliográfica, documental e pesquisa de campo foi recuperado o processo de acumulação de capacidades organizacionais no COMAER, os impactos técnicos sobre a Embraer e foi modelada conceitualmente a Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC), a partir da qual se originou o Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica, que permitiu analisar a trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas das firmas que participaram de uma série de programas de defesa. Os impactos tecnológicos sobre o COMAER e sobre a Embraer foram analisados em menor profundidade, porém buscando uma compreensão geral e integrada, na perspectiva histórica, do fenômeno estudado. Maior ênfase, então, foi dada ao desenvolvimento do constructo para avaliação dos impactos de programas de defesa sobre as empresas pequenas e médias, e a sua aplicação nelas. Essa forma de modelar a questão, a partir de uma perspectiva histórica e dinâmica, foi considerada inédita em dois importantes aspectos: aplicação ao setor de defesa brasileiro e em relação à literatura recente das matrizes de capacitação tecnológica, ao incorporar novos elementos, mais relacionados com as funções tecnológicas da indústria aeronáutica. Os resultados sugerem que o Sistema de Aquisição do COMAER tem impulsionado o desenvolvimento de capacidades organizacionais e gerenciais na COPAC e no IFI, sobretudo no desenvolvimento de uma estrutura organizacional para o gerenciamento de programas complexos, fiscalização e controle de contratos, e no incentivo à indústria aeronáutica brasileira por meio de *Offsets*. Também, foram resgatadas análises, com pesquisas de campo e bibliográficas, que mostram como os vários programas de aquisição impulsionaram o desenvolvimento de capacidades técnicas na Embraer. Foi destacado o desenvolvimento de capacidades importantes resultantes do Programa AM-X, F5-BR, KC-390 em áreas técnicas muito específicas. Todavia, esses impactos não foram percebidos, com a mesma intensidade, sobre o desenvolvimento das capacidades técnicas, organizacionais e de sustentação das pequenas e médias empresas de usinagem. Em apenas uma empresa foi possível encontrar um caso de nacionalização de processos de usinagem em função da participação em programas de defesa, o que, de fato, é muito limitado para o segmento. Assim, os resultados da pesquisa de campo apontaram que as empresas de usinagem apresentam um processo de acumulação de capacidades tecnológicas truncada, ou seja, as empresas deveriam acumular capacidades tecnológicas ao longo de todas as funções de modo a se situar em um único nível de complexidade tecnológica, no entanto os resultados mostraram que há grande heterogeneidade nas capacidades tecnológicas das empresas, o que impacta negativamente seu potencial de crescimento. Os resultados sugeriram uma reformulação das políticas industriais, visando à evolução orquestrada das capacidades tecnológicas na indústria aeronáutica brasileira.

Abstract

Defense Programs of Brazilian Air Force (AM-X, AL-X, F5-BR, KC-390) play an important role in the development of the technological capabilities of the Brazilian aeronautical industry. They have been strongly associated with the technological evolution trajectory of its main company, Embraer, and the Brazilian Air Force itself. Other segments of the Brazilian aeronautical industry have also been benefited from the impacts of these programs. However, there is a shortage of academic research to evaluate the impacts of these programs on their direct and indirect beneficiaries. These impacts are translated in terms of technical and organizational technological capabilities. In this context, this Thesis aims to bring elements that contribute to the understanding of the technological impacts of military aircraft acquisition programs in three groups of beneficiaries: COMAER, the contracting body; Embraer, the leading firm in the aeronautical industry; and, mainly, the small and medium-sized segment of machining of aeronautical parts, located in Brazil. Through bibliographic, documentary and field researches, the process of accumulating organizational and technical capabilities in COMAER and Embraer were recovered. It was also constructed the Evaluation Matrix of the Impacts on Technological Capabilities (MAVITEC), from which the Reference Model for the Brazilian Aeronautical Machining Segment was originated. They allowed the analysis of the technological capabilities accumulation trajectory in the firms that participated in a series of defense programs. Although the technological impacts on COMAER and Embraer were partially analyzed, it aimed a general and integrated understanding from a historical perspective of the phenomenon studied. Greater emphasis was given to the development of the construction to evaluate the impact of defense programs on small and medium-sized firms and their application. This way of modeling the question, from a historical and dynamic perspective, was considered unpublished in two important aspects. First, its application to the Brazilian defense sector, and second the relation to the recent literature of technological capabilities matrices, by incorporating new elements which are more related to the technological functions of the aeronautical industry. The results suggest that the Brazilian Air Force Acquisition System has promoted the development of organizational and managerial capabilities at COPAC and IFI, especially in the development of an organizational structure for the management of complex programs, control of contracts, and the empowerment of industry, such as Offset mechanism. The results also showed how acquisition programs have been stimulating the development of technical capabilities at Embraer. The AM-X Program, F5-BR, KC-390 determined the development of important capabilities in very specific technical areas in this firm. However, the impacts were not perceived with the same intensity in the development of the technical, organizational and support capabilities in small and medium-sized machining firms. In only one small firm, it was found a case of nationalization of machining processes due to its participation in defense programs, which, in fact, is very limited for the segment. The results of the field research indicate that the machining firms have a truncated process of accumulation of technological capabilities. The firms should accumulate technological capabilities throughout all the functions in order to be situated in a single level of technological complexity. However, the results showed that there is a great heterogeneity of technological capacities, which negatively

impacts their potential of growth. The results suggested a reformulation of industrial policies, aiming at the orchestrated evolution of technological capabilities in the Brazilian aeronautical industry.

Lista de Figuras

Figura 2.1 Conceito de Inovação segundo um amplo espectro de atividades que abarcam diferentes níveis de inovação.....	86
Figura 4.1 Caça Bombardeiro Reconhecedor Leve AM-X.....	142
Figura 4.2 Divisão das partes da aeronave AM-X, por empresa.....	149
Figura 5.1 Aeronave AL-X (Super Tucano).....	172
Figura 5.2 Partes da Aeronave AL-X.....	181
Figura 6.1 Aeronave F5-BR.....	186
Figura 7.1 Maior aeronave já desenvolvida pela Embraer: KC-390.....	190
Figura 8.1 Representação estrutural das Funções Tecnológicas da MAVITEC para elevação do nível de complexidade tecnológica da firma.....	210
Figura 8.2 Peças aeronáuticas usinadas das empresas analisadas.....	228
Figura 9.1 Conceito de Inovação segundo um amplo espectro de atividades que abarcam diferentes níveis de inovação.....	296

Lista de Quadros

Quadro 4.1 Porcentagem de produção da Embraer para o Programa AM-X.....	150
Quadro 4.2 Porcentagem de produção da Aeritalia para o Programa AM-X.....	150
Quadro 4.3 Porcentagem de produção da Aermacchi para o Programa AM-X.....	150
Quadro.8.1 Modelo analítico básico da Tese: Impacto da política de compras sobre o processo de acumulação de capacidades tecnológicas	201
Quadro 8.2 Desdobramento do Modelo Analítico Básico.....	201
Quadro 8.3 Conceito de Capacidade Tecnológica a partir de Lall (1992), Bell (1995), Figueiredo (2004) e da Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC).....	208
Quadro 8.4 Premissas baseadas em Figueiredo (2001), Marques (2011) e Yoruk e Yoruk (2012).....	211
Quadro 8.5 Desdobramento das premissas	211
Quadro 8.6 Fluxo padrão dos processos de uma empresa de usinagem.....	226

Lista de Tabelas

Tabela 1.1 Painel geral das fontes de informação.....	43
Tabela 1.2 Controle de entrevistas com instituições, especialistas e empresas.....	44
Tabela 2.1 Modelos de Acumulação de Capacidades Tecnológicas que inspiraram a construção da Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC).....	100
Tabela 3.1 DCA 400-6 (1992): Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica (2007).....	122
Tabela 4.1 Fases do programa AM-X, suas principais atividades e empresas responsáveis.....	153
Tabela 4.2 O programa de capacitação complementar, suas principais atividades e empresas envolvidas.....	159
Tabela 8.1 Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC).....	207
Tabela 8.2 Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica no Brasil detalhamento das Funções Técnicas.....	215
Tabela 8.3 Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica no Brasil detalhamento das Funções de Sustentação.....	216
Tabela 8.4 Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica no Brasil detalhamento das Funções de Organizacionais.....	218
Tabela 9.1 Ano de fundação das empresas pesquisadas.....	238
Tabela 9.2 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas.....	246
Tabela 9.3 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Engenharia da Manufatura.....	248
Tabela 9.4 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Gestão da Produção.....	250
Tabela 9.5 Pontuação das empresas pesquisadas para a Função Gestão da Produção.....	251
Tabela 9.6 Critérios estabelecidos para a pontuação da Função Gestão de Projetos.....	253

Tabela 9.7 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Gestão da Cadeia de Suprimentos.....	255
Tabela 9.8 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Gestão da Inovação.....	258
Tabela 9.9 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Desenvolvimento de Produto.....	260
Tabela 9.10 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados.....	262
Tabela 9.11 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função <i>Networks</i> Formais de Desenvolvimento.....	264
Tabela 9.12 Pontuação média das funções analisadas por empresas.....	269
Tabela 9.13 <i>Ranking</i> da pontuação média das funções tecnológicas para a estimação do nível de complexidade da empresa, em ordem decrescente.....	280
Tabela 9.14 Impactos de programas de defesa (AM-X, Tucano, AL-X, F5-BR, KC-390 sobre as funções da Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas de Empresas brasileiras de Usinagem Aeronáutica.....	282

Lista de Gráficos

Gráfico 9.1 Quantidade de centro de usinagem (multitarefa, 5 eixos, 3 e 4 eixos) das empresas pesquisadas.....	239
Gráfico 9.2 Quantidade total de empregados e de engenheiros das empresas pesquisadas.....	240
Gráfico 9.3 Proporção de engenheiros no total de empregados, em porcentagem.....	241
Gráfico 9.4 Estimativa de Faturamento Bruto Anual para o ano de 2016, segundo os entrevistados, em reais (com ICMS, em reais).....	241
Gráfico 9.5 Participação do setor aeronáutico na estimativa de faturamento das empresas, em porcentagem.....	243
Gráfico 9.6 Categoria de produção de peça (baixa, média e alta complexidade).....	244
Gráfico 9.7 Gráfico em radar da Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas.....	247
Gráfico 9.8 Gráfico em radar da Função Engenharia da Manufatura.....	249
Gráfico 9.9 Gráfico em radar da Função Gestão da Produção.....	252
Gráfico 9.10 Gráfico em radar da Função Gestão de Projetos.	254
Gráfico 9.11 Gráfico em radar para Função Gestão da Cadeia de Suprimentos.....	257
Gráfico 9.12 Gráfico em radar da Função Gestão da Inovação.	259
Gráfico 9.13 Gráfico em radar para a Função Desenvolvimento de Produto.....	261
Gráfico 9.14 Gráfico em radar para a Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados.....	263
Gráfico 9.15 Gráfico em radar para a Função <i>Networks</i> Formais de Desenvolvimento...	264
Gráfico 9.16 Comparação geral da pontuação das funções analisadas por empresas.....	267
Gráfico 9.17 Pontuação média das funções analisadas, por empresas.....	268
Gráfico 9.18 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa A.....	270
Gráfico 9.19 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa B.....	271
Gráfico 9.20 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa E.....	272

Gráfico 9.21 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa H.....	273
Gráfico 9.22 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa C.....	274
Gráfico 9.23 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa D.....	275
Gráfico 9.24 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa F.....	276
Gráfico 9.25 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa I.....	277
Gráfico 9.26 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa J.....	278
Gráfico 9.27 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa G.....	279

Siglas

ABDI: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

CECOMPI: Centro para a Competitividade e Inovação do Cone Leste Paulista

COMAER: Comando da Aeronáutica

COPAC: Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate

CTA: Centro Técnico de Aeronáutica

DCTA: Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial

ERP: *Enterprise Resource Planning*

ICT: Instituições de Ciência e Tecnologia

IFI: Instituto de Fomento e Coordenação Industrial

ITA: Instituto Tecnológico de Aeronáutica

P&D: Pesquisa e Desenvolvimento

PMEs: Pequenas e médias empresas

MAER: Ministério da Aeronáutica

MD: Ministério da Defesa

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	28
1.1 Apresentação do Problema de Estudo	33
1.2 Objetivo da Pesquisa	37
1.3 Questões de Pesquisa.....	39
1.4 Delimitação da Pesquisa.....	39
1.5 Desenho e Método da Pesquisa	40
1.6 Estrutura do Trabalho	54
2 LITERATURA DE AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS TECNOLÓGICOS E REFERENCIAL TEÓRICO.....	56
2.1 Aspectos Gerais e Métodos “Tradicionais” e Híbridos.....	56
2.1.1 Métodos econômicos	57
2.1.2 Métodos não econômicos	61
2.1.3 Métodos híbridos	63
2.1.4 <i>Data-driven</i>	65
2.1.5 Outras técnicas.....	67
2.2 Uma Alternativa: Metodologia BETA	67
2.3 Lacunas e Oportunidades	69
2.4 Referencial Teórico: A Teoria da Acumulação das Capacidades Tecnológicas	75
2.4.1 <i>Background</i> teórico.....	75
2.4.2 O Aprendizado Tecnológico em Firms de Países de Industrialização Recente.	77
2.4.3 Processos ou mecanismos subjacentes de aprendizado	81

2.4.4 Conceitos Importantes	83
2.4.4.1 Capacidade tecnológica	83
2.4.4.2 Inovação.....	85
2.4.4.2.1 <i>Technology Readiness Level</i>	86
2.4.4.3 Sistema Nacional de Inovação.....	87
2.4.4.3.1 Sistema Setorial de Inovação e de Produção	88
2.5 Modelo em Estágios: Conceitos e Aplicações da Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas em Indústrias Diversas	89
2.6 <i>Public Procurement for Innovation</i>	106
2.7 Considerações Finais	108
3 SISTEMA DE AQUISIÇÃO DO COMANDO DA AERONÁUTICA DO BRASIL.....	110
3.1 Tendência à Constituição de um Sistema de Aquisição de Defesa no Brasil: Diretrizes Estratégicas Gerais.....	110
3.2 A Diretriz de Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica (DCA 400-6)	114
3.2.1 Regimento Interno da Comissão Coordenadora de Aeronaves de Combate (COPAC)	124
3.3 Instrumento Específico de Capacitação da Indústria Aeronáutica Brasileira: A Política e a Estratégia de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica (<i>Offset</i>)	126
3.3.1 A política de <i>Offset</i> a partir da opinião de especialistas	129

3.3.1.1 O papel do IFI na política de <i>Offset</i> e no fomento à indústria aeronáutica nacional.....	130
3.3.1.2 Visão de um gerente de programa do COMAER.....	132
3.3.1.3 Um importante contraponto a ser considerado sobre a política de <i>Offset</i>	133
3.4 Considerações Finais	135
4 PROGRAMA AM-X (1981-2011): IMPACTOS TECNOLÓGICOS SOBRE O COMANDO DA AERONÁUTICA E SOBRE A INDÚSTRIA AERONÁUTICA BRASILEIRA.....	136
4.1 Estágio de Pesquisa na COPAC	136
4.2 Visão geral do <i>Project Management Body of Knowledge</i> (PMBOK)	137
4.3 Retrospectiva do Programa AM-X segundo as áreas de conhecimento do PMBOK (2004).....	140
4.3.1 A Gestão estratégica do programa.....	142
4.3.2 Gestão da propriedade intelectual.....	143
4.3.3 Gestão da qualidade.....	143
4.3.4 Gestão da integração.....	144
4.3.5 Gestão do escopo	145
4.3.6 Gestão dos prazos	146
4.3.7 A Estrutura organizacional	146
4.3.8 Gestão estratégica dos custos	147
4.3.9 A Gestão estratégica das aquisições	148
4.4 A Fase de Modernização da Aeronave AM-X	155

4.5 Impactos Tecnológicos sobre a Indústria Aeronáutica Brasileira – O Programa de Industrialização Complementar (PIC)	156
4.6 Impactos sobre o COMAER – Desenvolvimento da Capacidade de Gerenciamento de Programas Complexos	159
4.7 Impactos sobre a EMBRAER – Acumulação de Capacidades Tecnológicas	161
4.8 Considerações Finais	167
5 PROGRAMA AL-X (1995-2007): IMPACTOS TECNOLÓGICOS SOBRE O COMANDO DA AERONÁUTICA E SOBRE A INDÚSTRIA AERONÁUTICA BRASILEIRA	171
5.1 O Programa AL-X (Super Tucano)	171
5.1.1 Fase de desenvolvimento	173
5.1.2 Fase de produção	175
5.1.3 Subfase de industrialização	175
5.1.4 Subfase de contratação da produção e subfase da execução da produção.....	175
5.1.5 Fase de utilização.....	176
5.1.6 Gestão da propriedade intelectual.....	176
5.1.7 Gestão da qualidade.....	176
5.1.8 Gestão da integração.....	177
5.1.9 Gestão do escopo	178
5.1.10 Gestão do prazo	178
5.1.11 Estrutura organizacional	178
5.1.12 Gestão dos custos	179
5.1.13 Gestão das aquisições	180

5.1.14 Capacitação técnica	181
5.2 Impactos Tecnológicos sobre o COMAER e sobre a Embraer	181
5.3 Considerações Finais	182
6 PROGRAMA F-5BR (1974-2010): IMPACTOS TECNOLÓGICOS SOBRE O COMANDO DA AERONÁUTICA E SOBRE A INDÚSTRIA AERONÁUTICA BRASILEIRA.....	184
6.1 O Programa F-5BR.....	184
6.2 Impactos Tecnológicos sobre a Embraer e sobre a Ael (<i>Offset</i>).....	186
6.3 Impactos Tecnológicos sobre o COMAER	187
6.4 Considerações Finais	188
7 PROGRAMA KC-390 (2009-PRESENTE): IMPACTOS TECNOLÓGICOS SOBRE O COMANDO DA AERONÁUTICA E SOBRE A INDÚSTRIA AERONÁUTICA BRASILEIRA.....	189
7.1 O Programa KC-390.....	189
7.2 Impactos Tecnológicos sobre a Embraer.....	191
7.3 Considerações Finais acerca da Parceria Bem-sucedida entre COMAER e Embraer nos Programas de Aquisição e Modernização de Aeronaves (AM-X, AL-X, F-5BR e KC-390)	194
8 EM DIREÇÃO A UM MODELO CONCEITUAL DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DE PROGRAMAS DE AQUISIÇÃO DE AERONAVES MILITARES EM EMPRESAS DE USINAGEM AERONÁUTICA	197
8.1 Critérios Gerais para Estruturação do Modelo Conceitual de Avaliação de Impactos e para o Modelo de Referência do Segmento em Estudo.....	197

8.2 Modelo Analítico Básico da Tese: Impacto da Política de Compras do COMAER sobre o Processo de Acumulação de Capacidades Tecnológicas	199
8.3 Critérios para a Modelagem Conceitual da Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC)	202
8.4 Premissas da Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC)	209
8.5 Critérios para a Estruturação do Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica.....	212
8.5.1 Considerações sobre o Teste Piloto para a Construção do Modelo de Referência	220
8.6 Método de Pesquisa: Estudo de Caso Detalhado e Comparativo.....	220
8.7 Caracterização das Empresas do Estudo de Caso a partir de Trabalhos Anteriores	221
8.8 Principais Processos de uma Empresa de Usinagem Aeronáutica a partir da Pesquisa de Campo	225
8.9 Método de Aplicação do Modelo de Referência	230
8.9.1 Contato inicial com as empresas e os especialistas do setor aeronáutico.....	231
8.9.2 Material analisado para a seleção das empresas da pesquisa de campo	234
8.10 Considerações Finais	235
9 ANÁLISE DAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DAS EMPRESAS DO SEGMENTO DE USINAGEM AERONAÚTICA.....	237
9.1 Perfil Geral das Empresas Analisadas	237
9.2 Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas	245

9.3 Função Engenharia da Manufatura (Processos e Equipamentos).....	247
9.4 Função Gestão da Produção	249
9.5 Função Gestão de Projetos	252
9.6 Função da Cadeia de Suprimentos	254
9.7 Função Gestão da Inovação.....	258
9.8 Função Desenvolvimento de Produto.....	259
9.9 Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados	261
9.10 <i>Networks</i> Formais de Desenvolvimento.....	263
9.11 Apresentação Detalhada do Perfil de Capacidades Tecnológicas Acumuladas pelas Empresas Entrevistadas	265
9.12 Impactos dos Programas de Defesa nas Funções Técnicas, Organizacionais e de Sustentação das Empresas Entrevistadas.....	280
9.13 Implicações da Política de Compras do COMAER sobre o Processo de Acumulação de Capacidades Tecnológicas das Empresas Analisadas	288
9.14 Aspectos Relevantes do Relacionamento com a Embraer.....	291
9.15 Principais Obstáculos e Necessidades das Empresas Entrevistadas: Reflexões para o Planejamento de uma Política Industrial para o Segmento de Usinagem no Brasil.....	293
9.16 Considerações Finais	299
10 CONCLUSÕES	302
10.1 Sugestões de Trabalhos Futuros	308
Referências Bibliográficas.....	309

APÊNDICE A - Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas – Base de Dados.....	326
APÊNDICE B - Função Engenharia da Manufatura (Processos e Equipamentos) – Base de Dados.....	327
APÊNDICE C - Função Gestão da Produção – Base de Dados.....	328
APÊNDICE D - Função Gestão de Projetos – Base de Dados.....	330
APÊNDICE E - Função Gestão da Cadeia de Suprimentos – Base de dados.....	331
APÊNDICE F - Função Gestão da Inovação – Base de Dados.....	332
APÊNDICE G - Função Desenvolvimento de Produto – Base de Dados.....	333
APÊNDICE H - Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados	334
APÊNDICE I - Função Networks Formais de Desenvolvimento – Base de Dados	335
APÊNDICE J – Ferramentas Lean Analisadas	336
APÊNDICE L – Ferramentas da Qualidade Analisadas	338
APÊNDICE M – Questionário para a Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas.....	340

1 INTRODUÇÃO

A intervenção do governo é reconhecida na literatura econômica como importante instrumento de política industrial na indústria aeronáutica dos países avançados e dos países de industrialização tardia (VÉRTESY, 2011). Vértesy (2011) analisou a trajetória de evolução da indústria aeronáutica da perspectiva de países de industrialização tardia, como Brasil, China e Singapura, categorizando-os como casos de sucesso, e Argentina e Indonésia, como casos que fracassaram. Segundo o autor, na primeira fase de desenvolvimento dessa indústria, é preciso romper as barreiras das grandes necessidades de capital, da carência de capacidades tecnológicas, da falta de acesso à tecnologia e aos mercados. A habilidade dos atores públicos de apoiarem a emergência de um Sistema Nacional de Inovação é o que garante o sucesso.

No Brasil, o apoio governamental tem sido vital para transformar a Embraer em um dos principais fabricantes de aeronaves do mundo (VÉRTESY, 2011; FONSECA, 2012). O esforço público se manifestou na constituição de um Sistema Nacional de Inovação, que auxiliou a empresa na sua trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas (OLIVEIRA, 2005, MARQUES, 2011). O Ministério da Aeronáutica (MAER)¹ desde a sua criação, em 1941, tem incentivado, direta ou indiretamente, o desenvolvimento da indústria aeronáutica brasileira, inicialmente, por meio da criação do CTA (Centro Técnico de Aeronáutica)² com seus institutos especializados (sobretudo o ITA, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, fundado em 1945), o que possibilitou a criação de sinergias para o surgimento de empresas de elevada complexidade tecnológica na região de São José dos Campos (SANTOS, 2004).

A Embraer foi concebida dentro do MAER, para a produção em série do Bandeirante. A empresa foi inicialmente formada pelos engenheiros recém-formados do ITA e pelos militares do CTA. Ao longo dos últimos 40 anos, o COMAER tem incentivado a indústria aeronáutica por meio de suas compras governamentais de elevada complexidade, estimulando o esforço tecnológico de empresas nacionais e o surgimento de canais de transferência de tecnologia (DCA 400-6, 1992; DCA 360-1, 2005; Miranda, 2005; Marques, 2011). É característica marcante dessa trajetória a forte parceria entre o COMAER e a Embraer.

¹ No passado, havia o Ministério da Aeronáutica (MAER). Em 1999, foi criado o Ministério da Defesa, e as três Forças (Exército, Marinha e Aeronáutica) tornaram-se subordinadas ao Ministério da Defesa. Atualmente, o Comando da Aeronáutica (COMAER) é órgão que exerce o comando militar sobre a Força Aérea Brasileira (FAB) e sobre as demais organizações militares da área de aeronáutica no Brasil. A Força Aérea Brasileira é o “braço” armado do COMAER, que possui a missão institucional de manter a defesa e a soberania do espaço aéreo do Brasil. Os termos foram utilizados ao longo da Tese segundo as definições mencionadas.

² Atualmente, Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA).

Assim, pode-se argumentar que, nos últimos 40 anos, a evolução tecnológica da Embraer foi direcionada para aproveitar as “janelas de oportunidade” (FREEMAN e SOETE, 1997) abertas por transições no paradigma tecnológico da indústria aeronáutica (CABRAL, 1987; VÉRTESY, 2011; FONSECA, 2012). Nesse sentido, os programas de compras de aeronaves militares do Comando da Aeronáutica do Brasil têm sido considerados como instrumentos essenciais para promover, na Embraer, o desenvolvimento de novas capacidades tecnológicas e, assim, a geração e o domínio das novas tecnologias requeridas para inovar e sustentar as vantagens competitivas em determinados períodos de transição tecnológica (CABRAL, 1987; VÉRTESY, 2011; FONSECA, 2015).

Os programas públicos de aquisição do desenvolvimento de aeronaves militares, na literatura acadêmica, são considerados como elementos constituintes da política de inovação pelo lado da demanda ou *Public Procurement for Innovation* (Edquist *et al*, 2000; Edler e Georghiou, 2007; Aschhoff e Sofka, 2008; Yulek e Taylor, 2010; Edquist *et al*, 2015).³ Organizações públicas, como o COMAER, por meio de contratos públicos para a inovação, têm realizado encomendas para novos produtos ou melhorias para satisfazer necessidades específicas no setor. Especificamente, o COMAER tem implementado vários programas públicos de aquisição do desenvolvimento ou modernização de aeronaves militares, a saber: Programa AM-X, Programa Tucano, Programa AL-X, Programa F5-BR, Programa KC-390, sendo que este último programa encerrou a fase de desenvolvimento em 2015.⁴

Na década de 1980, o Programa AM-X (A-1) foi um importante programa de aquisição de aeronave desenvolvido com o objetivo específico de alavancar o desenvolvimento da indústria aeronáutica nacional. O programa foi realizado em parceria com o Ministério da Aeronáutica italiano e sua indústria de aviação. A Embraer obteve uma oportunidade única para absorver conhecimento tecnológico de fronteira e de melhorar sua qualificação técnica de mão de obra. Esse programa ainda gerou o desenvolvimento de capacidades tecnológicas no próprio COMAER, sobretudo, na sua principal organização executora, a Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate (COPAC). O Programa AM-X também de forma indireta, gerou impactos sobre os demais fornecedores

³ EDLER, J, GEORGHIOU, L. “Public procurement and innovation – resurrecting the demand side.” *Research Policy*, v.36, 2007. ASCHHOFF, B, SOFKA, W. Innovation on demand – can public procurement drive market success of innovations. **Mannheim, Germany: Centre for European Economic Research (ZEW)**, Discussion paper n.08-052, Jul, 2008. EDQUIST, C, HOMMEN, L, TSIPOURI, L. **Public Technology Procurement and Innovation**. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2000.

⁴ Cada programa mencionado é abordado em um capítulo específico da Tese, a exceção é para o Programa Tucano, que não tem um capítulo específico em função da falta de informações para construí-lo.

subcontratados pela Embraer, situados no Brasil, de maior e de menor complexidade tecnológica.

Na década de 1990, o AL-X (Super Tucano ou A-29 ou EMB-319) foi desenvolvido pela Embraer, seguindo as exigências dos requisitos de engenharia do COMAER, e configura um ótimo exemplo da capacidade do COMAER de desenvolver requisitos de aeronave em alto nível. O Super Tucano foi desenvolvido a partir da experiência com Tucano (T-27 ou EMB-312). O Programa de Modernização das Aeronaves F5 também se iniciou nessa década, em função da necessidade de se modernizar os sistemas aviônicos das aeronaves adquiridas no exterior e para adequá-las à realidade brasileira. Atualmente, o programa de defesa mais importante é o Programa KC-390, desenvolvido inteiramente pela Embraer (contrato de desenvolvimento assinado em 2009), segundo os requisitos de engenharia do COMAER. É a maior aeronave já desenvolvida pela empresa, que reúne em um único plano a capacidade de atender inúmeras missões como busca e salvamento, transporte, reabastecimento, lançamento de carga e de paraquedistas, evacuação médica, combate a incêndios florestais, entre outros. O KC-390 é um avião de alta asa, com grandes proporções, com motores a jato, capaz de pousar em pistas não pavimentadas e despreparadas, desenvolvido com o conhecimento tecnológico de ponta em várias áreas.

Todos os programas mencionados têm a Embraer como empresa contratada principal. Essa sequência de programas de aquisição do desenvolvimento ou da modernização de aeronaves militares possibilita afirmar que o apoio do governo brasileiro, na figura do COMAER, tem sido relevante para o desenvolvimento tecnológico da Embraer, das empresas subcontratadas por ela no País e do próprio COMAER. Porém, conforme Ferreira *et al* (2011), na década de 1990, a empresa muda sua estratégia corporativa, especializando-se na coordenação da rede de fornecedores e na integração de sistemas. Os autores apontam que aspectos contingenciais⁵ têm atuado como determinantes da busca de complementação da sua capacitação tecnológica.

Nesse contexto de redes globais de valor, a indústria aeronáutica brasileira apresenta como característica principal o direcionamento das atividades tecnologicamente significativas do setor aos denominados parceiros de risco, preponderantemente localizados fora do país sede da empresa principal. A empresa líder, a Embraer, concentra suas atividades em competências chaves, ou seja, nas atividades consideradas vitais ao seu desenvolvimento e

⁵ “A teoria da contingência consideraria que não haveria modelo único ou ótimo para a relação com fornecedores, na medida em que a melhor maneira de relação dependeria de contingências.” (FERREIRA *et al*, 2011, p. 226)

crescimento em um mercado amplamente globalizado e muito competitivo. São elas: processos de desenvolvimento da aeronave, integração final dos diversos sistemas, atividades de comercialização e de suporte ao cliente no pós-venda. (BERNADES e PINHO, 2002; CHAGAS, 2005; OLIVEIRA, 2005; EMBRAER, 2007; QUADROS *et al*, 2009; MARQUES, 2011; GUERRA, 2011)

Dessa forma, mais de 80% das atividades de produção de uma aeronave está sendo direcionado aos seus fornecedores externos, conferindo-lhes grande poder e aumentando significativamente a dependência em relação ao exterior (BERNADES e PINHO, 2002;⁶ EMBRAER, 2007). Arnold e Thuriaux (1997) também trataram dessa relação de dependência de fornecedores externos. Segundo eles, apenas 20% dos fornecedores são trazidos para uma relação mais próxima com a empresa líder, pois eles detêm de 75% a 80% do valor do componente produzido.

De acordo com Oliveira (2005) e Quadros *et al* (2009), esse processo de desverticalização com base em parcerias de risco agregou aprendizado tecnológico à Embraer e reduziu o risco financeiro e tecnológico de suas operações. Em contrapartida, a desverticalização dificultou o adensamento e reduziu o poder de comando da Embraer, seja sobre o investimento, seja sobre a escolha de fornecedores de componentes. Além disso, em decorrência do alto grau de internacionalização da cadeia produtiva aeronáutica, as possibilidades de nacionalização da produção tornaram-se limitadas. Oliveira (2005) destacou uma tendência de regressão das trajetórias de acúmulo de capacidades técnicas dos fornecedores locais e de reafirmação de capacidades básicas e intermediárias dos fornecedores locais, embora não tenha se debruçado ao estudo microeconômico das capacidades tecnológicas nessas empresas.

Nesse contexto, situam-se as pequenas e médias empresas de capital nacional que dão suporte às operações de menor valor agregado da Embraer. Tais empresas são classificadas como fornecedoras de aeroestruturas, ou seja, são empresas responsáveis, principalmente, pelo fornecimento de peças estruturais de sustentação da fuselagem e das asas da aeronave. Tais peças são usinadas a partir de blocos de metal (aço, alumínio, titânio, etc.) por processos de fresamento e torneamento. Essas empresas caracterizam-se por significativa dependência

⁶ “Em 2000, do volume físico total de insumos, matérias-primas, componentes, turbinas, aviônicos, alumínio aeronáutico, cablagem utilizados na produção dos aviões da EMBRAER, cerca de 95% provinham do mercado externo. Os fornecedores do programa ERJ-145 somam 450 empresas, e das quais 95% delas estão no exterior. Do universo de fornecedores externos, 73% são sediados nos EUA e 25% na Europa, além de 2% em outros países. O programa ERJ-170/190 reduziu o número de fornecedores para 40 empresas. A localização da ampla maioria desses fornecedores segue no exterior (85%), mas verifica-se alguma mudança, com menor parcela de empresas nos EUA (58%) e maior na Europa (30%), Japão (8%) e outros países (4%) (BERNADES e PINHO, 2000, p. 11).

técnica e financeira em relação à Embraer, fragilidade financeira, preponderância em atividades rotineiras de produção e escassez de atividades de desenvolvimento de produto (OLIVEIRA, 2005; QUADROS *et al*, 2009).

Diante do desafio de se promover o adensamento da indústria aeronáutica brasileira face à internacionalização do setor, baseada em parcerias de risco, está a complexidade da questão, na atualidade, para o Ministério da Defesa, que objetiva desenvolver sua Base Industrial, de acordo com a Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2008). No entanto, existe uma escassez de estudos que avaliem os impactos tecnológicos da política de compras de aeronaves sobre seus beneficiários básicos: a Embraer; o próprio contratante, o COMAER e a rede de fornecedores nacionais da empresa líder brasileira. Os impactos dos programas traduzem-se na geração de capacidades tecnológicas nesses beneficiários.

Desse modo, objetivo desta Tese é trazer elementos que contribuam para a compreensão dos impactos tecnológicos dos programas de aquisição de aeronaves militares sobre o nível de acumulação de capacidades tecnológicas da Embraer, a principal empresa da indústria aeronáutica brasileira, do COMAER, o órgão contratante do governo, e de um segmento específico da indústria aeronáutica brasileira, o segmento de usinagem de peças aeronáuticas de pequenas e médias empresas nacionais. Os impactos tecnológicos sobre o COMAER e sobre a Embraer serão analisados em menor profundidade, haja vista que o que se objetiva é a compreensão geral do fenômeno estudado. Maior ênfase será dada ao desenvolvimento do constructo para avaliação dos impactos de programas de defesa sobre as empresas pequenas e médias, fornecedoras de serviços de usinagem, e a sua aplicação nessas empresas.

O segmento de usinagem aeronáutica foi escolhido por apresentar um número significativo de empresas, quando comparado aos outros segmentos produtivos do setor aeronáutico brasileiro, e por possuírem relevância para a demanda da Embraer no Brasil. A grande maioria das empresas é de capital nacional e apresenta significativa dependência em relação à empresa líder da indústria, fragilidade financeira, preponderância em atividades rotineiras de produção, e escassez de atividades de desenvolvimento de produto (Oliveira, 2005; Quadros *et al*, 2009; Bernardes e Pinho, 2002; Marques, 2011). Esse subgrupo de empresas reflete a realidade de subdesenvolvimento de capacidades tecnológicas de outras empresas de diversas indústrias no Brasil, que também se ocupam preponderantemente de atividades rotineiras de produção e que carecem de atividades de desenvolvimento de produtos. Refletir sobre a realidade do setor aeronáutico brasileiro, a partir das suas

características essenciais, que são restritivas do ponto de vista tecnológico, é um dos passos para transpor a barreira do subdesenvolvimento tecnológico no Brasil.

1.1 Apresentação do Problema de Estudo

Existe consenso, na literatura acadêmica e entre os especialistas do setor, de que os programas de compra de aeronaves militares do Comando da Aeronáutica do Brasil têm sido bem-sucedidos no alcance dos seus objetivos de capacitar a Força Aérea Brasileira no cumprimento de sua missão de manter e defender soberania no espaço aéreo brasileiro, além de que desempenham um importante papel no desenvolvimento das capacidades tecnológicas da empresa líder da indústria aeronáutica brasileira. Contudo, existe uma escassez na literatura de estudos que avaliem os impactos desses programas de defesa em outros beneficiários, que, a princípio, se traduzem, na geração de capacidades tecnológicas no próprio contratante e na rede de fornecedores da Embraer, situada no Brasil.

A revisão da literatura de avaliação de impactos de programa tecnológicos (Link e Vonortas, 2013; Link e Scott, 2013; Arvanitis, 2013; Casault *et al* 2013; Jordan, 2013; Bozeman e Kingsley, 2013; Vonortas, 2013; O'Connor *et al*, 2013; Rivers e Gray, 2013; Ruegg e Thomas, 2013) aponta várias alternativas metodológicas, que buscam medir esses impactos em âmbitos econômicos, não econômicos, tecnológicos, mercadológicos, organizacionais, e outros, em geral, oferecendo uma perspectiva mais agregada, sem apresentar métodos que permitam realizar uma avaliação mais desdobrada dos seus impactos nos processos de acumulação de capacidades tecnológicas, no âmbito da firma.

Tais abordagens geralmente usam dados com um alto nível de agregação e buscam analisar as relações entre as variáveis-chave tradicionais dos modelos propostos pela literatura econômica e, assim, medir os impactos causados por programas financiados por recursos públicos. Na verdade, essas abordagens são realmente muito importantes para a compreensão das questões envolvidas nas decisões de política industrial, no entanto elas não são suficientes. Em alguns casos, como o dos países de industrialização tardia, como o Brasil, elas não são muito indicadas, porque a maior parte dos dados utilizados para essa avaliação não estão disponíveis, tais como, o número de patentes que traduzam de fato o dinamismo do setor estudado, os dados antes e após uma intervenção do Estado, bem como um grupo controle válido (FIGUEIREDO, 2002; BOZEMAN e KINGSLEY, 2013).

Da revisão da literatura econômica evolucionária ou Neoshumpeteriana, observaram-se duas outras formas de se analisar essa questão. A primeira abordagem busca identificar os

efeitos diretos e indiretos das compras governamentais (os chamados *spinoffs*, que são novas combinações do conhecimento existente no programa que transbordam para outras áreas e atividades gerando impactos positivos para a organização como um todo), sobretudo do setor aeroespacial e de projetos específicos de desenvolvimento tecnológico em diversas áreas, por meio da Metodologia Beta (Bach, 1992; Furtado *et al*, 1999 e 2008; Furtado e Costa Filho, 2009; Hasegawa, 2005; Miranda, 2008; Rocha, 2014). A metodologia BETA foi inicialmente desenvolvida para capturar os efeitos indiretos resultantes de grandes investimentos no setor aeroespacial (BACH, 1992).

No Brasil, tem se mostrado muito útil para captar os efeitos dos investimentos em projetos de desenvolvimento de tecnologias específicas da indústria do petróleo (Furtado *et al*, 1999), do setor aeronáutico civil (Furtado e Costa Filho, 2009) e do setor aeroespacial (Rocha, 2014). Foi também empregado em projetos de P&D, como o programa de melhoria genética PROCANA (Hasegawa, 2005) e o programa de pesquisa e saneamento básico PROSAB (Furtado *et al*, 2008). A metodologia BETA fornece uma ampla gama de variáveis que podem ser analisadas nos modelos de avaliação dos impactos de grandes programas. No entanto, a metodologia BETA mensura impactos indiretos e não capacidades. Hasegawa (2005) categorizou as capacidades (“resultados intermediários”) que geram esses efeitos ou impactos. De acordo com Furtado *et al* (2008), os efeitos indiretos são os resultados do processo de aprendizagem, e derivam da sedimentação das capacidades tecnológicas das organizações.

A segunda abordagem apresenta um ponto de vista a partir da perspectiva da firma e da Teoria da Acumulação das Capacidades Tecnológicas. Por meio da análise da trajetória da firma, é possível observar o processo de acumulação de capacidades tecnológicas de produção rotineiras e de inovação, que em última instância, definem o que a empresa se tornou em função das escolhas tecnológicas do passado. Nessa perspectiva, questões relacionadas aos canais de transferência de tecnologia e ao aprendizado tecnológico são essenciais (Lall, 1992; Figueiredo, 2001, 2002, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010, 2014; Castro e Figueiredo, 2005; Cabral, 1987; Oliveira, 2005; Iammarino e Padilla-Pérez, 2008; Marques, 2011; Yoruk e Yoruk, 2012).

O Modelo Descritivo de Acumulação de Capacidades Tecnológicas (Figueiredo, 2009) ou Modelo em Estágios (Vértesy, 2011) é uma forma de categorizar e avaliar as capacidades tecnológicas das firmas segundo funções específicas e um grau indicativo de complexidade (LALL, 1992). No Brasil, alguns trabalhos aplicaram as Matrizes de Acumulação de Capacidades Tecnológicas em indústrias diversas (Figueiredo, 2001, 2002, 2004, 2005, 2008, 2009; Tacla e Figueiredo, 2003; Castro e Figueiredo, 2005; Ribeiro, 2009,

entre outros) e na indústria aeronáutica brasileira (Cabral, 1987; Oliveira, 2005; Marques, 2011).

Figueiredo (2001 e 2002) foi responsável por operacionalizar empiricamente a Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas e foi além ao conectar formalmente a evolução dos estágios da matriz aos mecanismos adjacentes de aprendizagem que dão suporte à acumulação das capacidades tecnológicas. Os trabalhos de Figueiredo modelam Matrizes de Acumulação de Capacidades Tecnológicas que incluem as principais funções de produção e de inovação relevantes para analisar a evolução das capacidades tecnológicas para vários segmentos produtivos. No entanto, ele não traz para o interior da matriz algumas das funções que são essenciais às empresas da cadeia aeronáutica. Assim, embora na literatura acadêmica se observe que o desenvolvimento de inovações deve ser gerenciado, não foram identificadas Matrizes de Acumulação de Capacidades Tecnológicas que incluíssem explicitamente a Função Gestão Inovação.

Tampouco, observou-se, nos modelos descritivos disponíveis na literatura, de modo explícito, a Função Gestão da Acumulação das Capacidades Tecnológicas, que é, sem dúvida, uma função chave para gerenciar a capacidade de criar melhores condições de desenvolvimento tecnológico das empresas aeronáuticas, uma vez que as habilita a concentrar esforços em se aprimorar para acumular capacidades tecnológicas mais avançadas ao longo do tempo. Outras funções que contemplam contratos formais de desenvolvimento com outras organizações e a capacidade de diversificação da produção também não são consideradas nos modelos “tradicionais” das Matrizes de Acumulação de Capacidades Tecnológicas, abrindo oportunidades para novas formulações da matriz, como a que é proposta nesta Tese, que considera as características do setor aeronáutico brasileiro.

Cabral (1987) modelou uma matriz de capacidades para Embraer, com funções estritamente técnicas, segundo os modelos de aeronaves desenvolvidos e produzidos, e explicitou a trajetória de aprendizado tecnológico da empresa. No entanto, o trabalho tem um recorte temporal limitado aos primeiros programas da Embraer e não foi continuado ao longo dos demais programas, por questões ligadas ao sigilo das informações da empresa. Foi o primeiro trabalho aprofundado para esse setor, e é recorrentemente citado pela literatura do tema, nacional e internacional. O trabalho também não contempla outras funções consideradas vitais ao desenvolvimento da firma, como as funções organizacionais e as funções chaves para o seu desenvolvimento tecnológico.

Oliveira (2005) modelou uma “matriz de capacitação”, na qual organizou os fornecedores da Embraer a partir dos níveis de complexidade tecnológica operados por cada

firma para o Programa EMB 170, um programa civil da empresa. No entanto, não estabeleceu funções tecnológicas para o modelo, ou seja, não modelou de forma explícita, funções técnicas, organizacionais e de sustentação para o desenvolvimento tecnológico das empresas analisadas.

Já Marques (2011) investigou até que ponto as empresas pequenas e médias, fornecedoras da Embraer para as aeronaves comerciais, desenvolveram capacidades de inovação. Nesse sentido, construiu um modelo analítico que incluiu os fatores estratégicos internos (esforços de aprendizagem passivos e ativos) e os fatores estratégicos externos (relações na cadeia de valor – mercado, modular, relacional, cativa e hierárquico, e participação em programas governamentais – *Offset*) que determinam o desenvolvimento da capacidade de inovação. Foi responsável por incorporar à análise o impacto do *Offset* na trajetória da firma, o que configurou um passo a mais na literatura aplicada de acumulação de capacidades tecnológicas para a indústria aeronáutica brasileira. Todavia, não incorporou ao estudo os impactos dos programas de aquisição de aeronaves do Comando da Aeronáutica, uma vez que o *Offset* é instrumento pontual da política de transferência de tecnologia do Comando da Aeronáutica. O trabalho também não contemplou outras funções consideradas vitais ao desenvolvimento tecnológico da empresa.

Ribeiro (2009), dentre os autores analisados, apresentou a perspectiva da avaliação de programas tecnológicos públicos, do impacto da política de compras sobre os fornecedores nacionais, por meio de uma Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológica. Dessa forma, modelou uma matriz com funções estritamente técnicas para os empreendimentos *Offshore* (empreendimentos localizados ou operados no mar) da Petrobrás, o caso da Plataforma P-51. Ele inovou ao estabelecer uma coerência entre as atividades tecnológicas da plataforma e os mecanismos de aprendizado: *learning by doing*, *learning by using*, *learning by adapting*, *learning by design*, *learning by setting up complete production system*, *learning by improving design* e *learning by design new process*. No entanto, não revisou a literatura de avaliação de impactos tecnológicos e não modelou outras funções que se mostram relevantes ao desenvolvimento tecnológico das empresas no Brasil.

Assim, esta Tese vem preencher essas lacunas com uma abordagem mais abrangente, que tem por objetivo identificar quais tipos de capacidades tecnológicas têm sido criadas pelos programas de defesa no Brasil em três beneficiários básicos: o COMAER, a Embraer, e as empresas de usinagem aeronáutica, pequenas e médias, localizadas no Brasil. Como consequência, tem a capacidade de apontar o que pode estar faltando na política de compras de aeronaves militares para que seja mais efetiva do ponto de vista do desenvolvimento da

indústria aeronáutica como um todo. No contexto da literatura de avaliação de impactos e de acumulação de capacidades tecnológicas, identificam-se lacunas e, assim, oportunidades de contribuir com a literatura acadêmica de avaliação de impactos dos programas públicos brasileiros de aquisição de aeronaves militares em várias dimensões. Contribui-se fornecendo uma visão mais completa, integrada e histórica dos referidos impactos.

Isso é feito a partir de uma estrutura de avaliação que analisa cada um dos programas de aquisição com profundidade, em suas áreas de conhecimento envolvidas e em termos dos impactos sobre os seus principais beneficiários. E também a partir do desenvolvimento metodológico que une duas “avenidas” de pesquisa: a Teoria de Acumulação de Capacidades Tecnológicas e a Teoria de Avaliação de Programas Públicos de Inovação. Isso requer o desenvolvimento de um modelo conceitual de avaliação de programas públicos promotores da inovação, que se ancore no princípio de que é possível avaliar os impactos tecnológicos dos programas do COMAER por meio de Matrizes de Acumulação de Capacidades Tecnológicas de firmas fornecedoras da cadeia brasileira aeronáutica. Ainda é desenvolvida uma matriz de referência, isto é, um modelo de referência para o segmento de usinagem aeronáutico de pequenas e médias situadas no Brasil, a partir de pesquisas de campo e bibliográfica, para representar as capacidades tecnológicas condizentes com o estado da arte, sob os prismas teóricos e práticos, para cada função e nível de complexidade.

Em termos gerais, pode-se argumentar que o problema de avaliação dos impactos nas empresas aeronáuticas brasileiras decorrentes da implementação de programas de aquisição de aeronaves militares pode ser abordado e modelado a partir de uma perspectiva histórica e dinâmica, configurando contribuições inéditas, tanto na modelagem conceitual, quanto na operacional. Desse modo, pode-se contribuir nas searas conceituais, por meio da incorporação de elementos (funções) inerentes ao setor aeronáutico, o que implica inserção, no âmbito da Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas, da capacidade de gerenciar as inovações, de gerenciar sua própria acumulação de capacidades tecnológicas, de diversificar sua produção atendendo diversos mercados, e de desenvolver parcerias formais com outras empresas e organizações, promovendo assim o aprendizado e a acumulação de capacidades.

1.2 Objetivo da Pesquisa

O objetivo geral desta Tese é trazer elementos que contribuam para a compreensão dos impactos tecnológicos de programas de aquisição de aeronaves militares nos principais beneficiários dos programas: o COMAER, a Embraer e, principalmente, o segmento de

pequenas e médias empresas de usinagem de peças aeronáuticas. Por meio de pesquisa documental e de entrevistas com especialistas, é recuperado o processo de acumulação de capacidades de definição de requisitos de engenharia e de gerenciamento de programas complexos do COMAER. Por intermédio da pesquisa bibliográfica e da entrevista com especialistas, são recuperados os impactos tecnológicos sobre a Embraer. Pela pesquisa bibliográfica e pela de campo, é modelada uma Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC) em um Modelo de Referência para o segmento de usinagem de peças aeronáuticas, a fim de se analisar a trajetória das firmas que participaram de uma série de programas de defesa.

Os objetivos específicos são:

- revisar a literatura sobre a Teoria da Acumulação das Capacidades Tecnológicas, de modo a identificar as relações entre os mecanismos de aprendizado, as escolhas estratégicas da firma para transferência de tecnologia e sua trajetória tecnológica. Revisar os conceitos e as aplicações da Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas em indústrias diversas;
- revisar a literatura de avaliação de programas tecnológicos, identificando as principais abordagens utilizadas e os motivos para não utilizá-la;
- revisar a literatura sobre *Public Procurement for Innovation*;
- revisar os documentos que contextualizam o ambiente dos programas de compras de aeronave militares, principalmente, as diretrizes estratégicas do Ministério de Defesa e do Comando da Aeronáutica, sobretudo, a Diretriz do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica, a Política e a Estratégia de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica (*Offset*), entre outras leis e documentos específicos da defesa no Brasil, bem como o Regimento Interno da COPAC, que detalha os processos da principal organização executora;
- entrevistar militares e civis da COPAC e do Instituto de Fomento Industrial (IFI);
- recuperar a experiência do Programa AM-X, como um marco na acumulação de capacidades tecnológicas da Embraer, e de outras empresas resultantes do Programa de Industrialização Complementar (PIC), bem como da acumulação de capacidades gerenciais de programas complexos do COMAER;
- recuperar os contornos gerais dos Programas AL-X, F5-BR e KC-390 e seus impactos sobre o COMAER, Embraer e outras empresas situadas no Brasil;

- modelar conceitualmente a Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC) com as principais funções tecnológicas representativas do setor aeronáutico brasileiro;
- adaptar a MAVITEC ao segmento de usinagem e apresentar o Modelo de Referência desse segmento;
- entrevistar especialistas de empresas chaves da indústria aeronáutica brasileira e de empresas de usinagem aeronáutica;
- construir o método de pesquisa e as ferramentas para o estudo de caso das empresas de usinagem;
- retratar e analisar as capacidades tecnológicas das empresas do estudo de caso;
- realizar análise crítica da participação das pequenas empresas em programas aeronáuticos.

1.3 Questões de Pesquisa

Esta pesquisa responde às seguintes questões:

- 1) Que tipo de capacidades tecnológicas tem sido desenvolvido na indústria aeronáutica do Brasil, ao longo dos últimos 40 anos, resultantes dos programas de aquisição de aeronaves militares do COMAER, a partir de três grupos de beneficiários: o COMAER, a Embraer e as empresas pequenas e médias do segmento de usinagem de peças aeronáuticas?
- 2) Como avaliar os impactos tecnológicos dos programas de aquisição de aeronaves do COMAER sobre a rede de fornecedores nacionais da Embraer, em particular o segmento de usinagem aeronáutica?
- 3) Qual o nível de complexidade tecnológico das empresas de usinagem aeronáutica que participaram de uma série de programas de defesa (AM-X, Tucano, AL-X, F5-BR, KC-390)?

1.4 Delimitação da Pesquisa

O problema abordado na presente Tese é bastante amplo, multidisciplinar e apresenta muitas possibilidades de investigação. A inovação propiciada pelos programas de aquisição de aeronaves militares é, ainda, de reconhecida natureza perversa,⁷ o que implica possíveis impactos em outros beneficiários não considerados nesta pesquisa. Foram selecionados os

⁷ Pervasivo: espalhado; que tende a se espalhar, infiltrar, propagar ou difundir por toda parte. (<https://www.dicio.com.br/pervasivo/> acesso 19/11/2016)

programas de aquisição de aeronaves do COMAER, nos quais a Embraer é a empresa contratada principal, com as atividades de desenvolvimento e de produção no Brasil.

Também foram selecionadas, para investigação aprofundada, empresas do segmento de usinagem de peças aeronáuticas, pequenas e médias empresas, preponderantemente de capital nacional, com ano de fundação nas décadas de 1970, 1980 e 1990 e que participaram de uma série de programas de aeronaves militares. Esta limitação explica-se em função da complexidade de atividades e do esforço necessário para se adaptar a Matriz de Avaliação de Impactos a vários segmentos da indústria aeronáutica brasileira.

1.5 Desenho e Método da Pesquisa

Esta pesquisa tem como principal objetivo contribuir para a compreensão dos impactos, em termos da acumulação de capacidades tecnológicas, dos principais programas de aquisição de aeronaves militares do COMAER, realizados nos últimos 40 anos, sobre três grupos de beneficiários: o contratante, ou seja, o próprio COMAER, a Embraer, a principal empresa da indústria aeronáutica, e um segmento relevante de pequenos e médios fornecedores de usinagem de peças aeronáuticas, da rede de fornecedores nacionais subcontratados pela Embraer. Com esse propósito, este estudo desenvolve uma abordagem metodológica baseada em três ferramentas de pesquisa: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e pesquisa de campo, conforme tabela apresentada ao final desta seção.

A pesquisa bibliográfica identifica e analisa a literatura disponível (Teses de doutorado, dissertações de mestrado, monografias, artigos de periódicos, livros, capítulos de livros, estudos setoriais) sobre os seguintes temas: avaliação de programas tecnológicos, Teoria da Acumulação das Capacidades Tecnológicas, Matrizes de Acumulação de Capacidades de Indústrias Diversas, *Public Procurement for Innovation*, Sistema de Aquisição de Defesa, programas de defesa, gestão de projetos, modelos de maturidade (CMMI), indústria aeronáutica brasileira, Embraer, usinagem, manufatura, processos especiais, partes de aeronaves, certificação, entre outros.

A pesquisa documental identifica e analisa os documentos oficiais disponíveis que balizam o funcionamento do Sistema de Aquisição do Comando Aeronáutica, com intuito de descrever as atividades dos principais agentes envolvidos nesse processo, e que possibilitam compreender a arquitetura contratual dos Programas AM-X, AL-X, F5-BR e KC-390 com seus impactos sobre o COMAER e sobre as empresas da indústria aeronáutica brasileira. Foram analisadas as Diretrizes, Instruções, Regulamentos e os Regimentos do COMAER, os

contratos da COPAC, a lista de fornecedores da EMBRAER (elaborada pela COPAC, CECOMPI e ANAC), diretrizes, leis, livros e estudos do Ministério da Defesa, Questionários de Análise Empresarial (QAE) do IFI, relatórios da Embraer, entre outros.

Também foram analisados portais da internet especializados em defesa e indústria aeronáutica, os *sites* das empresas pesquisadas, o *site* do Comando da Aeronáutica, do IFI, da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTI), do CECOMPI (Centro para a Competitividade e Inovação do Cone Leste Paulista), do Parque Tecnológico de São José dos Campos, os *sites* de certificação ISO e NADCAP, entre outros.

A pesquisa de campo estrutura-se a partir: 1) de entrevistas abertas semiestruturadas de acordo com o perfil da instituição entrevistada; 2) de entrevistas com questionários estruturados a partir das funções da Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas proposta nesta Tese; 3) de visita às instalações das empresas, com intuito de verificar adoção da filosofia *Lean* no ambiente de chão de fábrica, o maquinário e os empregados em operação, estrutura do departamento de qualidade, tamanho de peças produzidas, ambiente geral da fábrica, etc.; 4) e da participação em palestras e seminários na Embraer, CECOMPI, Parque Tecnológico de São José dos Campos e IFI, com objetivo de realizar contatos com as empresas, perceber a estrutura de transmissão de conhecimento codificado entre a Embraer e seus fornecedores, perceber o modo de atuação das pequenas e médias empresas como *cluster* aeronáutico, entender seus desafios e principais questões.

Foram categorizados cinco grupos de entrevistados:

- grupo 1 – organizações militares – COPAC e IFI;
- grupo 2 – especialistas acadêmicos – ITA, Escola Politécnica da USP, Universidade de Strasbourg, Universidade de Brasília, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE);
- grupo 3 – especialistas executivos – Ozires Silva, Embraer, Eleb, Ael Sistemas;
- grupo 4 – especialistas de empresas aeronáuticas diversas – Eaton, Airmod Consulting, Alltec, Digicon, LHColus, Eurobrás, ThyssenKrupp Autômata;
- grupo 5 – pequenas e médias empresas de usinagem de peças aeronáuticas – Pan Metal, ThyssenKrupp Autômata; Mirage, Utec, Globo Usinagem, Finetornos, Magnaghi Friulli Aerospace, Lanmar, Planifer e Usimaza.

Faz-se primordial ressaltar que os impactos tecnológicos sobre o COMAER e sobre a Embraer são analisados em menor profundidade, haja vista que o objetivo é a compreensão geral do fenômeno estudado. Maior ênfase, então, é dada ao desenvolvimento do constructo

para avaliação dos impactos de programas de defesa sobre as empresas pequenas e médias de usinagem de peças aeronáuticas do Brasil, uma vez que demandou um grande esforço de pesquisa bibliográfica e de pesquisa campo. Também é aprofundado o desenvolvimento de ferramentas de pesquisas para aplicação do modelo às empresas selecionadas.

Desse modo, no caso do contratante, o COMAER, o foco metodológico busca, principalmente, identificar ganhos nas capacidades tecnológicas associadas à criação de sistemas organizacionais, processos e procedimentos para desenvolver requisitos de engenharia e para gerenciar os programas de aquisição do desenvolvimento de sistemas aeronáuticos. Nesse caso, utiliza-se principalmente a pesquisa documental, entrevistas com especialistas e metodologias de gestão de projetos, como base para identificar, de modo iterativo e interativo, possíveis ganhos em capacidades tecnológicas do COMAER. No caso da Embraer, os impactos tecnológicos são identificados a partir de estudos de referência para a indústria aeronáutica brasileira e de entrevistas com especialistas.

Para avaliação dos impactos na rede de pequenas e médias empresas fornecedoras de serviço de usinagem de peças aeronáuticas, desenvolve-se um enfoque metodológico específico, inspirado na literatura acadêmica que analisa a acumulação de capacidades tecnológicas da firma e sua trajetória evolutiva ao longo do tempo. Assim, foi desenvolvida uma Matriz Acumulação de Capacidades Tecnológicas, desenhada com o propósito específico de capturar os impactos tecnológicos de programas de defesa em empresas do setor aeronáutico brasileiro. Essa matriz apresenta o conjunto de capacidades tecnológicas das principais funções identificadas como relevantes para evolução tecnológica de uma empresa. A adaptação dessa matriz ao segmento de usinagem de peças aeronáuticas foi realizada de modo iterativo e interativo, utilizando procedimentos de pesquisa na literatura acadêmica e de entrevistas com empresários e especialistas nas várias funções empresariais contempladas.

A seguir é apresentado o Painel Geral das Fontes de Informação, que sintetiza a descrição que foi feita sobre o ferramental de pesquisa utilizado. Também é apresentado o Controle de Entrevistas com Instituições, Especialistas e Empresas ao longo de todo Trabalho de Tese. Por fim, foram realizadas cerca de 340 horas de entrevistas, sendo que a maioria delas foi gravada.

Tabela 1.1 Painel Geral das Fontes de Informação		
	Fontes de Informação	Detalhes
Pesquisa Bibliográfica	1. Literatura disponível	Teses de doutorado, dissertações de mestrado, monografias, artigos de periódicos, livros, capítulos de livros, estudos setoriais sobre avaliação de programas tecnológicos, Teoria da Acumulação das Capacidades Tecnológicas, Matrizes de Acumulação de Capacidades de Indústrias Diversas, <i>Public Procurement for Innovation</i> , Sistema de Aquisição de Defesa, programas de defesa, gestão de projetos, modelos de maturidade (CMMI), indústria aeronáutica brasileira, Embraer, usinagem, manufatura, processos especiais, partes de aeronaves, certificação
	2. Documentos oficiais	Diretrizes, Instruções, Regulamentos e Regimentos do COMAER, Contratos da COPAC, lista de fornecedores da Embraer (COPAC, IFI, CECOMPI, ANAC), diretrizes, leis, livros e estudos do Ministério da Defesa, Questionários de Análise Empresarial (QAE) do IFI, relatórios da Embraer
Pesquisa Documental	3. Notícias e matérias veiculadas na mídia	Portais da internet especializados em Defesa e indústria aeronáutica, <i>sites</i> das empresas pesquisadas, sites do Comando da Aeronáutica, do IFI, ABDI, MCTI, CECOMPI, sites de certificação ISO e NADCAP
	4. Entrevistas abertas semiestruturadas. Os entrevistados foram divididos em 5 grupos:	Grupo 1. Organizações militares: Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate (COPAC), Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) Grupo 2. Especialistas acadêmicos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Escola Politécnica da USP, Universidade de Strasbourg, Universidade de Brasília, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Grupo 3. Especialistas executivos: Ozires Silva, Embraer, Eleb, AEL Grupo 4. Especialistas de empresas aeronáuticas diversas: Eaton, Airmod Consulting, Alltec, Digicon, LHColus, Eurobrás, ThyssenKrupp Autômata
Pesquisa de Campo	5. Entrevistas com questionários estruturados a partir da Matriz	Grupo 5. Pequenas e médias empresas de aeroestruturas: Pan Metal, ThyssenKrupp Autômata, Mirage, Utec, Globo Usinagem, Finetornos, Magnaghi Friulli Aerospace, Lanmar, Planifer, Usimaza
	6. Observação direta das instalações produtivas	Embraer, Eleb, Pan Metal, ThyssenKrupp Autômata, Mirage, Utec, Globo Usinagem, Finetornos, Magnaghi Friulli Aerospace, Lanmar, Planifer, Usimaza, Airmod Consulting, Eurobrás, Alltec, Digicon, LHColus, Parque Tecnológico de São José dos Campos, CECOMPI
	7. Participação em Palestras e Seminários	Embraer, CECOMPI, Parque Tecnológico de São José dos Campos, IFI

Fonte: Formulação própria.

Controle de Entrevistas com Instuições, Especialistas e Empresas									
Insituição	Tipo	Forma de coleta	Qtd Horas	Área/Função	Nome	Data	Local	Objetivo	Perfil do Entrevistado
ORGANIZAÇÕES MILITARES									
1 COPAC	Coleta de dados e conversas não agendadas previamente	Anotações	120	Gerência do Programa AM-X, AL-X, F-5 e Financeiro.	Márcio Bruno Bonotto (Gerente do Programa AM-X), Alberto Wagner da Cunha Batista (Assessor Programa AM-X), Sergio Alexandre Rau (Gerente Programa F5-BR), Eloar Anderson Guilherme (Adjunto Programa AL-X), Eriel Soares da Silva (Adjunto Subdivisão de Finanças), Caetano Marinho dos Santos Júnior (Adjunto Subdivisão de Finanças), Tomaz Gustavo Maciel de Lima (Chefe da Divisão de Contratos e Finanças)	ago/11	Brasília, DF	Coletar informações: diretrizes gerais dos Programas AM-X, AL-X, F5-BR e a identificação das empresas brasileiras participantes dos contratos de licenciamento de tecnologia. Foram analisados manualmente contratos dos Programas, os contratos do programa de capacitação da indústria nacional (PIC: Programa de Industrialização Complementar) e os Memorandos de Entendimento entre Brasil e Itália, disponíveis na gerência do Programa AM-X.	Gerentes dos Programas AM-X, AL-X e F5-BR. Divisão de finanças da COPAC: Servidores civis e militares com grande experiência na COPAC.
2 COPAC	Reunião	Anotações	1,5	Gerente do Super Tucano	Samir Mustafa		2012 São Paulo, SP	Conhecer o programa Super Tucano e as principais questões que circundam o tema.	Coronel da Comando da Aeronáutica, militar especializado no gerenciamento de programas de defesa da COPAC.
3 IFI	Coleta de dados e conversas não agendadas	Anotações	95	Chefe da Subdivisão de Análise Empresarial e Mobilização Industrial	Neil Vladimir Piries dos Santos	Vários meses de imersão no IFI (out, nov.dez/2014; jan, fev, mar/2015)	São José dos Campos, SP	Coletar dados do perfil público das empresas dos Questionários de Análise Empresarial (QAE).	Capitão do Comando da Aeronáutica, Chefe da seção que coleta informações das empresas.
4 IFI	Reunião	Anotações	3	Chefe da Divisão de Desenvolvimento Industrial	Affonso Henriques Rodrigues de Sousa		2013 São José dos Campos, SP	Conhecer o histórico do IFI e dos programas de defesa.	Coronel Aviador da Reserva do COMAER. Grande conhecimento sobre a história do IFI e dos programas de defesa. Administra as áreas de análise qualitativa empresarial e de controle de projetos de Contrapartidas Comerciais, Industriais e Tecnológicas (<i>Offset</i>). 7,5 anos de IFI.
5 IFI	Reunião	Anotações	1	Chefe da Subdivisão de Compensação Comercial, Tecnológica e Industrial	Josmar Carreiro Freitas	12/06/2013	São José dos Campos, SP	Identificar os dados disponíveis referentes aos programas de aeronaves e aos acordos de <i>Offset</i> do Comando da Aeronáutica.	Oficial superior da Marinha do Brasil. Assessor durante a fase de seleção de projetos de <i>Offset</i> e na fase contratual de elaboração de pareceres de acompanhamento e de reconhecimento de crédito dos projetos.

Controle de Entrevistas com Instuições, Especialistas e Empresas									
Insituição	Tipo	Forma de coleta	Qtd Horas	Área/Função	Nome	Data	Local	Objetivo	Perfil do Entrevistado
6 IFI	Reunião	Anotações	1	Tecnologista (Engenheiro eletricista)	Roberto Tsuyoshi Yaehachi	12/06/2013	São José dos Campos, SP	Identificar os dados disponíveis referentes aos programas de aeronaves e aos acordos de <i>Offset</i> do COMAER.	Profissional com 14,5 anos de IFI.
7 IFI	Entrevista	Gravada	2	Chefe da Divisão de Desenvolvimento Industrial	Cel Affonso Henriques Rodrigues de Sousa , Ten Cel Araujo (Assessoria Técnica), Cap. Gustavo Borges Basilio (Divisão de Certificação de Produto Aeroespacial)	10/12/2015	São José dos Campos, SP	Identificar aspectos chaves da história do IFI e da prática do <i>Offset</i> .	Affonso: Coronel Aviador da Reserva do COMAER. Grande conhecimento sobre a história do IFI e dos programas de defesa. Administra as áreas de análise qualitativa empresarial e de controle de projetos de Contrapartidas Comerciais, Industriais e Tecnológicas (<i>Offset</i>). 7,5 anos de IFI. / Tenente-Coronel Araújo, aviador, engenheiro aeronáutico, assessor técnico do diretor do IFI, foi gerente técnico do KC-390. / Cap. Basilio: Mestre pelo ITA - Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada. Especialista em certificação Militar para os programas KC-390, AM-X, H-XBR).
8 IFI	Várias conversas não agendadas previamente	Conversa informal	3	Tecnologista em Engenharia Mecânica	Gilberto Mohr Corrêa	out, nov, dez/2014; jan, fev, mar/2015; abr, mai, jun/2016	São José dos Campos, SP	Identificar questões importantes da política de <i>Offset</i> do COMAER, seus desafios e problemas. Identificar os avanços e os desafios da política de <i>Offset</i> na prática diária.	Tecnologista que gerencia várias planilhas para captação dos dados dos contratos de <i>Offset</i> .
9 IFI	Várias conversas não agendadas previamente	2 Gravada / Demais: para formar uma opinião geral	5	Analista em Ciência e Tecnologia	Vladimir Minas	abr, mai, jun/2016	São José dos Campos	Identificar questões importantes da política de <i>Offset</i> do COMAER, seus desafios e problemas. Identificar os avanços e os desafios da política de <i>Offset</i> na prática diária.	Analista em Ciência e Tecnologia que, dentre outras atividades inerentes ao IFI na área de compensação, atuou diretamente na assessoria à formulação e na execução das políticas de <i>Offset</i> , com participação ativa em várias reuniões importantes com os militares superiores do COMAER. Profissional com 14,5 anos de IFI.

Controle de Entrevistas com Instuições, Especialistas e Empresas									
Insituição	Tipo	Forma de coleta	Qtd Horas	Área/Função	Nome	Data	Local	Objetivo	Perfil do Entrevistado
ÓRGÃOS DE CLASSE									
10 CECOMPI	Palestra	Anotações	3	Coordenador Geral do Cluster Aeroespacial	Carlos Fernando Rondina Mateus; Brigadeiro José Augusto Crepaldi Affonso	19/08/2014	São José dos Campos, SP	Oportunidades em <i>Offset</i> e Programas da FAB com a palestra do Brigadeiro Crepaldi, Comandante da COPAC, sobre as demandas do COMAER, e com a APEX-Brasil, sobre o Projeto Setorial Aeroespacial - Incentivo à exportação de produtos e soluções aeroespaciais.	Cel Mateus: Coronel Aviador da Reserva do COMAER, PhD. Coordenador Geral do Cluster Aeroespacial por 3 anos. Brigadeiro Crepaldi: gerente de programas e presidente da COPAC. Atualmente diretor do Departamento de Produtos de Defesa (Deprod) do Ministério da Defesa (MD).
11 CECOMPI	Palestra e reunião fornecedores	Anotações	6	Coordenador Geral do Cluster Aeroespacial	Carlos Fernando Rondina Mateus	14/10/2014	São José dos Campos, SP	Encontro de Cooperação Universidades, ICTs e Empresas.	Coronel Aviador da Reserva do COMAER, PhD. Coordenador Geral do Cluster Aeroespacial por 3 anos.
12 CECOMPI	Workshop	Anotações	3	Coordenador Geral do Cluster Aeroespacial	Carlos Fernando Rondina Mateus	21/10/2014	São José dos Campos, SP	Workshop de Planejamento Participativo. Captar as demandas, os desafios e a forma de atuação conjunta dos fornecedores.	Coronel Aviador da Reserva do COMAER, PhD. Coordenador Geral do Cluster Aeroespacial por 3 anos.
13 CECOMPI IFI	Palestra e visita aos Laboratórios do IFI	Anotações	3		Equipe de palestrantes IFI	23/04/2015	São José dos Campos, SP	Interação CECOMPI-IFI.	Militares especializados que trabalham nos laboratórios do IFI.

Controle de Entrevistas com Instituições, Especialistas e Empresas									
Instituição	Tipo	Forma de coleta	Qtd Horas	Área/Função	Nome	Data	Local	Objetivo	Perfil do Entrevistado
ESPECIALISTAS									
14 ITA	Banca de qualificação	Gravada	3	Professor e Pesquisador	Paulo N. Figueiredo (FGV-RJ), Luiz Guilherme Oliveira (UNB), Carlos Alberto Pacheco (ITA)	13/12/2013	São José dos Campos, SP	Apresentar a proposta de tese, com revisão de literatura aprofundada e a matriz para o setor aeronáutico. Os membros da banca são especialistas renomados no tema e ofereceram importantes contribuições.	Professores com reconhecida experiência no tema.
15 Poli USP	Reunião	Anotações	2	Professor e Pesquisador	Davi Nakano	13/10/2014	São Paulo, SP	Levantar as dificuldades na execução da pesquisa de campo e o método utilizado para contato com fornecedores e levantamento de informações. Identificar as empresas mais relevantes a serem pesquisadas.	Professor Dr. que participou diretamente da pesquisa de mapeamento do setor aeronáutico brasileiro que deu origem ao livro Cadeia Produtiva Aeronáutica Brasileira – Oportunidades e Desafios, um trabalho financiado pelo BNDES (QUADROS <i>et al</i> , 2009).
16 ITA	Reuniões não agendadas e questões específicas por email	Anotações	3	Professor e Pesquisador	Arnoldo Souza Cabral	ano 2013 e email 14/05/2014	São José dos Campos, SP	Avaliar a pertinência do tema de pesquisa e investigar as teorias e os modelos disponíveis para resolução do problema. Construir um quadro resumo da tese do Prof. Cabral a partir das áreas tecnologicamente relevantes para o desenvolvimento tecnológico da Embraer.	Professor Dr. e Pesquisador : 42 anos como professor no ITA. Realizou uma tese de doutorado pioneira, no ITA, sobre o desenvolvimento tecnológico da Embraer.
17 Anima	Reunião	Gravada	3	Fundador Embraer	Ozires Silva	13/10/2014	São Paulo, SP	Levantar informações da história da fundação da Embraer, os desafios do seu desenvolvimento, os contornos do programa AM-X, Tucano, AL-X e KC-390, e <i>insights</i> sobre o modelo de compras públicas para o setor aeronáutico brasileiro.	Coronel da reserva do COMAER, Fundador da Embraer, Reitor da Unimonte.
18 Strasbourg University	Reunião	Gravada	5	Professor e Pesquisador	Laurent Bach	08/12/2014	Strasbourg, França	Apresentar a proposta, escopo e dificuldades da tese, sobretudo acerca das categorias e funções da matriz e da implementação da matriz de capacitação tecnológica na pesquisa de campo.	Professor Dr. e pesquisador. Especialista e referência internacional em avaliação de programas espaciais da Europa. Sistematizador da metodologia BETA.

Controle de Entrevistas com Instituições, Especialistas e Empresas									
Instituição	Tipo	Forma de coleta	Qtd Horas	Área/Função	Nome	Data	Local	Objetivo	Perfil do Entrevistado
19 UNB	Reunião via Skype	Anotações	2	Professor e Pesquisador	Rosane Argou Maques	10/02/2014	Skype	Discutir as dificuldades de adequação do referencial teórico à pesquisa e as impressões verificadas na pesquisa piloto que dificultam a implementação da pesquisa de campo nos moldes inicialmente previstos. Levantar indicadores de capacitação e compreender como analisar os dados.	Professora Dra. e pesquisadora. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI): 7 anos, Consultora Sênior de Inovação. Desenvolveu tese de doutorado (Marques, 2011) sobre a indústria aeronáutica brasileira a partir do referencial teórico utilizado nessa tese.
20 FINEP / George Washington University	Curso	Anotações	0,5	Professor e Pesquisador	Nicholas Vonortas	10/03/2015	Rio de Janeiro, RJ	Apresentar a proposta de tese. Aspectos metodológicos. Participação no <i>Executive Course on Evaluation of Science, Technology and Innovation and Program</i> , organizado pelo GEOP (Grupo de Estudos sobre a Organização da Pesquisa e da Inovação da UNICAMP) na FINEP.	Professor Dr. e pesquisador. 26 anos de George Washington University.
21 FINEP / Strasbourg University	Curso	Gravada	2	Professor e Pesquisador	Laurent Bach	10/03/2015 e 11/03/2015	Rio de Janeiro, RJ	Discutir as mudanças na Tese. Participação no <i>Executive Course on Evaluation of Science, Technology and Innovation and Programs</i> .	Professor Dr. e pesquisador. Especialista e referência internacional em avaliação de programas espaciais da Europa. Sistematizador da metodologia BETA.
22 ITA	Entrevista	Gravada	1,5	Professor e Pesquisador	João Murta	11/04/2016	São José dos Campos, SP	Entender as diferenças entre MRP, MRP II, ERP, desafios e problemas da implantação de sistemas de produção em empresas de manufatura.	Professor Dr. e Pesquisador. Professor da disciplina Gestão Estratégica da Produção, Gestão Estratégica de Cadeias de Suprimentos, Gestão Estratégica da Qualidade no ITA.
23 INPE	Questões específicas por email	Escrito	2	Especialista em Qualidade	João Paulo Estevam de Souza	10/02/2016; 21/08/2015	São José dos Campos, SP	Entender as normas da qualidade e as certificações do setor aeroespacial.	Especialista em Auditoria de Sistemas de Qualidade do setor aeroespacial. Mestre e Doutor pelo ITA, foi orientado pelo Prof. Dr. João Murta.

Controle de Entrevistas com Instituições, Especialistas e Empresas									
Instituição	Tipo	Forma de coleta	Qtd Horas	Área/Função	Nome	Data	Local	Objetivo	Perfil do Entrevistado
EMPRESAS									
24 Embraer	Reunião não agendada formalmente	Anotações	3	Engenheiro de Desenvolvimento de Produto	Fernando Pavão	2013; 17/10/2016	São José dos Campos, SP	Determinar o nível de complexidade da lista obtida junto à COPAC dos sistemas/fornecedores da aeronave Super Tucano. Determinar e validar o nível de complexidade das peças usinadas, das empresas entrevistadas e o nível de complexidade da Função Engenharia da Manufatura.	Engenheiro mecânico (UNESP), Mestrado Profissional Engenharia Aeronáutica (ITA-EMBRAER). 4 anos de Embraer.
25 Embraer	Reunião e visita	Anotações	2	Gerente Sênior de da Engenharia de Sistemas, Especialista em Controles de Voo	José Armando da Silva	out/13	São José dos Campos, SP	Validar a versão da Matriz para o exame de qualificação do doutorado. Submeter a matriz de capacitação tecnológica a um especialista experiente com visão global do setor aeronáutico e da Embraer. Identificar ferramentas de gestão de conhecimento na Embraer.	Engenheiro eletricitista. 29 anos de experiência no setor aeronáutico/Embraer. Especialista em: engenharia elétrica, controles de voo, e no desenvolvimento de sistemas eletromecânicos.
26 ThyssenKrupp Autômatas	Reunião e visita	Gravada	3	Proprietário e Diretor Comercial / Vice-Presidente da Sede ABIMAQ no Vale do Paraíba	José Wilmar de Mello Justo Filho / Cesar Migliaccio (Gerente de Planta ThyssenKrupp)	20/10/2014	Taubaté, SP	Conhecer a história da empresa, seus principais processos, produtos, instalações e os programas de defesa que participou. Conversa com Cesar Migliaccio que participou ativamente do Programa AM-X na Embraer.	Mais de 30 de anos de experiência do setor aeronáutico. 1979-1989: EMBRAER; 1989-1992: Grupo Maza, fabricante de peças usinadas na Espanha. 1993: Fundação da Autômatas com capital próprio.
27 Eurobrás	Reunião	Anotações	1	Diretor	Hildebrando Fernandes	20/10/2014	São José dos Campos, SP	Conhecer a história da empresa, seus principais processos, produtos, instalações e os programas de defesa que participou.	Fundador.
28 Alltec	Visita	Anotações	2	Engenheira Comercial	Juliana Mota	27/10/2014	São José dos Campos, SP	Conhecer uma empresa de materiais compósitos. Conhecer a história da empresa, seus principais processos, produtos, instalações e os programas de defesa que participou.	Engenheira e Mestre.
29 Airmod Consulting	Reunião	Gravada	1,5	CEO - Diretor Executivo	Amaury Acatauassú	16/07/2015	São José dos Campos, SP	Validar a matriz.	25 anos de experiência no setor aeronáutico: Fundador da Airmod em 2010. Embraer: 1988-1999 e 2001-2009.

Controle de Entrevistas com Instuições, Especialistas e Empresas									
Insituição	Tipo	Forma de coleta	Qtd Horas	Área/Função	Nome	Data	Local	Objetivo	Perfil do Entrevistado
30 Eaton	Reunião	Gravada	1,5	Engenheiro Especialista em Desenvolvimento de Fornecedores	Fabyo Marques	29/06/2015	São José dos Campos, SP	Validar a matriz. Empresa estrangeira preocupada com o desenvolvimento de fornecedores no Brasil.	20 anos atuando nos segmentos industrial, automotivo, aeroespacial e de bens de consumo em grandes empresas multinacionais - FAG, Otis, Honda, Eaton e Unilever. EATON: 3 anos.
31 Digicon	Entrevista	Gravada	2	Gerente Engenheiro Gestão da Qualidade	Leandro Wagner Bello	27/10/2015	Porto Alegre, RS	Conhecer as peculiares de uma empresa que desde sua criação busca a diversificação e a exportação, possui parceria com a empresa Hamilton-Sundstrand. Empresa com processos especiais verticalizados, empresa subcontratada no interior da própria Digicon.	Mais de 30 de experiência no setor aeronáutico, na Digicon, tendo participado dos projetos de engenharia reversa de instrumentos de navegação inercial para aplicação em mísseis de defesa terra-ar, do desenvolvimento dos processos de montagem de painéis solares para uso espacial destinados a satélite, responsável pelo setor de qualidade da empresa.
32 Ael Sistemas	Entrevista	Gravada	2	Diretor de Tecnologia	Marcos Arend	27/10/2015	Gravataí, RS	Conhecer a história da Aele a importância dos programas de defesa para seu desenvolvimento. Conhecer uma empresa com origem brasileira de elevada complexidade na área de aviônicos que atende atualmente o mercado de defesa mundial.	Mais de 25 anos de experiência no setor aeronáutico. Na Ael desde 1988, tendo participado de todos os seus principais programas de defesa.
33 Globo Usinagem	Email, reunião, visita, pesquisa de campo	Gravada	9	Coordenação de Projetos, Projetos de P&D, Coordenação de P&D	Galvão (Diretor de Novos Negócios - por email); Marcio Ueda e Glauco Silva	31/03/2015 (email); 15/04/2015; 26/05/2016 (email); 17/12/2015	Jambeiro, SP	Compreender como uma empresa de usinagem opera, identificar os principais termos utilizados na área e as principais questões que circundam uma empresa de usinagem. Validar a matriz. Pesquisa de campo.	Marcio Ueda: Engenheiro, Mestre em Engenharia pelo ITA (Aeroespaço). 3 anos de empresa. Engenheiro com capacidade de síntese e rigor na definição dos termos ligados à engenharia.
34 Planifer	Pesquisa de campo, visita	Gravada	3	Gerente Industrial	Dirço Junior	14/01/2016	Campinas, SP	Coletar os dados da pesquisa de campo.	18 anos de experiência na empresa Planifer.
35 Finetornos	Pesquisa de campo, visita	Gravada	3	Diretor Comercial e de Desenvolvimento; Sócio	Edson Jorge Fim	14/01/2016	Campinas, SP	Coletar os dados da pesquisa de campo.	Engenheiro proprietário. Empresa familiar.
36 Embraer	Reunião	Gravada	3	Vice-Presidência KC-390	Paulo Gastão (Vice Presidente do Programa KC-390) e Roberto Petrucci (Vice-Presidente da Engenharia do Programa KC-390)	10/12/2015	São José dos Campos, SP	Conhecer o histórico da relação entre COMAER e Embraer e seus fornecedores subcontratados. E importância dos programas de defesa para o desenvolvimento tecnológico da Embraer. Conhecer o ponto de vista da diretoria da Embraer acerca da realidade dos seus fornecedores. Um contraponto à opinião dos fornecedores menores não homologados pela Embraer.	Paulo Gastão: Engenheiro e Mestre pelo ITA. Experiência de 23 anos como Oficial Engenheiro do COMAER, coronel da reserva. 7 anos de Embraer.

Controle de Entrevistas com Instituições, Especialistas e Empresas									
Instituição	Tipo	Forma de coleta	Qtd Horas	Área/Função	Nome	Data	Local	Objetivo	Perfil do Entrevistado
37 Embraer	Entrevista	Gravada	2	Departamento de Subcontratação	Raul Eloy Diniz (Gerente Sênior, Gestão de Subcontrato), Paulo Claro (Gerente de Desenvolvimento da Cadeia Nacional de Suprimentos), José Mauro de Oliveira (Engenheiro de Desenvolvimento da Cadeia de Suprimentos), Luis Fragoso (Administrador de Contratos), Cleber Silva (Supervisor de Procura e Compra), Renata da Rocha Silva (Desenvolvimento de Cadeia de Suprimentos)	22/03/2016	São José dos Campos, SP	Conhecer o histórico da relação entre Embraer e seus fornecedores nacionais. Conhecer o ponto de vista da diretoria acerca da realidade dos seus fornecedores.	Raul Eloy Diniz: Embraer: 18 anos - Gerente Sênior Subcontratação, Gerente Sênior Cadeia de Suprimentos, Gerente de Engenharia de Manufatura.
38 Embraer	Seminário de Boas Práticas - PDCA	Anotações	3	Centro de Formação Embraer	Raul Eloy Diniz (Gerente Sênior, Gestão de Subcontrato), Professor Arruda (Faculdade Dom Cabral), Cyntia Mattos (Coordenadora do Setor Aeroespacial e Defesa - ABDI)	31/03/2016	Eugenio de Melo, Distrito de São José dos Campos, SP	Conhecer o Programa PDCA da Embraer, um programa de desenvolvimento técnico e gerencial dos seus fornecedores nacionais, sobretudo da área de usinagem. Fazer contato com os fornecedores para marcar a aplicação do questionário da matriz. , Identificar os resultados de boas práticas a partir das apresentações dos vários fornecedores.	
39 Eleb	Entrevista	Gravada	2	Diretoria, Engenharia, Qualidade, Contratos, Processos	Luís Marinho (Diretor), Hilário M. Oliveira (Gerente de Contratos e Suporte ao Cliente), Márcia Panichi Trig (Supervisão de Engenharia), Eduardo Fusaro (Gerente da Qualidade), Flávio Costa (Analista de Processos)	11/12/2015	São José dos Campos, SP	Conhecer o histórico do acúmulo de capacidades tecnológicas da Eleb por programas de aeronaves. Contato com engenheiros experientes e muito antigos de empresa.	Luiz Marinho: Embraer: 20 anos - Diretor, Gerente Sênior Engenharia da Manufatura.
40 LH Colus	Reunião	Gravada	2	Diretor Executivo e Sócio	Luís H. Colus	11/12/2015	São José dos Campos, SP	Conhecer as peculiaridades de um pequeno fornecedor nacional para um produto específico do Programa KC-390.	Experiência de 12 anos Certificação DCTA, 9 anos AKAER. Fundador da LHColus.
41 Usimaza	Pesquisa de campo, visita	Gravada e anotações no questionário	3	Diretor de Manufatura e Sócio	Amauri Silva (Diretor), Vanessa Simone dos Anjos e Gustavo Henrique Moreira (Programa de Melhoria Organizacional)	03/05/2016	Jacareí, SP	Aplicar o questionário da pesquisa de campo. Conhecer uma empresa que possui um sistema ERP eficiente e bastante customizado para o setor usinagem. A empresa também se diferencia por utilizar o Lean de forma mais abrangente para a organização como um todo.	Amauri Silva: fundador.

Insituição	Controle de Entrevistas com Instuições, Especialistas e Empresas								
	Tipo	Forma de coleta	Qtd Horas	Área/Função	Nome	Data	Local	Objetivo	Perfil do Entrevistado
42 Magnaghi Friuli Aerospace	Pesquisa de campo	Gravada e anotações no questionário	3	Gerente Comercial	Adnei Luiz Nogueira	05/05/2016	São José dos Campos, SP	Aplicar o questionário da pesquisa de campo. Conhecer uma empresa de usinagem e de processos especiais, inteiramente verticalizada e muito reconhecida no setor.	Embraer: 5 anos em prospecção de fornecedores, <i>procurement contracts</i> . Friulli: 5 anos. Profissional rigoroso com conceitos e definições, possibilitou uma aplicação rigorosa do questionário e o melhor dimensionamento das respostas dos demais fornecedores que podem ter fornecido respostas super estimadas. A Friulli era um empresa brasileira e até o momento da entrevista 80% da empresa era de propriedade italiana.
43 Mirage	Pesquisa de campo, visita	Gravada e anotações no questionário	3	Sócio Diretor Geral	Hugo Dario Cristaldo	06/05/2016	São José dos Campos, SP	Aplicar o questionário da pesquisa de campo. Empresa criada em 1976, uma das mais antigas entrevistadas. Forneceu uma perspectiva interessante referente ao endividamento das pequenas empresas com o Estado.	Fundador.
44 ThyssenKrup p Autômata	Pesquisa de campo	Gravada e anotações no questionário	5,5	Proprietário e Diretor Comercial / Vice-Presidente da Sede ABIMAQ no Vale do Paraíba	José Wilmar de Mello Justo Filho	01/06/2016	Taubaté, SP	Aplicar o questionário da pesquisa de campo.	Mais de 30 de anos de experiência no setor aeronáutico. 1979-1989: Embraer; 1989-1992: Grupo Maza, fabricante de peças usinadas na Espanha. 1993: Fundação da Automata com capital próprio.
45 Embraer	Entrevista por telefone	Gravada e anotações	2	Gerente de Estratégia Industrial	Vinicius Manoel Bel Guerra Alves	06/06/2016	São José dos Campos, SP	Compreender os condicionantes da decisão da Embraer de subcontratar nacionalmente. Introdução à problemática da matéria-prima. Compreender os determinantes da seleção dos fornecedores segundo volume da matéria-prima a ser fornecido.	Experiência de 15 anos de Embraer. Mestrado PEE Produção Embraer. Engenheiro mecânico, Supervisor de Engenharia, Gerente de Fabricação da Engenharia de Manufatura, Gerente de Desenvolvimento do E2, Gerente de Manufatura do E2.
46 ThyssenKrup p Autômata	Entrevista por telefone	Gravada e anotações	1	Gerente de Vendas e Marketing	Fabio Cruz	06/06/2016	São José dos Campos, SP	Compreender o potencial do Centro de Distribuição da ThyssenKrupp e o seu nível de execução.	Engenheiro com especialização em comércio exterior, e vivência acadêmica no exterior.

Controle de Entrevistas com Instituições, Especialistas e Empresas									
Instituição	Tipo	Forma de coleta	Qtd Horas	Área/Função	Nome	Data	Local	Objetivo	Perfil do Entrevistado
47 Pan Metal	Pesquisa de campo, visita	Gravada e anotações no questionário	2,5	Gerência	Douglas Oliva (Gerente Administrativo e Comercial), Edson Alves Silva (Gerente Industrial)	17/06/2016	São Paulo, SP	Coletar os dados da pesquisa de campo. Empresa com usinagem de peças de elevada complexidade.	Douglas Oliva: Experiência de 17 anos de Embraer - Administrador de contratos, planejamento de compras, suprimentos. Edson Silva: 17 anos de experiência na empresa Pan Metal.
48 Utec	Pesquisa de campo	Gravada e anotações no questionário	3	Gerente Industrial / Gerente de Planejamento	Willian Siqueira, Alex Siqueira	10/06/2016	São José dos Campos, SP	Coletar os dados da pesquisa de campo.	Empresa familiar, herdeiros.
49 Fastwork	-				NÃO ACEITOU REALIZAR ENTREVISTA.		Piracicaba, SP		
50 Lanmar	Pesquisa de campo, visita	Gravada e anotações no questionário	2	Diretor Executivo	Fábio Bertoldi Caretto	03/10/2016	Hortolândia, SP	Coletar os dados da pesquisa de campo. Empresa em operação desde 1973. Possui 4 máquinas multitarefa.	Engenheiro mecânico (USP), 15 anos de Embraer na área de <i>Supply Chain</i> (Gerente, Gerente Sênior) e <i>Head</i> do Ipanema. Diretor contratado para profissionalização da gestão da Lanmar, 1 ano de empresa.
TOTAL DE HORAS DE			340,5						

Tabela 1.2 Controle de entrevistas com instituições, especialistas e empresas.
Fonte: Pesquisa de campo.

1.6 Estrutura do Trabalho

Este trabalho de Tese está estruturado em dez capítulos. O capítulo dois trata do referencial teórico que dá suporte a esta pesquisa, a Teoria da Acumulação das Capacidades Tecnológica e o *Public Procurement for Innovation*, bem como faz uma revisão da literatura de avaliação de programas tecnológicos. O capítulo três apresenta as principais características do sistema de aquisição do Comando da Aeronáutica, a partir dos seus principais documentos normativos, principalmente, a Diretriz do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica, e a Política e a Estratégia de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica (*Offset*). O capítulo quatro expõe a arquitetura do Programa AM-X, a partir das áreas de conhecimento do PMBOK, suas peculiaridades, sobretudo em relação ao Programa de Industrialização Complementar (PIC), e os impactos desse Programa sobre o COMAER, a Embraer e outras empresas da indústria aeronáutica brasileira.

O capítulo cinco apresenta a arquitetura do Programa AL-X, a partir das áreas de conhecimento do PMBOK, suas peculiaridades, em relação aos *Offsets* associados, e os impactos desse Programa sobre o COMAER, a Embraer e outras empresas da indústria aeronáutica brasileira. O capítulo seis explica apresenta os contornos gerais do Programa F5-BR, suas peculiaridades, em relação aos *Offsets* associados, e os impactos desse Programa sobre o COMAER, a Embraer e outras empresas da indústria aeronáutica brasileira. O capítulo sete trata dos contornos gerais do Programa KC-390, os impactos desse Programa sobre o COMAER, a Embraer e outras empresas da indústria aeronáutica brasileira, bem como descreve os aspectos mais relevantes da parceria entre o COMAER e a Embraer.

O capítulo oito apresenta o método empregado e a modelagem conceitual para a estruturação do modelo de avaliação de impactos em capacidades tecnológicas, decorrentes de programas de defesa, e do modelo de referência para segmento de usinagem aeronáutica de

pequenas e médias empresas. Bem como apresenta o método de pesquisa adotado nesta Tese, caracteriza os elementos do estudo de caso e as fontes utilizadas. O capítulo nove examina apresenta os resultados da pesquisa de campo do estudo de caso. Analisa as capacidades tecnológicas das empresas do segmento de usinagem de aeronáutica, de forma individualizada e agregada, bem como apresenta os impactos dos programas de defesa analisados nesta Tese sobre a trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas dessas empresas pequenas e médias. Propõe também reflexões para o desenvolvimento de uma política industrial para o segmento de usinagem aeronáutica. O capítulo dez conclui e aponta futuros trabalhos.

2 LITERATURA DE AVALIAÇÃO DE PROGRAMAS TECNOLÓGICOS E REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo realiza uma exaustiva revisão da literatura acadêmica sobre metodologias e métodos de avaliação de programas públicos de estímulo à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação. O intuito dessa revisão é identificar lacunas e oportunidades para o desenvolvimento metodológico a ser realizado nesta Tese. Observa-se que existe uma ampla gama de métodos e metodologias na literatura acadêmica de avaliação de programas. Essa diversidade decorre em larga medida dos objetivos das pesquisas frente à disponibilidade de informações e seu nível de agregação. Nota-se uma lacuna importante na literatura de avaliação de impactos de programas tecnológicos, no âmbito da firma e de suas capacidades tecnológicas. Assim, este capítulo recupera abordagens associadas à análise da capacitação tecnológica e à evolução do nível de complexidade da firma, com intuito de identificar critérios para a construção de uma matriz de referência para avaliação dos impactos de compras militares sobre um segmento da cadeia de fornecedores aeronáuticos.

2.1 Aspectos Gerais e Métodos “Tradicionais” e Híbridos⁸

Nos últimos trinta anos (1982-2012), os investimentos em bens públicos e em pesquisa e desenvolvimento (P&D), em particular, têm aumentado ao redor do mundo. O Governo e a sociedade, em geral, estão interessados na eficiência, efetividade e na prestação de contas dos investimentos em ciência, tecnologia e inovação. Há uma demanda crescente pela transparência e pelo desempenho desses investimentos. Esse é o novo contexto de políticas públicas e da avaliação dos fundos públicos de P&D. A avaliação objetiva medir o desempenho, apoiar a gestão e a orçamentação, aumentar a transparência, melhorar a comunicação das atividades do programa e dos resultados com os tomadores de decisão e com os patrocinadores do programa. (LINK; VONORTAS, 2013b)

Existe uma grande variedade de métodos para avaliar os objetivos, as trajetórias, e os *outputs* dos programas públicos e dos investimentos de P&D. A utilidade de cada técnica varia de acordo com o intervalo, a especificidade e a importância relativa dos objetivos do programa em questão. As técnicas podem ser utilizadas isoladamente ou em combinação,

⁸ Esta seção será baseada em Link e Vonortas (2013), um manual que apresenta o estado da arte da teoria e da prática da avaliação de programas. Reúne os principais *experts* da teoria e da prática em avaliação.

sendo que a avaliação de programas grandes e complexos frequentemente emprega métodos mistos. A diversidade das metodologias decorre naturalmente dos seus objetivos de uso, como por exemplo, a definição de prioridades, avaliação *ex ante* de impactos, monitoramento do progresso e avaliação *ex post* dos resultados e dos impactos. (LINK; VONORTAS, 2013b)

Existem quatro problemas inerentes à avaliação de programas: 1) tempo – os efeitos do programa ou da pesquisa frequentemente se manifestam muito tempo depois da sua finalização, quando suas conexões já estão obscurecidas; 2) atribuição – a inovação pode resultar de múltiplos projetos e um projeto de pesquisa podem gerar várias inovações; 3) apropriabilidade – os beneficiários do programa ou da pesquisa podem não ser as mesmas pessoas ou organizações que o executaram; 4) assimetria de resultados – a distribuição dos impactos de um portfólio de projetos é altamente enviesada, de modo que apenas um pequeno número de projetos pode explicar a maioria dos resultados. (LINK; VONORTAS, 2013b)

Segundo Link e Vonortas (2013b), os métodos de avaliação de programas e políticas podem ser categorizados como econômicos (análise econômica dos impactos, métodos econométricos e seleção de portfólio de projetos de P&D), não econômicos (revisão por pares, painéis de especialistas, modelagem lógica, mapeamento de valor de pesquisa), híbridos (como a metodologia de análise de redes sociais, o método de estimação das emissões ambientais evitadas e dos benefícios para a saúde, e o método de avaliação dos centros de pesquisa de cooperação) e os *data driven* (bibliometria, análise de patentes e pesquisas de inovação).

2.1.1 Métodos econômicos

Na categoria econômica, há a análise econômica dos impactos, os métodos econométricos e a seleção de portfólio de projetos de P&D. A análise econômica dos impactos é uma forma das instituições públicas quantificarem a contribuição social de suas atividades. Ela fornece importantes lições acerca da gestão dos recursos e importantes orientações para o planejamento estratégico futuro. As avaliações de programas de P&D estão centradas nos critérios de eficiência e do custo benefício do programa. As perguntas centrais são: “Quão eficientes são os atributos do programa incluindo a estratégia de gerenciamento do programa, a estratégia de planejamento e a estratégia de investimento?” “Como os benefícios sociais associados ao programa podem ser comparados aos custos da sociedade para empreender o programa?” (LINK; SCOTT, 2013b, p. 15).

A base teórica deste tipo de avaliação é Griliches (1958), Mansfield *et al* (1977) e Tassey (1997).⁹ No modelo de Griliches (1958), a pergunta central é: “Qual a taxa social de retorno da inovação e como pode ser comparado com taxa privada de retorno?” (LINK; SCOTT, 2013, p. 17). Mansfield *et al* (1977) aplicou a metodologia de Griliches (1958) nas inovações do setor privado e a expandiu para os casos de competição imperfeita. Tassey (1997) utilizou o conceito de taxa privada e social de obstáculo (“*hurdle taxes*”) para identificar as metas adequadas de intervenção governamental. Assim, resultaram duas abordagens alternativas: Metodologia Contrafactual e *Spillover*. Sobre a abordagem contrafactual, considera-se o caso extremo de quanto o setor privado deveria investir para alcançar os benefícios do investimento público, na ausência do investimento público. Enquanto Griliches (1958) considerava a situação sem o investimento público e sem a nova tecnologia como o cenário contrafactual. (LINK; SCOTT, 2013)

Em relação ao *Spillover*, como uma metodologia de análise de impacto, a questão é: qual a taxa de retorno social do programa (incluindo os *spillovers*)¹⁰ comparada com a taxa de retorno privada? Ou ainda qual a proporção total capturada do lucro privado gerado pela firma privada que realizou a P&D e a inovação, que foi financiada pelo setor público; e consequentemente qual proporção que não foi apropriada por esta firma e foi capturada por outras firmas que imitaram a inovação ou usaram o conhecimento gerado pela P&D? (LINK; SCOTT, 2013b, p. 20)¹¹

⁹ GRILICHES, Zvi. Research costs and social returns: hybrid corn and related innovation. **Journal of Political Economy**, 66, 419-31, 1958. MANSFIELD, Edwin; RAPOPORT, John; ROMEO, Anthony; Wagner, Samuel; and BEARDSLEY, George. Social and private rates of return from industrial innovations. **Quarterly Journal of Economics**, 91, 221-40, 1977. TASSEY, Gregory. *The Economics of R&D Policy*, Westport, CT: Quorum Books, 1997.

¹⁰ É importante notar que existe uma metodologia de avaliação de impactos indiretos que Vonortas e Link (2013a) não mencionam a metodologia BETA (Bach, 1992). Esta abordagem considera os *spillovers* dos programas complexos e dos investimentos públicos em P&D e será apresentado ainda neste capítulo.

¹¹ Questões relacionadas à necessidade e aos motivos para intervenção do governo são colocadas neste tipo de abordagem, no entanto não é alvo desta pesquisa esse tipo discussão, haja vista a aderência desta Tese à premissa de necessidade de intervenção do governo para promoção da inovação em setores industriais chaves e de grande complexidade tecnológica cujo insumo básico é o conhecimento tecnológico. Segundo Leão Rocha (2015), as atividades de inovação envolvem diferentes fontes de conhecimento. O conhecimento tem algumas características importantes, tais como: é um ativo intangível, parcialmente codificado; é imperfeitamente apropriado e, portanto, tem características de bem público; é não-trivial, o uso por uma pessoa não afeta a outra; não é perfeitamente codificado, de modo que o conhecimento tácito está presente e a transmissão do conhecimento exige interações entre agentes e há um custo; é cumulativo; ele pode ser aplicado a certas soluções, mas não a outras. As atividades de inovação também são incertas. Estas características apoiam o caso de intervenção do Estado: para corrigir as falhas do mercado e para promover a construção de redes. Vonortas (2013), com base em Eldquist (2004), mencionou as questões mais relevantes tratadas pela literatura recente da intervenção do governo em relação às falhas no sistema: *path dependence*, *technological lock-in*, o tempo de investimento (ciclos de vida da tecnologia, trajetórias), constrangimentos institucionais (infraestrutura em geral), a coordenação falhas (padrões) e a ineficácia dos mecanismos que facilitam os fluxos de conhecimento.

Em relação aos modelos econométricos que quantificam o nível de desempenho da firma antes e depois da intervenção do programa de P&D do governo, há a necessidade de se considerar duas séries de dados. A primeira série de dados considera a firma antes e depois da intervenção. A segunda série de dados considera o desempenho das firmas afetadas e não afetadas pelo programa do governo. No entanto, estes dados somente estão disponíveis para as firmas afetadas. A situação contrafactual são outras firmas na ausência de intervenção (grupo controle). Como exemplo, ao estimarem-se os parâmetros da regressão apresentada a seguir, é possível interpretar o impacto econômico do programa de P&D, conforme os resultados para a_1 . Se a_1 é positivo e estatisticamente significativo, então o programa de P&D causou um impacto mensurável no desempenho da firma, *ceteris paribus*. (LINK; SCOTT, 2013)

$$P_{i,t} = a_0 + a_1 P\&D_t^* + \text{grupo controle} + e$$

Arvanitis (2013) reforça que a avaliação de impactos deve considerar a comparação entre a variável analisada da firma, depois da participação do programa, com a mesma variável da firma no caso de não participação do programa. Em geral, devem-se notar as dificuldades de obtenção de dados que permitam observar a situação contrafactual. Um grande número de métodos econométricos procura estimar este estado, o que inclui a necessidade de lidar com uma série de problemas: *selection-bias problems*, porque as firmas subsidiadas pelo governo não são escolhidas de forma aleatória, elas são selecionadas em função da elevada qualidade de seus projetos, e assim são as melhores candidatas para receber o financiamento público.

Arvanitis (2013) ressalta três tipos de problemas: 1) A relação entre os meios e os objetivos do apoio público: o avaliador precisa saber se a política escolhida (vários tipos de subsídios) pode influenciar de forma direta os resultados da firma, como por exemplo, se existe uma relação direta entre o subsídio de P&D e o desempenho da firma, ou uma relação indireta com outras variáveis econômicas, como a pesquisa do governo como complemento ao P&D do setor privado, que por sua vez eleva o desempenho da firma. 2) Endogeneidade do apoio público: a construção de um grupo de controle válido é uma tarefa difícil de ser realizada pelo avaliador. Se há aleatoriedade suficiente, os pré-requisitos para este tipo de análise (hipóteses sobre o tipo das funções de distribuição de resíduos, e assim por diante) são cumpridos. No entanto, outros fatores determinam a atribuição de apoio político, então a aleatoriedade não é uma hipótese realista. 3) Externalidades do apoio público: geralmente presume-se que não existem efeitos colaterais do apoio público nas empresas não apoiadas, porém esta hipótese não é realista. Estudos nesse sentido são muito raros.

“Existem várias estratégias empíricas para atenuar o viés de seleção nas avaliações ex post, por exemplo, a regressão com controles para efeitos não observados; regressão com efeitos fixos ou "difference-in-differences", modelos de seleção e matching methods com base em comparações diretas dos agentes participantes e dos não participantes, a partir de amostras emparelhadas de entidades tratadas e não tratadas. Em princípio, estes métodos diferem na maneira de se estimar o estado contrafactual dos indivíduos participantes (firmas) usando (a) dados de estados anteriores dos indivíduos participantes (doravante firmas), ou (b) dados contemporâneos sobre os estados de outras firmas”. (ARVANITIS, 2013, p. 61)¹²

Casault *et al* (2013) apresenta o método de seleção de uma carteira de projetos de P&D, composta de três ou mais projetos. O método visa integrar a gestão de uma carteira de projetos de P&D através da utilização de ferramentas financeiras (Moderna Teoria de Portfólio), para reduzir os riscos de fracasso de um programa específico no nível da empresa. A Administração Financeira pode oferecer *insights* para a gestão das interações dos projetos. Normalmente, os projetos são definidos de forma isolada, suas relações raramente são consideradas formalmente a partir de uma perspectiva de coordenação centralizada.

O princípio fundamental desta abordagem é que a carteira não deve ser selecionada com base em seus méritos individuais (retornos e expectativas). Os projetos individuais deveriam ser medidos pela forma de utilização dos recursos, pelos potenciais retornos no mercado futuro, pela probabilidade de sucesso, pela sua contribuição, através de opiniões de especialistas. Algumas ferramentas financeiras utilizadas são: O Retorno do Investimento - ROI, Fluxo de Caixa Descontado - DCF, Valor Presente Líquido - VPL, Opções Reais (equação de Black-Scholes). Alguns métodos para avaliação qualitativa e visual do projeto utilizados são: avaliação por pares (um grupo de especialistas fixa uma pontuação para os projetos individuais contra uma série de critérios de mérito técnico) e Growth Share Matrix

¹² Para maiores detalhes: Cameron, A.C.; Trivedi, P.K. ‘Treatment Evaluation’, capítulo 25 *in* **Microeconometrics, Methods and Applications**, Cambridge University Press, 2005. Dupas, P.; J. Robinson. Savings Constraints and Microenterprise Development: Evidence from a Field Experiment *in* Kenya. **AEJ: Applied Economics** 5(1), p. 163-92, 2013. Dupas, P.; J. Cohen. Free Distribution or Cost-Sharing? Evidence from a Randomized Malaria Prevention Experiment. **Quarterly Journal of Economics** 125 (1), p.1-45, 2010. Horiuchi, Y.; Imai, K.; Taniguchi, N. (2007). Designing and analyzing randomized experiments: Application to a Japanese election survey experiment. **American Journal of Political Science** 51, p. 669–687, 2007. Miguel, E.; Kremer, M. Worms: Identifying Impacts on Education and Health in the Presence of Treatment Externalities. **Econometrica**. Vol. 72, No. 1. p. 159-217, 2004. Ravallion, M. Evaluation anti-poverty programs. **Handbook of Development Economics**, capítulo 59, Vol.4, 2008. Papers by James Heckman, Guido Imbens, Angus Deaton. *in* **Journal of Economic Literature**, vol. 48, 2010. Background em Econometria: Cameron, A.C.; Trivedi, P.K. **Microeconometrics, Methods and Applications**. Cambridge University Press, 2005. William H. Greene. **Econometric Analysis**, 7th Edition. Prentice Hall, 2011. Jeffrey M. Wooldridge. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**, 2nd Edition, The MIT Press, 2010. Esses textos fazem parte da disciplina de Avaliação de Programas e Políticas ministrada pelo Prof. Dr. Théophile T. Azomahou (http://www.merit.unu.edu/about-us/profile/?staff_id=898), na Universidade das Nações Unidas UNU-MERIT (Maastricht, Netherlands, <http://www.merit.unu.edu/>). A autora participou dessa disciplina em 2014.

(uma ferramenta para ajudar a visualizar a atratividade de vários produtos com base em seu mercado e sua taxa de crescimento).

A Analytic Hierarchy Process (AHP) é outra técnica para a organização e análise de decisões complexas, que exigem várias entradas de um grupo de pessoas. Esta abordagem ajuda os decisores a estruturar um problema segundo uma estrutura hierárquica lógica em relação às metas globais e às soluções alternativas. A Analytic Network Process (ANP) é uma técnica que ajuda a transformar atributos qualitativos dos projetos em atributos quantitativos. A Data Envelopment Analysis (DEA) é uma técnica que tem grande capacidade para quantificar a atratividade relativa entre projetos, com base em uma série de entradas e saídas. Existem várias outras técnicas que podem ser usadas para selecionar uma carteira de projetos de P&D: Portfolio View, Advanced Multi-Dimensional Visualization Analysis, Balance Scorecard, etc.

“Equilibrar um portfólio é, portanto, a ciência de agrupar vantagens que possuem características individuais e torná-las lucrativas para todo o grupo, sobretudo no tocante à incerteza das vantagens individuais e do mercado total.” (CASAULT et al, 2013, p. 92)

2.1.2 Métodos não econômicos

Na categoria não econômica, há a revisão por pares e painéis de especialistas, modelagem lógica, mapeamento do valor da pesquisa e avaliação. A revisão por pares e os painéis de especialistas são amplamente utilizados para avaliar a qualidade científica de programas governamentais e de projetos específicos de apoio ao desenvolvimento tecnológico, bem como para avaliação acadêmica do que está sendo produzido para o progresso da ciência, especificamente em relação à submissão de *papers* em *journals* internacionalmente reconhecidos pela comunidade acadêmica. Esse tipo de avaliação é também utilizado para melhorar o conteúdo de projetos e programas, colocando tais programas e projetos na fronteira do conhecimento.

De acordo com Jordan (2013), a modelagem lógica é uma ferramenta de gestão e avaliação para desenvolver o “*big picture*” para alcance das metas e estratégias do programa em um contexto mais amplo. Constrói-se um modelo de como os programas, projetos, portfólios ou processos funcionam em uma condição específica para resolver problemas selecionados, tornando explícito o que muitas vezes está implícito. A modelagem lógica fornece também uma compreensão compartilhada do programa, das expectativas de

desempenho e uma história do desempenho para os diretores de empresas e para o Governo. Ela é utilizada, ainda, para identificar medidas e indicadores, questões pesquisáveis e questões que precisam ser avaliadas.

O modelo mostra a lógica das relações causais entre alguns elementos básicos: os *inputs* (recursos necessários para iniciar e/ou sustentar as atividades, por exemplo, o tempo da equipe, dinheiro, habilidades); as atividades (o que o programa faz, por exemplo, selecionar e financiar o projeto de pesquisa, reuniões com partes interessadas); os *outputs* (os resultados diretos das atividades do programa, por exemplo, relatórios de avaliação do mercado, relatórios de pesquisa, publicações); o público-alvo (quem está se tentando influenciar, por exemplo, pesquisadores, firmas do setor privado); resultados de curto prazo ou de prazo intermediário (o que nossas audiências fazem em resposta a nossas atividades, por exemplo, identificação de oportunidades de alto valor, os protótipos desenvolvidos e testados); resultados ou impactos finais ou de longo prazo (verificar se os objetivos finais do programa foram alcançados, por exemplo, economia de energia, redução de emissões devido à melhoria da tecnologia adotada pelos consumidores); e os fatores externos (as forças na sociedade que o programa não pode controlar ou influenciar, por exemplo, o choque dos preços do petróleo, competição das novas tecnologias). O modelo lógico é chamado de lógica "Z". (JORDAN, 2013)

O Mapeamento do Valor da Pesquisa (RVM), segundo Bozeman e Kingsley (2013), constitui-se de uma fusão de técnicas enraizadas em pressupostos comuns, que utilizam de estudos de caso múltiplos e inter-relacionados, combinando abordagens qualitativas e quantitativas. Os dados são desenvolvidos a partir de estudos de caso. O foco está nas redes que são formadas para a pesquisa. Essa abordagem fornece *insights* sobre as razões pelas quais os benefícios são alcançados, o que é muito útil para a estratégia de gestão de políticas, a qual requer subsídios para replicar os sucessos. A RVM se concentra intensamente em determinados projetos e nos eventos ao redor deles, o que é muito comum em estudos de caso.

“Os estudos de caso “contam uma história” sobre a cronologia e os eventos contidos dentro dos limites do projeto, e RVM é semelhante aos estudos de casos tradicionais na medida em que produz tal narrativa. Há também uma expectativa de que os estudos de caso podem conter uma riqueza que vai além de estudos quantitativos agregados tradicionais para fornecer insights sobre os detalhes que fazem a diferença. No entanto, o RVM procura evitar algumas armadilhas da análise qualitativa tradicional” (BOZEMAN; KINGSLEY, 2013, p. 171)

Duas questões são moldadas na utilização dos estudos de caso para a avaliação de impactos de P&D: 1) “Quais são as ligações entre a P&D e a inovação econômica?”; 2) “Os

projetos de P&D cumpriram os objetivos estabelecidos pela organização que solicitou as ligações entre P&D e a economia?” (BOZEMAN; KINGSLEY, 2013, p. 172). Existem quatro gêneros de estudos de caso: as descrições históricas, os estudos de eventos de pesquisa, as comparações emparelhadas, e a combinação da análise retrospectiva com outras metodologias (estatísticas agregadas, revisão por pares, bibliometria e econometria). No entanto, o uso predominante da análise retrospectiva não tem resultado em nenhum progresso na direção de modelos preditivos.

O RVM requer uma entrada detalhada dos casos a partir de elementos qualitativos. É uma abordagem complexa que exige qualificações técnicas extremamente elevadas do pesquisador: habilidades de análise de caso, habilidades em modelagem, habilidades em desenvolvimento metodológico, entre outras. Não é uma aplicação mecânica. Para este tipo análise, são utilizados pelo menos trinta estudos de caso.

2.1.3 Métodos híbridos

Na categoria dos métodos híbridos, estão elecandos a metodologia de análise de redes sociais, o método de estimação das emissões ambientais evitadas e dos benefícios para a saúde, e o método de avaliação dos centros de pesquisa de cooperação. De acordo com Vonortas (2013), a metodologia de análise de redes sociais é uma ferramenta para avaliar aspectos importantes dos programas de pesquisa e desenvolvimento, tais como a natureza do conhecimento e as redes de parcerias, em um período específico, em diferentes setores. Essa metodologia também permite identificar se as redes analisadas estabelecem canais efetivos de conhecimento e comunicação entre os setores. Ela indentifica as *hub organizations*¹³ e sua eficácia na criação e difusão de conhecimentos, bem como a posição do *hub* em relação a outras redes globais, o papel de instrumentos específicos de financiamento para facilitar a eficácia na criação de *hubs* de conhecimento, e outros problemas importantes sobre a criação de redes de conhecimento e sobre a difusão do conhecimento.

Vonortas (2013) apresenta a forma como os dados são tratados para a construção de duas importantes redes: redes de conhecimento baseadas em citações de patentes (dados de citações de patentes), e redes de parceria tecnológica (dados do setor público ou da setor

¹³ “Um *hub* pode ser definido como um ponto central com um grande número de ligações ou, alternativamente, como um ponto de conexão que é muito influente e opera como um conector da rede, servindo de ligação entre outros pontos que permaneceriam desconectados. (...) Espera-se que pontos centrais ou de conexão desempenhem uma importante função para a produção e difusão de conhecimento”. (VONORTAS, 2013, p. 219 e p. 222)

privado). As redes são definidas como o lugar onde ocorre a inovação, pois possibilita o acesso mais rápido ao conhecimento e aos recursos externos à organização, representam um teste para a expertise interna e para a sua capacidade de aprendizagem. As redes podem ser encaradas como um sistema de ligações. Elas promovem o acesso aos recursos, às capacidades e aos mercados. Existem recursos muito significativos fluindo dos acordos colaborativos entre firmas, universidades e organizações públicas, de modo que o interesse na avaliação dessas redes tem aumentado consideravelmente.

A Análise das Redes Sociais tem feito grandes contribuições para o problema da adicionalidade. Segundo Vonortas, 2013, p. 197:

“Ao estudar as relações, as trocas, a localização das redes e seu status, sua estrutura e evolução ao longo do tempo, e as características dos participantes e seus papéis na rede, esta abordagem fornece uma nova lente para examinar aspectos importantes das melhores e mais duradouras contribuições da política pública, no sentido de afetar as capacidades das organizações e das nações/regiões para inovar.”

[Assim] “...O gasto público tem criado efeitos sustentáveis para além da infusão de recursos e saídas, tais como, a melhoria do conhecimento, das capacidades, da organização e das estratégias das firmas (...)”

Rivers e Gray (2013) utilizam como unidade analítica o Centro de Cooperação em Pesquisa (CRC), definido por eles como uma:

“... organização ou unidade dentro de uma grande organização que realiza pesquisa e também tem a missão explícita (e atividades relacionadas) de promover, direta ou indiretamente, a colaboração intersectorial e a transferência de conhecimento e tecnologia, e, enfim, a inovação” (RIVER; GRAY, 2013, p. 292)

Os Centros de Cooperação cumprem um papel central no sistema nacional de inovação e são uma forte tendência em ciência, tecnologia e inovação. Eles refletem a coletivização da pesquisa, a emergência do paradigma de cooperação em pesquisa no governo, e o crescimento do paradigma da inovação aberta. Nesse contexto de cooperação em pesquisa, Rivers e Gray (2013) propõem uma metodologia de avaliação que captura dados de impacto econômico de firmas envolvidas em pesquisas de cooperação com as universidades. Eles usam os protocolos de avaliação de programas e/ou relatórios anuais para identificar as estimativas de resultados econômico (montante de financiamento por fonte, equipe, divulgações de invenção, pedidos de patentes, publicações, *startups*, contratos de licença, os resultados de P&D traduzidos em *cost savings* e *cost avoidances*) e entrevistas com pessoas chaves na firma para captar impactos mais distantes (grau de impacto do centro no P&D interno, atividades em rede de

comercialização e de profissionalização, impactos recebidos). As respostas são categorizadas e agregadas em categorias gerais de benefícios.

O'Connor *et al* (2013) apresenta o método de estimação das emissões ambientais evitadas e dos benefícios para a saúde. Este tipo de abordagem de avaliação está conectado à consciência dos impactos do combustível fóssil, como a má qualidade do ar, e do aumento do valor da sustentabilidade. Ao se evitar o consumo de combustíveis fósseis, evita-se a emissão de poluentes no ar. Alterações na qualidade do ar estão associadas a uma série de doenças. O método torna possível medir e monetizar os impactos sobre as emissões ambientais e os benefícios para a saúde.

2.1.4 Data-driven

Nas aplicações orientadas a dados, apresenta-se a Bibliometria, como um instrumento de avaliação da pesquisa, a análise das patentes e as pesquisas oficiais de inovação, as *innovation surveys*. De acordo com a Hicks e Melkers (2013), a Bibliometria é um método de análise dos resultados da pesquisa básica, é também muito útil como indicador parcial dos resultados da P&D, da produtividade e do impacto das equipes de pesquisa e dos centros. A Bibliometria envolve também outros tipos de análise, tais como a contagem do número de publicações, contagens do número de citações, análise de co-citação e mapeamento científico. A contagem de publicação é baseada na quantidade de vezes que artigos de referência são mencionados. O trabalho mais importante tem o maior número de citações. Co-citação é um método para identificar grupos de artigos que são frequentemente encontrados nas mesmas listas de referência, este grupo de autores pode ser os cientistas mais produtivos e influentes.

“A avaliação da pesquisa concentra-se em grupos de pesquisa institucionalizados – financiados por um programa ou uma fonte específica, afiliado a um centro de pesquisa, ou a um departamento. O primeiro passo na avaliação é a compilação da bibliografia do grupo de pesquisa.”
(HICKS; MELKERS, 2013, p. 334)

A análise de patentes, segundo Ruegg e Thomas (2013), é usada para avaliar os programas de pesquisa aplicada e de inovação, uma vez que as patentes são os resultados do conhecimento e indicadores de invenção. É também possível determinar a disseminação do conhecimento através da análise de citações de patentes, uma patente anterior pode influenciar a inovação a jusante e o desenvolvimento comercial. As patentes podem ser utilizadas para medir o resultado do programa ou o desempenho de curto prazo do programa. São também usadas para descrever um programa, a partir da identificação de suas áreas de influência, além

de fornecer evidências convincentes de que um programa tem tido impacto de longo prazo (adicionalidade), tais como os efeitos de *spillovers*.

“É necessário identificar todas as patentes atribuídas a uma firma, ou a outra organização, juntamente com as suas subsidiárias, filiais e demais aquisições, e, em seguida, identificar as patentes que são relevantes para a tecnologia que está sendo avaliada.” (RUEGG; THOMAS, 2013, P. 352)

As análises de patentes são muito úteis para avaliar programas, especialmente, quando a principal saída de um programa é uma patente. Mas, também tem algumas limitações. Elas somente capturam uma parte da produção do programa, não todo o conhecimento gerado. Ressalta-se que as citações de patentes não revelam o valor de uso das patentes. (RUEGG; THOMAS, 2013)

As *Innovation surveys* são uma técnica de coleta de dados de vários aspectos do processo de inovação a partir de uma perspectiva nacional. De acordo com Figueiredo (2009), as medições são realizadas com base em levantamentos estatísticos de grandes amostras de empresas de indústrias diversas, o que caracteriza as *Innovation surveys* como abordagens com um alto grau de agregação.

De 2005 a 2008, vários painéis de experts foram realizados para melhorar a relevância das estatísticas de P&D da indústria. Mais de 100 empresas foram visitadas de muitos setores (produtos farmacêuticos, defesa, automotivo, tecnologia da informação, serviços financeiros e indústria de alimentos) para definir, desenvolver, testar conceitos, e redigir questões e medidas. Também houve grande interesse para se introduzir questões específicas relacionadas com a inovação e o nome da pesquisa foi formalmente alterado para *Business R&D and Innovation Survey* (BRDIS).

A estrutura do questionário do BRDIS possui seis seções: 1) características da firma; 2) as despesas de P&D financiados pela empresa; 3) medidas relacionadas com P&D e estratégia; 4) as despesas de P&D financiados por outros; 5) de recursos humanos de P&D; 6) propriedade intelectual, transferência de tecnologia e atividades inovadoras (esta última seção inclui perguntas semelhantes às perguntas do questionário da União Europeia, *Community Innovation Survey* (CIS), do Manual da OCDE, Eurostat Oslo). O CIS tem sido aplicado desde 1992 em 27 membros da União Europeia e pesquisas similares tem sido realizadas na maioria dos 34 países membros da OCDE. O Manual de Oslo distingue quatro tipos de inovação: inovação de produto, inovação de processo, inovação organizacional e inovação de

marketing, no entanto, o BRDIS não considera inovação organizacional ou de marketing.

2.1.5 Outras técnicas

De acordo com Link e Scott (2013), outras técnicas podem ser usadas para avaliar os programas, como os modelos de produtividade e o *benchmarking*. Os modelos de produtividade são casos especiais de modelos de desempenho e também são estimados com base em técnicas econométricas. Apoiam-se essencialmente na função de produção (Q), que é uma representação matemática da relação entre as saídas (*output*) e as entradas (*inputs*) para se gerar saídas, como por exemplo, trabalho (L), capital (K) e conhecimento técnico (T):

$$Q = F(L, K, T).$$

Sobre algumas hipóteses, o modelo pode ser derivado em função de T e dos investimentos em P&D para se encontrar a taxa de retorno destes investimentos. Este enfoque pode ser útil para análise de impactos se o modelo puder ser estimado para antes e depois da intervenção na mesma empresa. É mais comum que a análise de *benchmarking*, que envolve a comparação do desempenho da firma afetada pelo P&D público com as melhores práticas de outras firmas ou a outro padrão escolhido. (LINK; SCOTT, 2013)

2.2 Uma Alternativa: Metodologia BETA

Em geral, a literatura evolucionária sobre a avaliação dos programas tecnológicos, no setor aeroespacial e em indústrias e organizações de pesquisa diversas, mostra que tais programas podem ser avaliados pelos seus resultados diretos e indiretos (Bach, 1992; Furtado *et al*, 1999 e 2008; Furtado; Costa Filho, 2009; Hasegawa, 2005; Miranda, 2008; e Rocha, 2014). Os resultados diretos referem-se aos objetivos definidos em contrato e os resultados indiretos, referem-se aos *spinoffs*. Os *spinoffs* são novas combinações do conhecimento existente no programa, que transbordam para outras áreas e atividades gerando impactos positivos para a organização como um todo; tais como produtos imprevisíveis, novas tecnologias, mudanças organizacionais, novos métodos, novas técnicas, novas capacidades tecnológicas, etc. Os *spinoffs* são um fenômeno mais amplo do que o processo de transferência de tecnologia e podem gerar um impacto econômico tão ou mais importante do que a inovação esperada (BACH, 1992). De acordo com Furtado *et al* (2008), os *spinoffs* são o resultado do processo de aprendizagem, e derivam da sedimentação das capacidades tecnológicas das organizações.

Os *spinoffs* gerados durante um programa traduzem-se em novas capacidades tecnológicas que são relevantes para o progresso tecnológico no âmbito de empresas, regiões e de países. A avaliação destes resultados indiretos pode ser realizada utilizando os métodos de avaliação dos impactos de grandes programas desenvolvidos pelo *Bureau d'Economie et Théorique Appliquée* (BETA), que divide os resultados indiretos de um programa em quatro tipos resultados: efeitos tecnológicos, efeitos comerciais (e competitivos), efeitos organizacionais e efeitos sobre os recursos humanos (BACH, 1992).

A metodologia BETA foi inicialmente desenvolvida para capturar os efeitos indiretos resultantes de grandes investimentos no setor aeroespacial europeu (BACH, 1992). No Brasil, tem se mostrado muito útil para captar os efeitos dos investimentos em projetos de desenvolvimento de tecnologias específicas da indústria do petróleo (Furtado *et al*, 1999), do setor aeronáutico civil (Furtado; Costa Filho, 2009) e do setor aeroespacial (Rocha, 2014). Essa metodologia também foi empregada em projetos de P&D, como o programa de melhoria genética PROCANA (Hasegawa, 2005) e o programa de pesquisa e saneamento básico PROSAB (Furtado *et al*, 2008).

A metodologia BETA fornece uma ampla gama de variáveis que podem ser analisadas nos modelos de avaliação dos impactos de grandes programas. Os efeitos tecnológicos referem-se à transferência de conhecimento que não foi originalmente esperado (novos produtos, novos processos, serviços tecnológicos, patentes). Os efeitos comerciais identificam efeitos de rede a partir das relações entre participantes (laços de colaboração após o projeto, os efeitos da reputação, devido a um maior reconhecimento do projeto e visibilidade externa, certificado de qualidade); e os efeitos competitivos que resultam das novas parcerias e oportunidades oriundas da aprendizagem. Os efeitos organizacionais referem-se a marcas que o projeto deixou sobre a cultura da organização e na estrutura organizacional (habilidades na gestão de projetos, mudanças na estrutura organizacional, implementação de qualidade e de departamentos de pesquisa e desenvolvimento, novos métodos que foram transferidos para outras atividades). Os efeitos sobre os recursos humanos se relacionam com novas contratações, que foram feitas durante os projetos e com a melhoria na formação dos recursos humanos, além dos efeitos nos processos de aprendizagem durante a execução do projeto. (BACH, 1992)

Furtado *et al* (2008) e Urbina e Lima (2009) ajudam-nos a entender que é possível avaliar os programas através de seus impactos, os quais se manifestam a partir do fortalecimento de capacidades técnicas, organizacionais e tecnológicas. No caso de programas

de natureza tecnológica, as capacidades tecnológicas desenvolvidas pelo programa são aspectos chaves para avaliação dos investimentos realizados. Hasegawa (2005) vai além ao analisar o processo de criação de *spinoffs* e desloca a atenção para os resultados intermediários que são criados pelo programa. Estes resultados intermediários são precisamente as capacidades geradas que tornam os *spinoffs* possíveis.¹⁴

Hasegawa (2005) fornece uma tipologia de “capacitação”:¹⁵ 1) Capacitação organizacional: a capacidade da instituição se organizar internamente de forma a otimizar o processo de aprendizagem, aprofundar a base de conhecimento interno e ainda ser capaz de fazer alterações. 2) Capacitação relacional: capacidade de estabelecer e manter contatos com os atores externos para interagir, aprender coletivamente e trocar ativos tangíveis e intangíveis. Essa capacitação inclui a capacidade para disseminar o conhecimento, para escolher parceiros *know-who*, para codificar o *know-who* e para ganhar visibilidade e reputação. 3) Capacitação científica e tecnológica: capacidade de usar os conhecimentos científicos e tecnológicos para assimilar, utilizar, adaptar e mudar as tecnologias existentes; bem como desenvolver novas tecnologias, produtos e processos. Nesta capacitação, também se inclui a capacidade de absorção, ou seja, a capacidade de absorver conhecimento externo e usá-lo para o benefício da empresa.¹⁶

2.3 Lacunas e Oportunidades

A maioria das abordagens de avaliação de programas está centrada nos produtos discretos do programa ou da pesquisa. Se há interesse na capacidade criada pela pesquisa ou em seus impactos transformacionais, então as abordagens de custo-benefício ou taxa de retorno fornecem apenas informações limitadas. Elas raramente levam em consideração a mutabilidade dos produtos avaliados e as mudanças nas pessoas e instituições. As avaliações centradas no produto e nas saídas tendem a dar pouca atenção à geração de capacidade em

¹⁴ Hasegawa (2005) ocupou-se com o processo de criação de *spinoffs*. Para mensurar quais capacitações haviam sido geradas pelo programa, construiu uma tipologia das “capacitações” para dimensionar quanto das “capacitações” desenvolvidas se devia à execução do programa. Criou também uma lista de possíveis *spinoffs*, para o programa tecnológico da área agrícola PROCANA (este programa objetivava obter variedades produtivas ricas em sacarose, resistentes a pragas e doenças e que ainda apresentassem as adicionalidades das vantagens econômicas). Os dados da pesquisa foram obtidos por meio de entrevistas muito detalhadas com os pesquisadores do programa e seus gerentes. Urbina e Lima (2009) desenvolveram, a partir de Hasegawa (2005), um método de avaliação dos ganhos advindos de investimentos empresariais na capacitação em gestão de projetos de inovação.

¹⁵ Hasegawa (2005) não faz distinção entre os termos capacitação e capacidade e os usa como sinônimo de competência.

¹⁶ A categorização proposta por Hasegawa (2005) aproxima-se das funções da Matrix de Capacidades Tecnológicas de Lall (1992) e diferencia-se porque inclui funções organizacionais.

ciência e tecnologia e à capacidade de se produzir, de forma sustentada, o conhecimento e as inovações. (BONZEMAN; KINGSLEY, 2013)

“A avaliação econômica e a qualidade das avaliações tem progredido muito bem, no entanto, as técnicas para medir os impactos na sociedade ou os impactos na evolução tecnológica não têm avançado. Parte desta lacuna se deve às dificuldades para se construir as ferramentas analíticas para análise dos impactos sócio técnicos (Averch, 1991) Pesquisadores profissionais tem desenvolvido ferramentas poderosas de análise para medir os impactos econômicos da pesquisa, sofisticadas ferramentas bibliométricas para medir validamente os impactos dos resultados da investigação em áreas científicas e no curso da ciência, e as técnicas de revisão por pares continuam sendo refinadas e empregadas na avaliação dos projetos, programas e propostas. Mas, tem havido marcadamente pouco progresso na capacidade de medir diretamente, de forma sistemática, e validamente, os impactos da mudança sócio técnica. ” (BOZEMAN; KINGSLEY, 2013, p. 166)¹⁷

Apresentou-se, nas seções anteriores, a categorização dos métodos de avaliação proposta por Link e Vonortas (2013a): métodos econômicos (análise econômica dos impactos, métodos econométricos e seleção de portfólio de projetos de P&D), não econômicos (revisão por pares, painéis de especialistas, modelagem lógica, mapeamento de valor de pesquisa), híbridos (metodologia de análise de redes sociais, método de estimativa das emissões ambientais evitadas e dos benefícios para a saúde, e método de avaliação dos centros de pesquisa de cooperação) e *data driven* (bibliometria, análise de patentes e pesquisas de inovação).

Essas abordagens, geralmente, usam dados com um alto nível de agregação e buscam analisar as relações entre as variáveis-chave dos modelos propostos pela literatura econômica e assim medir os impactos causados por programas financiados por recursos públicos. Na verdade, essas abordagens são realmente muito importantes para a compreensão das questões envolvidas nas decisões políticas, no entanto, elas não são suficientes. Em alguns casos, como o dos países de industrialização tardia, elas não são muito indicadas, porque a maior parte dos dados utilizados para essa avaliação não estão disponíveis, tais como o número de patentes, que traduzam de fato o dinamismo do setor estudado, os dados antes e após a intervenção, bem como um grupo controle válido.

De acordo com Figueiredo (2008), a grande maioria das pesquisas sobre as implicações da política econômica sobre o desempenho da firma é baseada em estudos de dados agregados fornecidos pelos bancos de dados do governo, que não capturam as nuances e a variabilidade dos padrões de capacidade tecnológica das diferentes regiões, setores e firmas. Assim, segundo esse autor, estas abordagens tendem a generalizar a experiência

¹⁷ AVERCH, H. The practice of research evaluation in United States. **Research Evaluation**, 1(3), p. 130-136, 1991.

latino-americana e a ignorar a grande diversidade industrial existente e o complexo conjunto de impactos que existe nos países em desenvolvimento. Nesse sentido, é realmente necessário o desenvolvimento de outras estruturas de análises, uma vez que o processo de *catching up*, estimulado por políticas e programas públicos em países em desenvolvimento, com o intuito de buscar uma convergência com o nível de progresso econômico das economias mais desenvolvidas, envolve a acumulação de capacidades tecnológicas ao longo do tempo, a superação das barreiras de aprendizagem tecnológica e a absorção da tecnologia.

Os indicadores tradicionais de inovação tecnológica, comumente, usados em pesquisas oficiais, por exemplo, P&D interno, as compras externas de P&D, aquisição de máquinas e equipamentos, treinamento, desenhos industriais, preparações técnicas para a produção e distribuição, e outros como a proporção de gastos com P&D em relação ao PIB, a quantidade de patentes, a existência de laboratórios de pesquisa formalmente estruturados e a própria categorização proposta pela PINTEC sobre as atividades inovadoras (Bastos *et al*, 2003) não são suficientes para capturar o desenvolvimento tecnológico promovido pelos programas financiados pelo governo. De acordo com Figueiredo (2004 e 2008), tais indicadores não se concentram na base organizacional da empresa, a partir de um ponto de vista micro, onde de fato ocorrem os processos de inovação. Eles não capturam adequadamente que, as atividades inovadoras em países de industrialização tardia, aparecem nos departamentos de engenharia, qualidade e manutenção, uma vez que os laboratórios de P&D são raros nestes países.

Sato e Fujita (2009) também mencionam a dificuldade de se investigar a formação de capacidades de aprendizagem e das capacidades tecnológicas das firmas dos países de industrialização tardia, a partir de gastos em P&D ou do número de patentes. Os pesquisadores precisam do trabalho de campo para alcançar a realidade das firmas. Assim, considera-se que há muitas oportunidades na área de avaliação de programas públicos, para países como o Brasil.

Leão Rocha (2015) apresenta uma revisão da literatura que mostra resultados não conclusivos a respeito do impacto do apoio governamental para o P&D privado. Alguns estudos não encontraram impacto direto do suporte público sobre o investimento privado de P&D; outros estudos apontaram para importância do apoio público, sobretudo em relação às compras governamentais. No caso dos estudos de impactos para o Brasil (como Carrijo; Botello, 2013; Rapini *et al*, 2014; Avellar, 2009; Araujo *et al*, 2012; Kannebley; Porto,

2012),¹⁸ observaram-se resultados mistos da política de inovação sobre os gastos em P&D. Os números oficiais mostraram uma expressiva melhoria na política de inovação, em termos de uma maior oferta de fundos, inclusive dos recursos não-reembolsáveis e do enquadramento da política de inovação (instrumentos e regulamentos). As firmas que se candidataram aos fundos governamentais já haviam realizado atividades de inovação, de modo que a disponibilidade de recursos e o uso de novos instrumentos de política proporcionaram resultados positivos para essas firmas.

Leão Rocha (2015) utilizou os dados da PINTEC 2005 (13.575 firmas) e 2008 (14.355 firmas) sobre as firmas que receberam apoio público: incentivo fiscal – P&D e Lei de Informática, subvenção econômica, fundos para firmas, fundos de cooperação com universidades, fundos para a aquisição de máquinas e equipamentos, entre outros. O autor construiu um grupo controle com base nas mesmas empresas em diferentes períodos. O objetivo do trabalho era captar o estímulo do governo para o aumento do número de empresas que realizam atividades inovadoras e para aumento da intensidade dessas atividades. Foram selecionadas atividades que não ocorreriam sem o apoio público. Os resultados não deram suporte à hipótese de que o apoio governamental afetaria a intensidade de P&D nas firmas.

Esses resultados corroboram com a falta de compreensão sistemática das atividades de P&D dentro e fora da firma e enfraquece a profundidade da política pública. Figueiredo (2014, p. 74) afirma que:

“... Dever-se-ia incentivar os tomadores de decisão das economias em desenvolvimento a adotar uma abrangente visão das atividades de inovação e a colocarem a capacidade de inovação da firma no centro das políticas de inovação.”

¹⁸ CARRIJO, M.; BOTELHO, M. Cooperação e inovação: uma análise dos resultados do Programa de Apoio à Pesquisa em Empresas (Pappe). **Revista Brasileira de Inovação**, v. 12, n. 2, p. 417-447, 2013. RAPINI, M.; OLIVIERA, V.; SILVA NETO, F. A natureza do financiamento influencia na interação universidade-empresa no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 13, n. 1, p. 77-108, 2014. AVELAR, A. Impacto das políticas de fomento à inovação no Brasil sobre o gasto em atividades inovativas e em atividade de P&D das empresas. **Estudos Econômicos**, v. 39, n. 3, p. 629-649, 2009. ARAUJO, B.; PIANO, D.; DE NEGRI, F. CAVALCANTE, L.; ALVES, P. Impactos dos fundos setoriais nas empresas. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 11, número especial, p. 85-112, 2012. KANNEBLEY, S.; PORTO, G. **Incentivos à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação no Brasil: uma avaliação das políticas recentes**. BID, 2012. (Documento de discussão IDB-DP-236).

No caso dos impactos dos programas de defesa do COMAER sobre as firmas aeronáuticas brasileiras de pequeno e médio porte, há uma escassez de dados públicos agregados e não agregados. Não há dados sistematizados no COMAER e na Embraer sobre os impactos dos programas de defesa sobre o nível de acumulação de capacidades das firmas que participaram de programas de defesa. Então, é necessário desenvolver um modelo que possa capturar esses impactos, em termos do desenvolvimento de capacidades tecnológicas relevantes para o setor. Em face desse desafio, a Matriz de Acumulação das Capacidades Tecnológicas é uma maneira muito útil para descrever o processo de acumulação de capacidades tecnológicas (trajetórias) em firmas de países de industrialização tardia (Bell e Figueiredo, 2012; Figueiredo, 2001, 2002, 2003, 2005, 2008; Tacla e Figueiredo, 2003; Castro e Figueiredo, 2005; Ribeiro, 2009; Iammarino *et al*, 2008; Oliveira, 2005; Marques, 2011).

A Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas é uma abordagem no nível da firma, que permite: identificar os diversos setores tecnológicos da economia e a velocidade com que acumulam capacidades tecnológicas ao longo do tempo, bem como distinguir os setores e as firmas mais dinâmicos dos mais lentos, e assim, programar medidas e incentivos diferenciados para os diferentes setores, com a finalidade de promover o desenvolvimento das capacidades tecnológicas, em países de industrialização tardia (FIGUEIREDO, 2004 e 2008).

Segundo Figueiredo (2009), esta é uma abordagem complementar aos *Innovations Surveys*.

“Ambas são importantes para o desenho e implementação de estratégias empresariais e governamentais de inovação industrial, assim como para decisões de investimento em inovação. No entanto, uma perspectiva sobre o processo de acumulação de capacidades tecnológicas em empresas específicas de determinados setores industriais, como feito na abordagem baseada em tipos e níveis de capacidades tecnológicas em empresas, possibilita a identificação de nuances e detalhes altamente importantes para se obter uma visão com adequado nível de detalhe e profundidade.(...) tal abordagem torna-se de crucial importância como clarificadora, iluminadora e apoiadora do processo de desenho, redesenho, implementação, e ajuste de estratégias de desenvolvimento de capacidades tecnológicas em empresas de economias emergentes.” (FIGUEIREDO, 2009, p. 65)

Conforme apresentado pela revisão da literatura nas seções anteriores, as metodologias e os métodos para avaliação de programas tecnológicos apresentam um conjunto de lacunas e oportunidades, dentre as quais se destacam:

- 1) Escassez de indicadores ou métricas que capturem as inovações que ocorrem no âmbito dos processos empresariais relevantes para o segmento aeronáutico de interesse, resultantes da participação, direta ou indireta, em programas de defesa;

- 2) Escassez de abordagens que identifiquem e revelem para o segmento aeronáutico de interesse nesta Tese e, de uma forma simples, as funções chaves das empresas, com suas respectivas capacidades tecnológicas, para vários níveis de complexidade ou maturidade;
- 3) Escassez de trabalhos que analisem os impactos na trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas das empresas da cadeia aeronáutica de fornecedores, resultantes da participação em uma série de programas de defesa;

Em termos de contribuição, esta Tese pode oferecer:

- 1) Importantes *insights* acerca da trajetória de empresas que participaram de programas de defesa, de modo que essa relação possa ser potencializada em programas futuros;
- 2) Importantes *insights* acerca das funções chaves que podem direcionar o processo de acumulação de capacidades tecnológicas de pequenas e médias empresas de países de industrialização tardia, a partir de uma orientação estratégica e sistemática conduzida pelas próprias empresas;
- 3) Subsídios aos formuladores de política industrial para que apoiem a inserção das empresas nos mercados globais, reduzindo sua dependência em relação à Embraer;
- 4) Colaborar com o entendimento da dinâmica de inovação de um setor explicitamente nomeado como não inovador e categorizado em um nível básico sem possibilidades de evoluir;
- 5) Colaborar com o entendimento dos principais obstáculos enfrentados pelo setor estudado e oferecer *insights* para a atenuação destes obstáculos.

Assim, em termos de contribuição, esta Tese pode complementar os *Innovation Survey* normalmente utilizados para a análise das indústrias e aprofundar o entendimento de um segmento da indústria aeronáutica brasileira, expressivo em termos de número de empresas, e não muito estudado, que se encontra há muito tempo em um mesmo nível de complexidade tecnológica, o segmento de usinagem de peças aeronáuticas. Esse segmento encontra-se desconectado do Sistema de Inovação Aeronáutico Brasileiro que orbita em torno da Embraer.

Segundo Marques (2011), o Sistema de Inovação Aeronáutico Brasileiro desde seu início esteve vinculado ao desenvolvimento da Embraer e pouco tem contribuído para o desenvolvimento da cadeia de fornecedores no Brasil. A base de conhecimento para o desenvolvimento de aeronaves está concentrada na Embraer e parece estar pouco difundida entre as pequenas e médias firmas. Logo, pode-se apontar como válido o argumento de que o

Sistema de Inovação Aeronáutico Brasileiro está centrado na Embraer e as políticas e programas públicos têm visado fortalecer principalmente a Embraer, relegando a um plano de menor importância o desenvolvimento de capacidades tecnológicas de parte relevante da cadeia de fornecedores aeronáuticos brasileiros.

Assim, após a revisão da literatura acadêmica sobre avaliação de programas tecnológicos e considerando-se as lacunas e as oportunidades apresentadas percebe-se que para alcançar o objetivo previsto nesta Tese é necessário utilizar e adaptar outras abordagens metodológicas. Deste modo, para aprofundar a compreensão dos impactos tecnológicos de programas brasileiros de aquisição de aeronaves militares sobre o nível de acumulação de capacidades tecnológicas de um segmento específico da indústria aeronáutica brasileira, opta-se por utilizar a Teoria da Acumulação de Capacidades Tecnológicas. Nas próximas seções, é então apresentada a revisão da literatura acadêmica sobre este enfoque metodológico.

2.4 Referencial Teórico: A Teoria da Acumulação das Capacidades Tecnológicas

O objetivo desta seção é revisar brevemente a literatura sobre a Teoria da Acumulação das Capacidades Tecnológicas, identificando suas raízes teóricas, os principais conceitos e relações que a sustentam. Também são apresentados alguns exemplos significativos de aplicações de matrizes de acumulação de capacidades tecnológicas para indústrias brasileiras diversas, inclusive para o setor aeronáutico brasileiro.

2.4.1 Background teórico

O referencial teórico que permite perceber o que acontece e o que pode ser potencializado dentro da firma, em um contexto de economias de industrialização tardia, para a superação do subdesenvolvimento tecnológico, é a Teoria da Acumulação de Capacidades Tecnológicas. Ela vem preencher a lacuna apontada por Cabral (1987, p.212), quando afirmou, no final dos anos 80, que:

“Com poucas exceções, os economistas não têm feito qualquer tentativa de realizar estudos que tentassem descobrir o que realmente acontece quando se transforma inputs em outputs. Tem-se a exata impressão de que, mesmo sabendo se tratar de um assunto importante, as questões sobre como a firma adquire, implementa e desenvolve tecnologia não são devidamente estudadas”.

A filiação teórica da Teoria da Acumulação de Capacidades Tecnológicas alinha-se com a Economia Evolucionária que se iniciou com Penrose (1959).¹⁹ Edith Penrose percebia a firma como um repositório de recursos, que envolvia as capacidades específicas de cada firma. Essas capacidades são responsáveis por distinguir a firma perante as outras da mesma indústria, e um fator chave para o desempenho competitivo. Esta maneira²⁰ de perceber a empresa impulsionou uma série de pesquisas acerca da natureza do processo de mudança tecnológica, durante toda a década de 1980 e 1990, bem como um grande número de trabalhos empíricos.

Vários autores (Nelson e Winter, 1982; Rosenberg, 1982; Winter, 1988; Dosi *et al*, 1988, Freeman, 1994; Bell e Pavitt, 1993 e 1995; Nelson, 2001; entre outros)²¹ consideraram a firma em uma perspectiva evolucionária, como organizações dinâmicas que se adaptam e evoluem ao longo dos anos. A Teoria Evolucionária emergiu formalmente com Nelson e Winter (1982). Tal perspectiva é capaz de explicar a diversidade encontrada quando se investigam as atividades tecnológicas das empresas, mesmo quando estas evoluem sob as mesmas condições econômicas, e seus impactos sobre o desenvolvimento econômico das nações. Neste sentido, as escolhas da empresa, de natureza técnica e organizacional e no tocante aos modos de transferência de tecnologia ao longo da sua história, tornaram-se relevantes para a compreensão da trajetória tecnológica de firmas diversas. Estas escolhas, em última análise se traduzem em capacidades tecnológicas que foram acumuladas e em performance competitiva.

“A preocupação central da teoria evolucionária diz respeito aos processos dinâmicos que determinam conjuntamente os padrões de comportamento da firma e os resultados de mercado ao longo do tempo”. (NELSON; WINTER, 1982, p. 33)

¹⁹ Vale lembrar que muitos autores clássicos debruçaram-se sobre os benefícios da inovação para o aumento da competitividade das empresas e para o progresso industrial e econômico das nações, como Adam Smith, Karl Marx e Alex Toqueville. No entanto, foi Joseph Schumpeter, que trouxe a inovação para o centro do debate sobre o desenvolvimento econômico das nações, ampliando a abrangência do conceito de inovação (FIGUEIREDO, 2009). No âmbito da teoria econômica neoclássica ou *mainstream*, o desempenho da firma é preponderantemente analisado a partir da função de produção, a tecnologia é vista como uma variável externa, e as questões relacionadas ao aprendizado tecnológico, ao desenvolvimento de capacidades internas e às aptidões tecnológicas das empresas não são devidamente analisadas.

²⁰ Baseando em Joseph Schumpeter, Edith Penrose e Hebert Simon (FIGUEIREDO, 2009).

²¹ ROSENBERG, N. **Inside the Black Box**. Cambridge, Cambridge University Press, 1982. WINTER, Sidney G. On coase, competence and the corporation. **Journal of Law, Economics and Organization**. 4(1), p. 163-180, 1988. DOSI *et al*. **Technical Change and Economic Theory**. Printer Publishers, London and New York, 1988. NELSON, R. The role of firm differences in an evolutionary theory of technical advance. **Science and Public Policy**, 18(6), p. 347-352, 1991.

Na América Latina e posteriormente na Ásia, durante a década de 1970 e 1980, baseados em Penrose (1959) e na Teoria Evolucionária que se formava, iniciavam-se os primeiros estudos sobre a Teoria da Acumulação das Capacidades Tecnológicas, derivados de esforços de pesquisadores pioneiros como Jorge Katz (Katz, 1987), Martin Bell (Bell, 1982; Bell; Pavitt, 1993), Carl Dahlman (Dahlman; Ross-Larson; Westphal, 1987), Lall (Lall, 1982, 1987, 1992, 1994), entre outros.²² Tais estudos fizeram frente à escassez de trabalhos para explicar a realidade das economias de industrialização tardia. Os estudos que predominavam nos países desenvolvidos ocupavam-se das capacidades dinâmicas e enfatizavam a necessidade constante de renovação, haja vista o contexto no qual se inseriam as empresas: mudanças rápidas, incerteza, competição global, interdependência e o fato das empresas atuarem na fronteira do conhecimento tecnológico. As capacidades inovadoras já existiam e a preocupação recaía sobre o gerenciamento sustentável da inovação e da liderança competitiva. Deste modo, trabalhos acerca da trajetória das firmas não eram escassos. (FIGUEIREDO, 2001, 2009 e 2014)

Segundo Figueiredo (2009), durante os anos 1990 e 2000, uma nova geração de pesquisadores (Hobday, 1995; Kim, 1997; Lee, 2000; Dutrénit, 2000; Ariffin, 2000; Figueiredo, 2001, 2002, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010, 2014, entre outros),²³ refinou e expandiu os modelos analíticos da acumulação das capacidades tecnológicas e aplicaram em indústrias variadas.

2.4.2 O Aprendizado Tecnológico em Firms de Países de Industrialização Recente

De uma forma mais abrangente, de acordo com Lall (1992), a análise do desenvolvimento tecnológico no âmbito da firma parte do reconhecimento de que as firmas

²² KATZ, J. Domestic technology generation in LDCs: A review of research findings. In: KATZ, J. (Ed.) **Technology Generation in Latin America Manufacturing Industries**, Nova York: St Martin's Press, 1987. BELL, M. **Technical change in infant industries: a review of the empirical evidence**. Brighton, SPRU/University of Sussex, Mimeo, 1982. DAHLMAN, C.; ROSS-LARSON, B.; WESTPHAL, L. E. Managing technological development: Lessons from Newly Industrializing Countries. **World Development**, v. 15, no. 6, p. 759-775, 1987. LALL, S. Technological learning in the Third World: some implications of technology exports. In: STEWART, F. e JAMES, J (Eds). **The Economics of New Technology in Developing Countries**. London, Frances Pinter, 1982. LALL, S. **Learning to Industrialize: the Acquisition of Technological Capability by India**. Londres: Macmillan, 1987. LALL, S. Technological Capabilities. In: SALOMON, J. J. *et al.* (Eds.). **The Uncertain Quest: Science Technology and Development**, Tóquio: UN University Press, 1994.

²³ HOBDAY, M. **Innovation in East Asia: The Challenge to Japan**. Aldershot, Edward Elgar, 1995. DUTRÉNIT, G. **Learning and Knowledge Networks in the Firm. From Knowledge Accumulation to Strategic Capabilities**. Cheltenham, UK and Northampton, USA, Edward Elgar, 2000. ARIFFIN, N. **The Internalization of Innovative Capabilities: The Malaysian Electronic Industry**. D. Phil. Thesis, SPRU/University of Sussex, 2000.

não podem operar uma mesma função de produção e que o conhecimento tecnológico não é igualmente compartilhado entre as firmas, nem mesmo facilmente imitado ou transferido de uma firma para outra. A transferência de conhecimento requer aprendizado, porque inclui atividades tácitas, cujos princípios não são claramente compreendidos. O aprendizado tecnológico local demanda o envolvimento de elementos que só podem ser desenvolvidos na esfera doméstica. A aquisição de um equipamento no exterior não incorpora o conhecimento tecnológico e a transferência de conhecimento advinda dele não está expressa nas instruções ou patentes. As firmas necessariamente operam, não sobre uma função de produção, mas sim sobre o ponto do progresso técnico, construído a partir dos seus esforços, experiências e aptidões. A mudança tecnológica é então entendida como um processo contínuo de absorção ou criação de conhecimento técnico, originado a partir de *inputs* externos e da acumulação de aptidões e conhecimento.

Segundo Lee (2000), a empresa pode aprender se estiver diretamente envolvida na resolução dos problemas do seu maquinário, pode aprender a imitá-lo e até a reproduzi-lo, trilhando assim o caminho para que em pouco tempo possa alcançar um processo de inovação, a partir de uma adaptação original ou do lançamento de um produto inteiramente novo. Lee (2000) analisou o processo de aprendizado ocorrido na Coreia do Sul por meio de empresas usuárias de bens de capital, ou seja, das empresas que iniciaram seu aprendizado tecnológico por meio da utilização do equipamento. O modelo asiático mostrou que tais iniciativas foram reforçadas por políticas governamentais que conferiam suporte a estratégia das empresas: facilidade na importação de máquinas e equipamentos, estímulos à aquisição de licenças, orientação exportadora (facilidades para exportar e alinhamento com as indústrias globais), apoio financeiro, apoio de infraestruturas, estímulo ao ensino técnico e superior, etc.

A utilização constante do equipamento e as pressões por aumento de produção expuseram as empresas a inúmeros problemas técnicos que elas tiveram que solucionar. A busca orientada por soluções ensejou atividades de aprendizado em relação à tecnologia dos bens de capital (consertos, imitações, modificações, projetos próprios) que puderam convergir em processos de inovação. No estudo de caso, foram observados exemplos nos quais a primeira etapa de aprendizado baseou-se na engenharia reversa, passando à assimilação de tecnologias estrangeiras e finalmente ao projeto independente e diversificado (caso da empresa Hyundai: acumulou aprendizado para produzir suas próprias máquinas, por meio de acordos de licenciamento e de treinamento de mão-obra no exterior, o que diminuiu o tempo do aprendizado e conferiu rapidez na assimilação das tecnologias). (LEE, 2000)

Em outro caso, da empresa Shinpoong Paper, houve aprendizado por observação e imitação, desenvolvimento próprio da primeira fábrica (maquinário de segunda mão importado do Japão e *layout* próprio), desenvolvimento da segunda fábrica com parceria local para produção dos equipamentos (projeto próprio com desenvolvimento de fornecedor doméstico) e desenvolvimento da terceira fábrica em escala internacional (um fabricante local desenvolveu o sistema sob supervisão da empresa). Ressalta-se que a empresa foi estimulada a envolver um fabricante local em função de um programa governamental que concedia financiamento preferencial aos compradores de bens de capital produzidos no país. (LEE, 2000)

Kim e Nelson (2000) também buscaram identificar como os países de economias recentemente industrializadas (Coreia do Sul, Taiwan, Cingapura e Hong Kong) passaram de países subdesenvolvidos de baixa renda para países industrializados de renda média. Tais países apoiaram-se em uma estratégia de industrialização inicial a partir da cópia de *design*, adaptação criativa, salto tecnológico e imitações criativas. As cópias de *design* imitam os líderes de mercado, mas com marca e especificações de engenharia próprias. A adaptação criativa cria um novo produto a partir de um produto já existente. O salto tecnológico beneficia o ingressante tardio que possui uma compreensão mais exata do mercado e utiliza a tecnologia de uma forma diferente do inovador original. A imitação criativa gera produtos imitativos, mas com características distintas de desempenho. Em síntese, os países de economia recentemente industrializadas passaram de imitadores e de criadores efetivos à inovadores.

O desenvolvimento tecnológico pode ocorrer em um determinado processo de aprendizado em diversos graus de profundidade, como por exemplo, o *know how* e *know why*. O aprendizado não acontece de forma isolada, ele está repleto de externalidades e interconexões. No nível do *know how*, a empresa é capaz de reproduzir um determinado produto ou processo, mas está incapacitada de prosseguir seu caminho evolutivo pela falta de capacidades técnicas. No nível do *know why*, existe a possibilidade de a empresa capacitada ir além e inovar por si mesma, pois já absorveu o conhecimento essencial do processo.

Segundo Cabral (1987), é possível analisar o processo de inovação tecnológica em uma empresa através das etapas de aprendizado tecnológico. Não existe uma sequência única, mas a experiência dos países em desenvolvimento tem revelado a regularidade de algumas etapas. De acordo com a classificação proposta por Leitão (1985), têm-se as seguintes etapas para inovação em métodos:

- 1) Importação de tecnologia (sem assimilação da caixa preta);
- 2) Domínio da tecnologia no nível operacional (*learning by doing*);
- 3) Desempacotamento tecnológico (atividades de engenharia básica e pesquisa)
- 4) Cópia da tecnologia;
- 5) Adaptação e modificação para outros fins (*know why*);
- 6) Novas tecnologias (inovação absoluta);
- 7) Exportação da tecnologia.

Para a inovação no produto, tem-se:

- 1) Importação do projeto (desenhos e processos);
- 2) Adaptação do projeto e dos processos às condições particulares de uma operação de mercado;
- 3) Projeto próprio em nível tecnológico próximo;
- 4) Concepção original (projeto e processo) na mesma faixa operacional e de mercado;
- 5) Concepção original em um novo domínio operacional.

Para Leitão (1985), nos países em desenvolvimento, o processo de inovação baseia-se na inovação relativa ou secundária, ou seja, naquela que resulta da adaptação de tecnologias já existentes para outros mercados ou outras matérias-primas.

“Esse é o caminho normal, seguido pelos países em desenvolvimento até que sua capacitação atinja tal nível que o permita enveredar pelo caminho das inovações absolutas.” (LEITÃO, 1985, p 126)

Segundo Lall (2000), o processo de mudança técnica nos países desenvolvidos apoiou-se muito mais na obtenção e aperfeiçoamento de aptidões tecnológicas do que nas inovações da fronteira tecnológica, o êxito industrial dependeu significativamente da adequada administração dos processos de aprendizado tecnológico. Para o autor, o principal problema dos países em desenvolvimento está em dominar, adaptar e aperfeiçoar os conhecimentos e equipamentos importados. O que preponderantemente depende de elementos tácitos que somente podem ser desenvolvidos localmente, isto é, que envolvam o aprendizado local. O aprendizado requer esforços deliberados, intencionais e crescentes. Tal processo deve situar-se na instalação produtiva e estar incorporado ao contexto institucional e organizacional da firma.

Segundo Figueiredo (2004), a aprendizagem deve ser entendida como o conjunto de processos pelos quais os conhecimentos técnicos (tácitos) se transformam em sistemas físicos, processos, procedimentos, rotinas, produtos e serviços. E que permite a organização acumular capacidade tecnológica ao longo do tempo. De acordo com Teece (2000), o aprendizado é um processo de experimentar, realimentar e avaliar. A repetição e a experimentação permitem que as tarefas sejam eficientemente desempenhadas e que as novas oportunidades de produção sejam identificadas. Neste processo, embora as habilidades individuais sejam relevantes, seu valor depende de seu emprego em cenários organizacionais específicos.

“Os processos de aprendizado são intrinsecamente sociais e coletivos” (TEECE, 2000, p. 154-155).

2.4.3 Processos ou mecanismos subjacentes de aprendizado

De uma forma mais específica e detalhada com vistas ao levantamento de informações de empresas em trabalho de campo, Figueiredo (2001 e 2002) identificou os processos por meio dos quais as empresas adquirem conhecimentos técnicos, sejam eles externos e internos, segundo as características de variedade, intensidade, funcionamento e interação. Têm-se os seguintes processos ou mecanismos subjacentes de aprendizagem: aquisição externa de conhecimento, aquisição interna de conhecimento, socialização de conhecimento e codificação do conhecimento. No processo de aquisição de conhecimento externo, os indivíduos adquirem conhecimento tácito e codificado fora da firma, é uma forma de alavancagem, na qual as firmas de economias de industrialização tardia executam sua estratégia de *catching-up*. A eficácia de tal estratégia depende da capacidade das firmas em criar uma base organizacional que possibilite a assimilação e absorção deste conhecimento externo e isto se refere à própria capacidade de adquirir conhecimento internamente.

No processo de aquisição de conhecimento interno, os indivíduos adquirem conhecimento tácito e codificado dentro da firma, em atividades rotineiras ou de inovação (aprender fazendo, aprender por treinamento, aprender por busca, aprendendo por pesquisa, construção de sistemas próprios, etc), o que possibilita aos indivíduos entenderem os mecanismos subjacentes da tecnologia, que são elementos chaves nos processos de produção e gerenciamento. Nos Processos de conversão do conhecimento, a socialização do conhecimento é obtida a partir do compartilhamento do conhecimento tácito de modo formal

ou informal. O que é feito por meio de reuniões, solução compartilhada de problemas, rotação de funções e espaços compartilhados, etc. A codificação do conhecimento ocorre a partir da codificação do conhecimento tácito. O conhecimento torna-se uma informação acessível que pode ser transmitida aos agentes de decisão, através da padronização de documentos e procedimentos, seminários, etc.

As características de variedade, intensidade, funcionamento e interação desses processos definem o sucesso ou o fracasso das empresas na construção e no desenvolvimento de suas capacidades tecnológicas ao longo da sua trajetória. Quanto mais conscientes e intencionais forem estes processos, maiores as possibilidades de ensejarem um comportamento inovador no futuro. Na característica variedade, é observada a diversidade de processos de aprendizado dentro da firma; na característica intensidade, o nível de repetição desses processos; na característica funcionamento, a forma como as empresas organizam seus processos de aprendizado, mesmo sendo um processo contínuo ele pode ser deficiente, o funcionamento pode aumentar e/ou diminuir a variedade e a intensidade. Na característica interação, a forma como os processos de aquisição de conhecimento interage com os de conversão determinam se a capacidade será construída ou não. (FIGUEIREDO, 2009)

Segundo Figueiredo (2005), para se atingir os níveis de inovação próximos daqueles alcançados por empresas de países tecnologicamente avançados é necessário priorizar a gestão da acumulação de capacidades tecnológicas, somando-se esforços intencionais e contínuos de aprendizado no âmbito das empresas, associados a diferentes estratégias governamentais, que convergem para apoiar e estimular o desenvolvimento tecnológico nas indústrias.

“A intensificação da globalização e da liberalização comercial não elimina a necessidade de intervenções governamentais à base de desenho e implementação de estratégias para suportar, direta e indiretamente, a acumulação de capacidade tecnológica industrial. (...) em termos de estratégia industrial, a questão-chave é não apenas calibrar o grau de incentivos a empresas – para a compra de máquinas e equipamentos ou para exportação, por exemplo (abordagem estática) – mas também estimular que um grande número de empresas se mova, com adequada velocidade, para a acumulação de níveis inovadores de capacidade tecnológica por meio de um contínuo processo de aprendizagem (abordagem dinâmica).” (FIGUEIREDO, 2005, p. 66)

2.4.4 Conceitos Importantes

2.4.4.1 Capacidade tecnológica

As capacidades tecnológicas são originalmente definidas de forma ampla por Bell e Pavitt (1993) como os recursos necessários para criar e gerenciar a mudança tecnológica, o que inclui habilidades, conhecimento, experiências e estruturas institucionais e de ligação que ocorrem dentro das empresas, entre as empresas e no ambiente externo a elas. Tais capacidades possuem natureza difusa, complexa, abrangente, e se incorporam e acumulam nos indivíduos (por meio das aptidões, conhecimentos e experiências), e nos sistemas organizacionais (por meio das rotinas e procedimentos). A capacidade tecnológica ainda é intrínseca ao contexto da firma, da estrutura institucional e da localização geográfica.

Segundo Figueiredo (2004, p. 329-330), a capacidade tecnológica é armazenada (acumulada) em quatro componentes:

- 1) Sistemas técnicos físicos (capital físico): máquinas, equipamentos, sistemas baseados em tecnologia da informação, *softwares*, plantas de manufatura;
- 2) Conhecimento e qualificação das pessoas (capital humano): conhecimento tácito, experiências, habilidades que são adquiridas ao longo do tempo e pela qualificação formal;
- 3) Sistema organizacional (capital organizacional): conhecimentos acumulados nas rotinas organizacionais e gerenciais da empresa, nos procedimentos, instruções, documentação, técnicas de gestão, fluxos de produção, modos de fazer;
- 4) Produtos e serviços: é a parte mais visível da capacidade tecnológica, reflete o conhecimento tácito das pessoas e da organização e os seus sistemas físicos e organizacionais, como atividades de desenho, desenvolvimento, prototipagem, teste, produção e parte da comercialização.

A capacidade da empresa para criar, adaptar, gerir e gerar esses quatro componentes e a interação entre eles, é o que, de fato, de forma mais visível, se denomina capacidade tecnológica ao nível da firma. Existe ainda um grau de importância e prioridade entre esses quatro componentes: o capital humano e o organizacional se sobrepõem aos sistemas físicos e produtos e serviços (FIGUEIREDO, 2009).

“Trata-se de um ativo cognitivo ou base de conhecimento muito próprio de cada uma das empresas e que reflete o conhecimento tácito de seus engenheiros, gerentes, técnicos e operadores, de seus conhecimentos codificados e tácitos impregnados em suas rotinas organizacionais, procedimentos, manuais de instrução, técnicas gerenciais, estruturas organizacionais e gerenciais, sistemas técnicos-físicos, instalações, do processo de projetar, desenvolver e aprimorar seus produtos e

serviços, mas também seus valores e normas (jeito como as coisas são feitas) da empresa.” (FIGUEIREDO, 2009, p. 23)

“É então a partir da construção e acumulação de capacidade tecnológica que uma empresa poderá ou não realizar, de maneira independente, atividades uso/operação de tecnologias e de sistemas de produção existentes (capacidades de operação ou produção) e/ou atividades para modificar tecnologias e sistemas de produção existentes ou mesmo para gerar novas tecnologias e novos sistemas de produção de bens e serviços (capacidades tecnológicas inovadoras). Estas últimas poderão variar de pequenas adaptações até atividades mais sofisticadas, podendo evoluir para geração de sua própria tecnologia (...).” (FIGUEIREDO, 2009, p. 24)

As capacidades de inovação envolvem a mobilização dos recursos da empresa para as atividades de inovação. As capacidades de produção se restringem à mobilização dos recursos para se produzir bens industriais a um nível dado de eficiência e insumos (equipamentos, habilidades, especificações, métodos e sistemas organizacionais). Esta diferenciação possibilita *insights* relevantes ao desenvolvimento e aprofundamento das capacidades tecnológicas que possibilitam a mudança tecnológica, e podem ser muito úteis no delineamento das políticas setoriais de incentivo à inovação.

Acumular capacidades tecnológicas é a tarefa mais crítica para as economias de industrialização tardia, uma vez que elas iniciam suas atividades a partir da tecnologia importada. Neste estágio inicial, muitas vezes as firmas ou países não dispõem sequer das capacidades tecnológicas básicas de produção. Neste cenário, devem ser reforçadas as questões referentes ao aprendizado tecnológico. Trata-se, portanto de um processo evolutivo, cumulativo e com esforços deliberados de aprendizagem. (FIGUEIREDO, 2004)

A acumulação de capacidades tecnológicas (FIGUEIREDO, 2009), ou a acumulação tecnológica ou ainda o aprendizado tecnológico (BELL; PAVITT, 1993) é o processo pelo qual as capacidades tecnológicas são aumentadas ou fortalecidas. Este processo tende a ser cumulativo ao longo de uma trajetória de longo prazo, na qual o aprendizado passado reforça o estoque de conhecimento existente e a expertise, e contribui para o direcionamento da mudança tecnológica. Segundo Figueiredo (2009), possibilita impacto no desempenho técnico da empresa (aumento de produtividade, melhoria de qualidade de processos e produtos, redução de custos, entre outros), e não somente:

“... (n)a performance distintiva no mercado, mas (na) liderança de mercado, nacional e internacional, (na) superioridade econômica e, também, mais força política para empresas, países e regiões.” (p. 25)

As capacidades tecnológicas de produção e de inovação ainda variam segundo diferentes níveis de complexidade: níveis básico, intermediário e avançado. Em estudos mais

detalhados, são categorizados vários graus intermediários que refletem a realidade da indústria que está sendo analisada.

2.4.4.2 Inovação

O conceito de inovação adotado nesta Tese é mais abrangente que o conceito de mudança tecnológica proposto por Bell e Pavitt (1993). Mudança tecnológica, segundo estes últimos autores, é qualquer processo no qual a tecnologia²⁴ é incorporada à capacidade de produção de firmas e países. E se diferencia em dois tipos: o primeiro tipo envolve a incorporação de nova tecnologia através de um novo investimento, e o outro tipo engloba mudanças incrementais na produção existente. No entanto, para definir inovação, foi adotado o conceito ampliado e propagado por Figueiredo (2009) a partir de referências importantes da literatura que tem como foco a mudança tecnológica: Schumpeter (1911 e 1942), Rosenberg (1982), Nelson e Winter (1982), Freeman (1987), Dosi *et al* (1988), Lundval (1992), Nelson (1993), Cooke (2001), Malerba (2002) e OCDE, 2005.²⁵ Assim, o conceito de inovação adotado na presente Tese abrange:

“... (i) a implementação de mudança em produtos/serviços, processos, e sistemas organizacionais e gerenciais – da iniciação à adaptação da menor para avançada – que são novos no contexto do local, e não necessariamente novos para o mundo, (ii) bem como o desenho e o desenvolvimento de novos sistemas globais. Assim a inovação consiste em um processo contínuo e não em simples episódios. Tal processo envolve a resolução de problemas de diferentes tipos de atividades, bem como estoque de capacidades e processos de aprendizagem específicos às empresas. Estes, por sua vez, são afetados pela natureza do contexto institucional em que elas nascem e crescem.” (FIGUEIREDO, 2009, p. 32 e 34)

Ou seja, Figueiredo (2009) define inovação com um amplo espectro de atividades que abarcam diferentes níveis de inovação, o que parece estar mais próximo da realidade das inúmeras atividades que acontecem nas empresas, conforme figura abaixo.

²⁴ Tecnologia: corpo específico de conhecimento fortemente associado à engenharia, que é retido em pessoas e organizações, apenas parte deste conhecimento é codificado. É adquirido por pessoas e organizações na resolução de problemas específicos da empresa e está em grande parte em um estado não codificado, tácito. (FIGUEIREDO, 2009)

²⁵ ROSENBERG, N. **Inside the Black Box**. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. FREEMAN, C. **Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan**. London: Francis Pinter, 1987. DOSI, G. The nature of innovative process. In: DOSI, G. *et al*. **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter Publishers, 1988. LUNDVALL, B. (Ed.) **National System of Innovation: towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. London: Francis Pinter, 1992. NELSON, R. R. **National System: A Comparative Analysis**. Oxford: Oxford University Press, 1993. COOKE, P. Regional innovation system, clusters and the knowledge economy. **Industrial and Corporate Change**, v 10, n. 4, 2001. MALERBA, F. Sectorial system of innovation and production. **Research Policy**, v. 31, p. 247-264, 2002. ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Governance in Transition. Public Management Reforms in OECD Countries**. Paris: OCDE, 1995.

“Há indicações de diversos tipos de atividades não relacionadas a P&D realizadas em diversos outros tipos de unidades organizacionais dentro empresas inseridas em economias de industrialização tardia. Estas podem ser vistas como condições prévias para realização de atividades inovadoras de níveis mais elevados, baseados, por exemplo, em P&D e atividades da patente.” (FIGUEIREDO, 2009, p. 35)

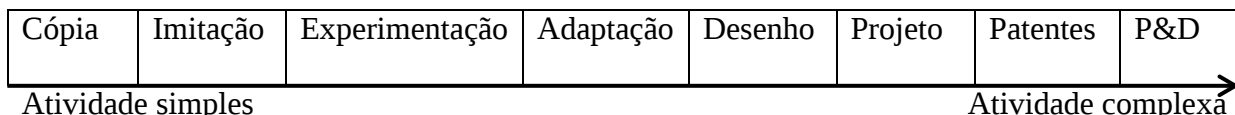


Figura 2.1 Conceito de Inovação segundo um amplo espectro de atividades que abarcam diferentes níveis de inovação.

Fonte: Figueiredo (2009, p. 35).

O que está de acordo com a definição de atividades inovadoras do Manual de Oslo, embora ainda possua um caráter mais abrangente que o do Manual (UNESCO, 2015 *apud* Oslo Manual, p. 15 e p. 17):

“As atividades de inovação são todas as etapas científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais que conduzem, ou pretendem conduzir, à implementação de inovações. Algumas atividades de inovação são inovadoras, outras não são atividades novas, mas são necessárias para a implementação de inovações. As atividades de inovação incluem também a P&D que não está diretamente relacionada com o desenvolvimento de uma inovação específica.” (Manual de Oslo §149)

“As atividades inovadoras de uma empresa dependem em parte da variedade e da estrutura de suas conexões com fontes de informação, conhecimento, tecnologias, práticas e recursos humanos e financeiros.” (Manual de Oslo §252)

2.4.4.2.1 Technology Readiness Level

Technology Readiness Level (TRL) é um sistema de medidas muito usado pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) para avaliar o nível de maturidade de uma tecnologia em particular. Existem nove níveis, o TRL 1 é o mais baixo e o TRL 9 é o nível mais elevado. No nível TRL 1, a pesquisa científica está apenas começando e seus resultados dão origem a novas pesquisas e ao desenvolvimento. O nível TRL 2 é ainda muito especulativo. No nível TRL 3, é iniciado a pesquisa ativa e o planejamento, o que requer estudos analíticos e laboratoriais para checar a viabilidade da tecnologia e se é possível iniciar as atividades de desenvolvimento. No nível TRL 4, é alcançado o *proof-of-concept technology*, e onde todos os componentes são testados. O TRL 5 é uma continuação do 4, em termos mais rigorosos. As simulações ocorrem em ambientes muito próximos da realidade. No nível TRL 6, a tecnologia está expressa em termos de um protótipo ou de um modelo

representacional. O nível TRL 7 requer que o modelo ou o protótipo seja testado em um ambiente espacial. No TRL 8, a tecnologia é tida como qualificada pelo teste de voo e está pronta para implementação. Somente quando a tecnologia foi testada com sucesso é que alcança o TRL 9.²⁶

Esse tipo de abordagem é muito comum em atividades de desenvolvimento tecnológico do setor aeroespacial, que ocorrem sobre parâmetros muito complexos e avançados, no nível da fronteira tecnológica. Contudo, este não é o caso do segmento industrial analisado na presente Tese, por isso optou-se por uma abordagem em níveis de complexidade que pudessem representar a realidade das pequenas e médias firmas analisadas, e o amplo espectro de atividades que abarcam diferentes níveis de inovação, em diferentes graus.

2.4.4.3 Sistema Nacional de Inovação

Freeman (1995) ressalta a importância dos sistemas nacionais e regionais de inovação, uma vez que fornecem uma rede de relações que permitem às empresas inovarem. Fazem parte desse sistema: o sistema nacional de educação, as relações industriais, as instituições técnicas e científicas, as políticas governamentais, a tradição cultural do país, dentre outras instituições nacionais. Exemplos históricos como Alemanha, Japão, países do leste asiático e países latino-americanos ilustram bem esse conceito. Estudos em diversos países, em várias décadas, têm apontado que o sucesso das inovações, a sua taxa de difusão e os ganhos associados à produtividade dependem de uma grande variedade de outras influências, que vão além da P&D formal e das relações entre firmas. Conexões externas com o sistema de ciência e tecnologia do país têm se mostrado decisivas para as inovações radicais.

Em uma comparação entre os países do leste asiático e os países latino-americanos, Freeman (1995) observou que o sistema educacional na América Latina se deteriorava, apresentando um pequeno número de engenheiros; enquanto que nos países do leste asiático a educação universal se expandia, apresentando uma elevada proporção de engenheiros. A importação de tecnologia estava associada às iniciativas locais e a um nível crescente de P&D, nos países do leste asiático; enquanto que nos países latino-americanos, observou-se transferência de tecnologia, principalmente dos EUA, com baixo nível de P&D associado e pouca integração com transferência de tecnologia. A porcentagem de P&D industrial situava-

²⁶ https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html (acesso 29/12/2016)

se acima de 50%, nos países do leste asiático; nos países latino-americanos, essa porcentagem era abaixo de 25%.

Nos países do leste asiático, observou-se o desenvolvimento de uma forte infraestrutura de ciência e tecnologia com grandes conexões com o P&D industrial; nos países latino-americanos, fraca infraestrutura e fracas conexões com a indústria. Os países do leste asiático receberam grandes investimentos do Japão e também forte influência do modelo de gestão japonês; os países latino-americanos apresentaram uma taxa decrescente de investimento dos EUA e um baixo nível de integração com redes internacionais de tecnologia. Os países do leste asiático apresentaram um forte e rápido crescimento da indústria de eletrônicos, associado com elevadas exportações e grande acesso aos mercados, o que gerou um grande aprendizado para as empresas; os países latino-americanos apresentaram uma fraca indústria de eletrônicos, com baixas exportações associadas.

Assim, é possível afirmar que a abordagem do Sistema Nacional de Inovação fornece um ferramental de pesquisa bastante interessante para o escopo da presente Tese, no entanto, optou-se por uma abordagem no nível da firma que possibilitasse a modelagem de funções tecnológicas que pudessem ser impactadas por programas públicos e a recuperação histórica dos programas de defesa do COMAER.

2.4.4.3.1 Sistema Setorial de Inovação e de Produção

Malerba (2002) apresenta o conceito de Sistema Setorial de Inovação e de Produção como um sistema multidimensional, integrado e que fornece uma visão dinâmica do setor. Este sistema é composto por organizações e indivíduos, possui uma base de conhecimento específico e seus agentes interagem através de relações moldadas por instituições. As organizações podem ser firmas (produtores e fornecedores), universidades, instituições de financiamento, agências do governo, *trade-unions*, associações técnicas, departamentos de produção e de P&D de grandes organizações, organizações de classe da indústria, consórcios, entre outras. As interações ocorrem por meio de processos de comunicação, troca, cooperação, competição e comando, que são moldadas pelas regras e regulamentos das instituições.

O Sistema Setorial de Inovação se transforma ao longo do tempo, por meio da evolução de seus vários elementos. Este conceito é de origem evolucionária e transforma-se a partir dos aspectos chaves do Sistema de Inovação desta abordagem. Os elementos básicos de um Sistema Setorial de Inovação são: produtos, agentes, conhecimento e processos de

aprendizado, tecnologia básica, entradas, demanda e conexões relacionadas e complementares. A base de conhecimento da inovação difere ao longo dos diferentes setores e afeta fortemente as atividades inovadoras das organizações e indivíduos do setor em estudo. As conexões desse sistema incluem interdependências verticais ou horizontais com setores relacionados e a emergência de uma nova demanda da demanda existente. As interdependências e complementariedades definem a real fronteira do sistema setorial. (MALERBA, 2002)

Este tipo de abordagem, segundo Marques (2011), privilegia o estudo dos atores, estruturas, redes, fluxos de conhecimento, habilidades, características empreendedoras, proximidade, limites geográficos, aspectos chave para o dinamismo e a evolução dos setores. Marques (2011) faz uma recuperação dos elementos constituintes, dos fluxos existentes e das principais fases históricas do que ela denominou Sistema de Inovação do Setor Aeronáutico Brasileiro.

“Torna-se importante salientar que a facilidade de acesso ao conhecimento específico poderá reduzir ou ampliar a concentração industrial. O acesso ao conhecimento externo, relacionado aos níveis e às fontes de oportunidades científicas e tecnológicas, afeta o comportamento inovador das empresas pela influência que exerce nos colaboradores. Esta influência contribuirá para o desenvolvimento da capacidade de inovação da empresa, e, possivelmente, do setor, conforme a experiência e formação profissional de cada colaborador, os mecanismos de aprendizagem e a estrutura organizacional da empresa para a absorção e transformação do conhecimento em inovação.” (MARQUES, 2011, p. 64)

Marques (2011) ainda enfatiza que a participação de pequenas e médias empresas em programas governamentais pode estimular a renovação da base de conhecimento existente nessas empresas e incentivar o desenvolvimento de capacidades específicas, o que ocorre por meio de dois modos: relação entre firmas e relações com ICT. A presente Tese evolui para a verificação empírica desta hipótese em um segmento específico do setor aeronáutico brasileiro que tem participado ao longo dos últimos 40 anos de uma série de programas de aquisição de aeronaves militares do COMAER.

2.5 Modelo em Estágios: Conceitos e Aplicações da Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas em Indústrias Diversas

O Modelo Descritivo de Acumulação de Capacidades Tecnológicas (Figueiredo, 2009) ou Modelo em Estágios (Vértesy, 2011) foi amplamente disseminado a partir do artigo de Lall (1992). Lall (1992) baseou-se em Katz (1984 e 1987), Dahlman, Ross-Larson e

Westphal (1987) e Lall (1987)²⁷ e denominou-o de Matriz de Capacidades Tecnológicas. Essa matriz é uma forma de se categorizar e avaliar as capacidades tecnológicas das firmas segundo funções específicas e um grau indicativo de complexidade. Nas colunas da matriz, são dispostas as principais funções que devem ser internalizadas pela firma para que se obtenha sucesso comercial em uma determinada operação. Nas linhas, são dispostos os graus de complexidade (básico, intermediário e avançado). Esses graus são apenas indicativos, haja vista a dificuldade de se julgar *a priori* se uma função é simples ou complexa. A matriz não apresenta uma sequência exata do aprendizado tecnológico e as funções apresentadas também não exaurem todas possibilidades de funções (LALL, 1992).

A matriz de Lall (1992) foi construída segundo três grandes categorias de capacidades, abaixo das quais se estabelecem as principais funções: capacidades de investimento, capacidades de produção e capacidades de ligação com a economia. As funções estabelecidas explicitam o que a empresa precisa de fato dominar para alcançar determinado nível tecnológico. A matriz permite identificar e categorizar a capacidade tecnológica a partir das atividades que a firma está apta a realizar ao longo de sua existência. Segundo Lall (1992), as capacidades de investimento referem-se às aptidões necessárias para se identificar, preparar e obter uma tecnologia. As capacidades de produção estão relacionadas às qualificações básicas das operações de controle de qualidade, operação e manutenção e às qualificações mais avançadas de adaptação, melhoria ou inovação. As capacidades de ligação referem-se às qualificações para transmitir informações, habilidades e tecnologias.

Bell (1995) estabeleceu uma categorização na qual pode se observar a diferenciação entre capacidades básicas de produção – para o uso das técnicas de produção já estabelecidas – e capacidades tecnológicas, cujo objetivo é criar e gerenciar a mudança técnica, segundo os níveis básico, intermediário e avançado. Nas colunas da matriz, proposta por Bell (1995), estão dispostas as seguintes funções: Atividades de Investimento (Facilidades ao Usuário para Tomada de Decisão e Controle e Preparação do Projeto e Implementação), Oferta de Bens de Capital, Atividades de Produção (Processos e Organização da Produção e *Production-Centred*) e Atividades e Ligação. A matriz apresenta o que é possível ser realizado nos

²⁷ KATZ, J. Domestic technological innovation and dynamic comparative advantage: further reflections on comparative case study program. **Journal of Development Economics**. Vol. 16, n. 1, p. 13-38, 1984. KATZ, J. Domestic technology generation in LDCs: A review of research findings in KATZ, J. (Ed.) **Technology Generation in Latin America Manufacturing Industries**, Nova York: St Martin's Press, 1987. DAHLMAN, C.; ROSS-LARSON, B.; WESTPHAL, L. E. Managing technological development: Lessons from Newly Industrializing Countries. **World Development**, v. 15, no. 6, p. 759-775, 1987. LALL, S. **Learning to Industrialize: the Acquisition of Technological Capability by India**. Londres: Macmillan, 1987.

diferentes níveis do desenvolvimento tecnológico. A ênfase do modelo é direcionada para os diferentes tipos de capacidades da engenharia necessários para realizar o investimento, para construir o maquinário, desenvolver os produtos e estreitar o relacionamento com as fontes externas de tecnologia.

Figueiredo (2001 e 2002) foi responsável por operacionalizar empiricamente a Matriz de Capacidades Tecnológicas e foi além ao conectar formalmente a evolução dos estágios da matriz aos mecanismos adjacentes de aprendizagem que dão suporte à acumulação das capacidades tecnológicas. Os autores evolucionários enfatizavam fortemente as questões relacionadas ao aprendizado tecnológico, mas foi Figueiredo (2001 e 2002) que estabeleceu um robusto modelo analítico que pode ser aplicado em diferentes indústrias.²⁸ O modelo descritivo inicial proposto por Figueiredo (2001 e 2002) foi aplicado à indústria do aço no Brasil, em uma comparação das trajetórias de acumulação de capacidades da Companhia Siderúrgica Nacional (dados de 1956-2000) e da USIMINAS (dados de 1956-2000). O objetivo era explicitar como os processos de aprendizagem influenciavam o modo e a velocidade de acumulação de capacidades tecnológicas (trajetória da firma) e quais seriam suas implicações sobre a performance técnica e financeira das empresas analisadas, o que configurou um grande avanço para esse tipo de abordagem.

A Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas de Figueiredo (2001, 2002, 2004 e 2009) foi inspirada em Katz (1987), Dahlman *et al* (1987) e Lall (1987, 1992 e 1994),²⁹ na qual foram categorizadas as seguintes funções: 1) Investimentos (Decisão e Controle sobre a Planta e Engenharia de Projetos), 2) Processos e Organização da Produção, 3) Produtos e 4) Equipamentos. E segundo os níveis de capacidade tecnológica: 1) Básico, 2) Renovado, 3) Extrabásico, 4) Pré-intermediário, 5) Intermediário, 6) Intermediário Superior

²⁸ O Professor Paulo N. Figueiredo – PhD – é professor do quadro de carreira da Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas (EBAPE) da Função Getúlio Vargas. Os conceitos, métricas e análises desenvolvidos ao longo de sua trajetória derivam de duas fontes principais: a sua formação acadêmica no *Science and Technology Policy Research* (SPRU), da Universidade de Sussex, no Reino Unido, onde pôde receber influência direta de Christopher Freeman, Keith Pavitt, John Bessant, Sanjaya Lall (Universidade de Oxford), Richard Nelson (Universidade de Columbia) e de Martin Bell, seu orientador. A segunda fonte refere-se aos vários estudos realizados durante os últimos 10 anos do Programa de Pesquisa em Gestão da Aprendizagem Tecnológica e de Inovação Industrial na EBAPE, que foi criado e é coordenado por ele até a atualidade. (FIGUEIREDO, 2009)

²⁹ KATZ, J. Domestic technology generation in LDCs: A review of research findings. In: KATZ, J. (Ed.) **Technology Generation in Latin America Manufacturing Industries**, Nova York: St Martin's Press, 1987. DAHLMAN, C.; ROSS-LARSON, B.; WESTPHAL, L. E. Managing technological development: Lessons from Newly Industrializing Countries. **World Development**, v. 15, no. 6, p. 759-775, 1987. LALL, S. **Learning to Industrialize: the Acquisition of Technological Capability by India**. Londres: Macmillan, 1987. LALL, S. Technological Capabilities. In: SALOMON, J. J. *et al.* (Ed.). **The Uncertain Quest: Science Technology and Development**, Tóquio: UN University Press, 1994.

e 7) Avançado. O modelo diferenciou as capacidades tecnológicas de rotina das capacidades tecnológicas de inovação. As capacidades tecnológicas de rotina referem-se à capacidade de produzir bens a um nível dado de eficiência e de *inputs*. As capacidades de inovação referem-se às capacidades para se criar, alterar ou melhorar os produtos, processos e os produtos da organização ou equipamentos. Esse modelo permite também examinar a taxa de acumulação (velocidade) para se alcançar certo nível de capacidade para funções tecnológicas específicas. E como abordado na seção anterior, o modelo dá um salto em termos de contribuição ao evidenciar a trajetória dos mecanismos subjacentes de aprendizado das firmas e sua interconexão com a evolução das capacidades tecnológicas e os impactos em termos de performance técnica e financeira. A seguir, apresentamos algumas pesquisas aplicadas do Professor Paulo N. Figueiredo – PhD.

Tacla e Figueiredo (2003) e Figueiredo (2009) examinaram as implicações dos processos de aprendizado para o modo e velocidade de acumulação de capacidades tecnológicas para uma empresa de bens de capital, para o período 1980-2000. O objetivo do trabalho era contribuir com as evidências empíricas e as explicações sobre a gestão do desenvolvimento tecnológico em empresas dessa indústria no Brasil. O modelo proposto possuía os seguintes níveis de capacidade tecnológica: Nível 1 Básico, Nível 2 Renovado, Nível 3 Extrapúblico, Nível 4 Pré-Intermediário, Nível 5 Intermediário, Nível 6 Intermediário Superior, Nível 7 Avançado. E as seguintes funções: Engenharia de Sistemas, Gestão de Projetos, Processos e Sistemas Operacionais, Equipamentos de Processos. O modelo proposto também possui uma análise pormenorizada dos mecanismos adjacentes de aprendizagem em um modelo complementar externo à matriz.

Figueiredo (2005) aplicou o modelo descritivo de acumulação de capacidades tecnológicas à indústria de tecnologia da informação e comunicação (TIC): 18 institutos de pesquisa e desenvolvimento vocacionados para TIC, localizados nas regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Norte. Foi realizado um trabalho de campo que considerou as métricas do *Capability Maturity Model – Software Engineering Institute* (CMM-SEI) e *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK). As funções apresentadas na matriz foram: Atividades de Engenharia e Gestão de Projetos (Engenharia de *Software* e Gestão e Projetos); Produtos e Soluções; Ferramentas e Processos. Os níveis de competências foram divididos em: Nível 1 Básico, Nível 2 Extrapúblico, Nível 3 Inovação Básica, Nível 4 Intermediário, Nível 5 Intermediário Superior e Nível 6 Avançado; subcategorizados em capacidades de rotina e capacidades inovadoras.

Castro e Figueiredo (2005) e Figueiredo (2009) apresentaram um modelo descritivo para análise da acumulação das capacidades tecnológicas para uma Aciaria, os mecanismos subjacentes de aprendizagem que deram suporte a essa acumulação, assim como os impactos em termos de *performance* técnica e financeira da empresa, para o período 1997-2001. Foram categorizados os seguintes níveis de capacidades tecnológicas: Básico, Renovado, Extrabásico, Pré-Intermediário, Intermediário, Intermediário Superior, Avançado. E as seguintes funções: Processo de Produção, Produto e Equipamentos.

Figueiredo (2008 e 2009) apresentou uma visão alternativa do impacto das políticas econômicas da década de 1990 sobre a performance industrial, a partir de dados longitudinais de 46 empresas locais e estrangeiras de três setores do Norte do país (Polo de Manaus): eletroeletrônicos, motocicletas e bicicletas e fornecedores. Foi estimada uma regressão de fatores selecionados sobre a taxa de desenvolvimento da capacitação para as funções tecnológicas específicas. O modelo descritivo para as várias indústrias foi composto de seis níveis de capacidades tecnológicas: Nível 1 Operacional Básico, Nível 2 Operacional Básico, Nível 3 Inovador Básico, Nível 4 Inovador Intermediário, Nível 5 Inovador Avançado, Nível 6 Inovador Baseado em Pesquisa. E das seguintes funções: Processos e Organização da Produção, Atividades Centradas no Produto, e Atividades Relacionadas a Equipamentos.

Outros autores do escopo de pesquisa evolucionário também aplicaram a Matriz de Capacidades Tecnológicas inspirada em Lall (1992), como por exemplo, Ribeiro (2009) e Iammarino *et al* (2008). Ribeiro (2009) tinha como objetivo analisar o impacto da política de compras da Petrobrás sobre o desenvolvimento tecnológico da rede de fornecedores local para seus empreendimentos *offshore* (empreendimentos localizados ou operados no mar). O objetivo de seu trabalho foi além da análise da trajetória da empresa nos termos dos estudos anteriores e focou na avaliação dos efeitos de uma política de compras do governo para um setor específico, o que se configurou um avanço para tal tipo de abordagem. O objeto da Tese de Ribeiro (2009) foi o projeto de construção da primeira plataforma de petróleo inteiramente desenvolvida no Brasil, a P-51.

As informações foram coletadas a partir de entrevistas com a Petrobrás, seus EPCistas (*Engineering, Procurement and Construction*: empresas responsáveis pelos grandes sistemas) e as principais empresas subcontratadas. Ribeiro (2009), com base no modelo de capacidades tecnológicas de Lall (1992), fez uma adaptação para uso no caso da plataforma. Nas colunas da matriz, foram associados os níveis de capacitação (básica, intermediária e avançada). Nas linhas da matriz, foram dispostas as seguintes funções: engenharia básica, engenharia de

detalhamento, fabricação de equipamentos, construção e montagens e utilização de UEP, referentes a um diversificado grupo de empresas.

Ribeiro (2009) concentrou-se em sete modalidades de aprendizagem tecnológica: *learning by doing*, *learning by using*, *learning by adapting*, *learning by design*, *learning by setting up complete production system*, *learning by improving design* e *learning by design new process*. E estabeleceu uma coerência entre as atividades tecnológicas da plataforma e esses mecanismos de aprendizado: tecnologias de nível básico (o *learning by doing* e o *learning by using*), intermediário (o *learning by adapting*, o *learning by design* e o *learning by setting up complete production system*) e avançado (o *learning by improved design* e o *learning by designing new process*). Os resultados da pesquisa de campo apontaram que a participação no projeto da P-51 não permitiu a realização de aprendizagens de nível avançado às empresas participantes, à exceção da própria operadora nacional. Essa constatação corroborou com a principal hipótese do estudo de que Petrobrás não adotou uma política de compras de cunho inovativo, ou seja, uma política de compras que demandasse esforço tecnológico de seus fornecedores locais.

Iammarino *et al* (2008) analisaram as capacidades tecnológicas a partir da análise no nível micro (a firma é o centro da análise) e meso (não há um ator central, os componentes do sistema estão interligados e são interdependentes), enfatizando as interações locais e globais. Vale lembrar que as capacidades regionais não são um somatório das capacidades isoladas. Os autores objetivaram fornecer uma ferramenta útil de comparação entre diferentes regiões. Foi realizado um estudo de caso da indústria de eletrônicos de duas regiões do México: Jalisco e Baja Califórnia, a partir de dados de 2004. A matriz proposta por eles apresentou os seguintes níveis de capacidade tecnológica: Básico, Intermediário e Avançado. E somente duas funções centrais: Processos Organizacionais e Centrada no Produto.

Outros autores de linhas de pesquisas diversas também construíram modelos descritivos em estágios para indústrias diversas, como por exemplo, Sato e Fujita (2009, Fleury e Fleury (2003) e Essmann e Preez (2010). Sato e Fujita (2009) desenvolveram uma abordagem para analisar as capacidades das firmas locais dos países em desenvolvimento que estavam expostos à intensa competição no seu próprio país e no exterior. O principal desafio para essas empresas era aprender, adquirir novas capacidades e inovar, vislumbrando uma melhora de desempenho competitivo no longo prazo. Os autores basearam-se nos conceitos da *Global Value Chain*, das capacidades tecnológicas e da experiência Japonesa. A literatura do *Global Value Chain* enfatizou o poder da governança das firmas líderes dos países

desenvolvidos sobre a firma local. As empresas domésticas estariam limitadas a operar e aprender a partir dos parâmetros determinados pela empresa líder.³⁰ No entanto, muitos autores têm apresentado exemplos de indústrias que buscaram autonomia a partir da iniciativa de trabalharem em redes nacionais e de desenvolver competências, de forma a moldarem um melhor relacionamento com a empresa líder que possibilite algum grau de ascensão competitiva:

“(...) *climbing up the GVC ladder*” (SATO e FUJITA, 2009, p. 7).

A literatura da acumulação de capacidades tecnológicas enfatizou os processos de aprendizado e de desenvolvimento tecnológicos no nível da firma. O conhecimento e a experiência, as estruturas institucionais e as ligações necessárias para se gerar e gerenciar a mudança tecnológica foram pontos cruciais. A experiência japonesa de superação do atraso tecnológico a partir de técnicas simples de gerenciamento da produção, sem a necessidade de grandes investimentos de capital, como *lean production*, *just in time systems* ou *kaban* e os círculos de controle da qualidade foram combinadas às duas outras literaturas a fim de apresentar um novo modelo analítico.

A matriz apresentada por Sato e Fujita (2009) engloba funções de Planejamento (pesquisa de mercado, desenvolvimento do conceito do produto, desenvolvimento de um novo produto de acordo com as necessidades de mercado) e de Produção. A Produção se subdividiu em funções de Equipamentos Relacionados (operação de maquinários e equipamentos para processar as entradas, manutenção, *design* e produção de maquinários e equipamentos), Gerenciamento da Produção (organização das atividades de produção eficientemente e efetivamente para se alcançar a meta de desempenho) e *Marketing* (produtos de mercado que estreitem as relações com os clientes, desenvolvimento de *own brand*, exploração de novos mercados). Os níveis de complexidade foram dispostos nas linhas na seguinte sequência evolucionária: operacional (opera a tecnologia existente), assimilativo (domina a tecnologia existente e mantém a operação ao longo do tempo), adaptativo (realiza melhorias na tecnologia existente) e inovativo (cria algo novo com número significativo de elementos originais e novos quando comparados com tecnologia existente). A função Planejamento de Sato e Fujita (2009) foi criada para conduzir a pesquisa de mercado,

³⁰ Convém lembrar que Lall (1992), na função *Linkages*, incluiu as ligações com qualquer tipo de *stakeholder*, mas não incluiu relações *upstream* e *dowstream* da cadeia de valor.

desenvolver o conceito de produto, desenvolver o *design* de produto de acordo com as necessidades do mercado. A função de Produção, para manter a produção em um nível dado de eficiência. A função Pós-Produção Marketing foi criada para estreitar as relações com os clientes.

Fleury e Fleury (2003) alinharam a estratégia competitiva da empresa à sua "capacidade essencial". Quando uma empresa escolhe sobre sua estratégia competitiva, há três escolhas ótimas: excelência operacional, inovação em produto e estratégia orientada para cliente. E isso deve estar alinhado ao conjunto de capacidades que a firma possui para desenvolver seu comportamento competitivo. Ao mesmo tempo, a estratégia escolhida, por meio da aprendizagem, reforça o desenvolvimento das capacidades, e vice-versa. Se a empresa possui diferencial em manufatura, a estratégia é excelência operacional. Se a empresa possui diferencial em inovações radicais, é inovação em produto. Se possui diferencial na relação com os clientes, a estratégia é orientada a cliente. Esse modelo foi aplicado a 1600 empresas certificadas ISO 9000 da indústria química, eletrônica, máquinas e equipamentos, borrachas e plásticos, siderurgia e metalurgia. Dessas, 490 empresas responderam e 470 apresentaram respostas válidas. O Modelo basicamente possuía, em suas colunas, as funções Operações, Desenvolvimento de Produto e Vendas/*Marketing*. Já nas linhas, as estratégias competitivas a serem adotadas pela empresa: Excelência Operacional, Inovação em Produto, Orientada para Cliente.

Essmann e Preez (2010) identificaram os componentes organizacionais da capacidade de inovação e os incorporaram em um modelo de maturidade da capacidade de inovação (ICMM v.2). O modelo não prescreve práticas específicas, mas sim os requisitos a serem preenchidos por elas. Define "o que" e não "como," que tende a ser o mesmo em cada organização. O tipo de abordagem é a dos Modelos de Maturidade – *Capability Maturity*, cujos níveis são estes: Integração, Sinergia e Autonomia, Formalização e Presibilidade, *Ad hoc* e Limitada. Ademais o que pode se assemelhar às funções de matriz que configuram o *Innovation Capability Construct* são *Organizational Support* (estratégia de inovação e liderança, estrutura e infraestrutura, ambiente e clima, recursos e medidas), *Knowledge and Competence* (descobrir e absorver, consolidar, competência chave e tecnologia), *Innovation Process* (explorar e convergir, gestão de portfólio, consolidar e explorar, controle de processos e gestão do risco). As funções ainda se desdobram em atividades internas, que configuram o *Organisational Construct*: estratégias e objetivos, funções e processos, organização e gerenciamento, dados e informações, e atividades externas: dados e

informações, clientes e fornecedores. O modelo foi preliminarmente validado em cinco casos de estudo.

Para o setor aeronáutico brasileiro, é necessário citar a Tese pioneira de Cabral (1987), a de Oliveira (2005) e a de Marques (2011). Cabral (1987) identificou as áreas tecnologicamente relevantes da principal empresa aeronáutica brasileira, a Embraer, e explicitou sua trajetória de aprendizado tecnológico por meio de seus programas de desenvolvimento e produção de aeronaves. Foi construído o modelo de desenvolvimento tecnológico da empresa brasileira a partir da identificação das suas áreas tecnologicamente relevantes. O modelo mostrou como a empresa operava segundo seu fluxo de informações, seu fluxo de atividades técnicas e de suas interações. Foi possível identificar as áreas em que a empresa se empenhou em obter patamares tecnológicos mais avançados.

Cabral (1987) categorizou, para cada área relevante da trajetória tecnológica da Embraer, as principais atividades da respectiva área em evolução no tempo. As áreas mapeadas foram estas: aerodinâmica, estruturas, materiais, engenharia de produto, aviônica comando de voo, ensaios de voo e fabricação. Além disso, associou, em uma matriz, cada atividade por área aos modelos de aeronaves desenvolvidos pela Embraer. Isso revelou o momento histórico de evolução tecnológica da empresa e os programas de aeronaves que mais lhe conferiram aprendizado tecnológico. Essa forma de modelar o problema tornou explícito o esforço tecnológico e o nível de capacitação da Embraer em cada área e se mostrou um grande salto analítico das implicações da teoria evolucionária aplicado a um caso brasileiro.³¹ O desenvolvimento das aeronaves Brasília e do caça AM-X configuraram os maiores desafios tecnológicos da empresa, uma vez que projetar e construir esses modelos elevou o patamar tecnológico da Embraer. Apresentaremos no capítulo 3 um quadro resumo da Tese de Cabral (1987).

Oliveira (2005) realizou uma Tese sobre a cadeia de fornecedores da Embraer com intuito de analisar o nível de capacitação das empresas fornecedoras localizadas no Brasil. Construiu uma matriz de capacitação, na qual organizou os fornecedores da Embraer, a partir dos níveis de complexidade tecnológica operados por cada empresa. Foram consultados 23

³¹ Prof. Arnaldo Cabral de Souza é professor titular do ITA e teve sua trajetória influenciada por Freeman, Rosenberg, Dosi, Katz, Dahlman, Stokes, Penrose, Mowery, Nelson, Kim, Winter, entre outros de linha evolucionária. Foi também, inicialmente, muito influenciado pelo grupo de Professores de Economia da Tecnologia da FEA/USP, Professor Marckovich – PhD e Professor Isak – PhD. Foi professor visitante na Manchester University no Departamento de *Science and Technology Policy*, sob orientação do Professor Philip Gummit – PhD. Seu trabalho é citado por autores nacionais e internacionais que analisaram o setor aeronáutico brasileiro, no entanto não houve Teses que deram continuidade ao seu trabalho, sobretudo em função da privatização da Embraer, e da dificuldade em obter dados da natureza que foram trabalhados na sua Tese.

fornecedores localizados no Brasil, além da Embraer, categorizados como fornecedores de aeroeletrônicas (fornecedores de peças que não configuram sistemas, prestadores de serviços tecnológicos e fornecedores de produtos tecnológicos) – na sua maioria fornecedores de capital nacional – e como sistematistas (fornecedores de sistemas aeronáuticos) – na sua maioria parceiros de risco. A matriz foi organizada conforme os níveis de capacitação verificados nas empresas instaladas no Brasil. Foram categorizados três níveis de capacitação: nível básico, intermediário e avançado. Esses níveis, por sua vez, foram subdivididos segundo a complexidade das atividades desenvolvidas pelas empresas: nível técnico básico (a-1, a-2, a-3, a-4, a-5, a-6, a-7, a-8, a-9), nível técnico intermediário (b-1, b-2, b-3, b-4, b-5, b-6, b-7, b-8, b-9) e nível técnico avançado (c-1, c-2, c-3, c-4, c-5, c-6, c-7, c-8, c-9).

As empresas analisadas por Oliveira (2005) foram divididas em dois grandes conjuntos. No primeiro conjunto, estavam as empresas de origem de capital nacional e na sua maioria de pequeno porte, nas quais havia um ambiente pouco favorável à inovação e para o desenvolvimento de P&D. Tais empresas não possuíam inserção estratégica na cadeia produtiva e dependiam financeiramente e tecnologicamente da Embraer. Essa dependência se concretizava em barreiras para acessos a outros mercados de outras cadeias. Em um primeiro momento, a Embraer capacitava essas empresas, e depois exercia uma pressão sobre elas por meio de práticas de formação de preço e determinação da cadência de produção.³²

No segundo conjunto, enquadraram-se as empresas parceiras de risco, na sua maioria eram empresas que forneciam os sistemas aeronáuticos e de propriedade do capital estrangeiro. Essas empresas atuavam na concepção do projeto e concentravam as atividades de P&D nas suas matrizes. As atividades no Brasil estavam centradas na montagem de sistemas e na integração deles às aeronaves. Os resultados do trabalho de campo de Oliveira (2005) apontaram que a totalidade das empresas da indústria aeronáutica brasileira se concentrou nos níveis de capacitações básico e intermediário. Também foi citada a lógica da organização da cadeia não permitir, às firmas nacionais, a absorção do conhecimento e o aprendizado. Essas empresas encontram-se descoladas da trajetória de aprendizagem tecnológica da Embraer.

Marques (2011) investigou até que ponto as empresas pequenas e médias que fornecem produtos menos complexos para aeronaves comerciais estão desenvolvendo

³² Foram realizadas entrevistas com servidores civis e militares da Seção de *Offset* do IFI. Foi possível observar que a aparente fragilidade das empresas nacionais também se deve à ausência de comportamento empreendedor dos seus proprietários que se “acomodaram” com uma única empresa cliente, a Embraer, em vez de se lançar em outras indústrias.

capacidades de inovação. Para tanto, construiu um modelo analítico a partir da Matriz de Capacidades Tecnológicas de Lall (1992) e inovou ao atrelar ao modelo os fatores estratégicos internos (esforços de aprendizagem passivos e ativos) e, sobretudo, os fatores estratégicos externos (relações na cadeia de valor – mercado, modular, relacional, cativa e hierárquico –, e participação em programas governamentais), uma vez que esses fatores internos e externos determinam o desenvolvimento da capacidade de inovação. Foi então possível incorporar à análise o impacto do *Offset* na trajetória da firma, o que figurou um passo a mais na literatura aplicada de acumulação de capacidades tecnológicas. Na pesquisa de campo, foram investigadas nove empresas (pequenas e médias) do setor aeronáutico brasileiro. Analisou-se também a trajetória de evolução do Sistema de Inovação da Indústria Aeronáutica no Brasil e caracterizaram-se as seguintes etapas: Fase Inicial (1930-1949), Segunda Fase (1950-1969), Fase Moderna (1970-1980), Fase de Internacionalização (1981-1994), Fase de Reestruturação Industrial (1995-2002) e Fase de Fortalecimento da Competitividade Internacional (2003-2009).

A matriz proposta para classificação da Capacidade de Inovação apresentou as seguintes funções: Função Tecnológica (Produto e Produção, sendo que esta última se desmembra em Processos, em uma coluna, e Equipamentos em outra coluna) e Função Organizacional (Gestão de Projetos e Relação na Cadeia de Valor). Os níveis de capacidade foram: Avançada (Intensiva em P&D), Intermediária (Intensiva em Engenharia), Pré-Intermediária (Melhoria Contínua), Básica (Replicação de Especificações e Procedimentos). Foi possível estabelecer o tipo de aprendizagem e as relações de governança para cada nível de capacidade tecnológica: Básica e Pré-Intermediária (aprendizagem passiva e relação cativa e de mercado) e Intermediária e Avançada (aprendizagem ativa e relação modular e relacional). Também pôde-se determinar os tipos de influência que programas de governo (fomento ao desenvolvimento tecnológico, acordos de cooperação e transferência de tecnologia, promoção das exportações) podem impactar: aprendizagem ativa e mudança no nível de capacidade de inovação, aprendizagem passiva com fortalecimento da capacidade existente, aprendizagem passiva sem impacto na capacidade existente. Isso também configura um avanço para a literatura aplicada de acumulação de capacidades tecnológicas.

Apresentamos, a seguir, uma tabela resumo dos trabalhos apresentados acima que inspiraram a construção da Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas, denominada com a sigla MAVITEC.

Modelos de Acumulação de Capacidades Tecnológicas, por autores						
Autores	Níveis de Complexidade	Funções	Tipos de Funções	Atividades Vitais de Sustentação	Foco	
Cabral (1987)	(8); Modelos de aeronaves: Ipanema, Bandeirantes, Xingu, Xavante, Tucano, Brasília, AM-X, EMB-123 (estimativas)	Técnicas, 8	Aerodinâmica, Estruturas, Materiais, Engenharia de Produto, Avionica, Comandos de Voo, Ensaios de Voo, Fabricação	Não	Analisar a trajetória tecnológica da EMBRAER em termos da acumulação de capacidades técnicas em áreas específicas para o Programas: Ipanema, Bandeirante, Xingu, Xavante, Tucano, Brasília, AM-X and EMB-123 (estimativas).	
Lall (1992)	(3): Básica, Intermediária, Avançada	Sim, 3	Investimento (Pré- Investimento, Execução de Projeto), Produção (Engenharia de Processo, Engenharia de Produto, Engenharia Industrial), Ligações com Economia	Não	Revisar a natureza da atividade tecnológica em países em desenvolvimento e a necessidade de intervenção do governo para fortalecer o desenvolvimento tecnológico e industrial, em contraposição à teoria neoclássica que desconsidera a tecnologia disponível a todos os países e empresas. Apresentar um modelo de acumulação de capacidades tecnológicas adequado à realidade dos países em desenvolvimento.	
Bell (1995)	(4); Capacidade Básicas de Produção; Capacidades Tecnológicas: Básica, Intermediária, Avançada	Sim, 4	Investimento (Tomada de Decisão e Controle, Preparação de Projeto e Implementação), Oferta de Bens de Capital, Atividades de Produção (Processos e Organização da Produção, Centrada no Produto), Atividade de Ligação	Não	Apresentar um modelo de acumulação de capacidades tecnológicas adequado à realidade dos países em desenvolvimento.	

Figueiredo (2001, 2002, 2003, 2004 e 2009)	(7); Básica, Renovada, Extrabásica, Pré-Intermediária Intermediária Média-Alta, Avançada	Sim, 5	Investimentos (Decisão e Controle sobre a Planta, Elaboração e Implementação de Projetos), Processos e Organização da Produção, Produtos, Equipamentos	Sim, Modelo externo à Matriz: Mecanismos Subjacentes de Aprendizado, à luz de 4 características, variedade, intensidade, funcionamento e interação	Apresentar um modelo descritivo para análise da acumulação das capacidades tecnológicas em economias emergentes e um modelo de análise para os processos de aprendizagem. Desenvolve e aplica esses modelos para explicar como os processos de aprendizagem influenciam o modo e a velocidade de acumulação de capacidades tecnológicas (trajetória da firma) e suas implicações sobre a performance técnica e financeira. Estudo de caso para a Companhia Siderúrgica Nacional e a USIMINAS.
Tacla e Figueiredo (2003) e Figueiredo (2009)	(7); Nível 1 Básico, Nível 2 Renovado, Nível 3 Extra-Básico, Nível 4 Pré-Intermediário, Nível 5 Intermediário, Nível 6 Intermediário Superior, Nível 7 Avançado	Sim, 4	Engenharia de Sistemas, Gestão de Projetos, Processos e Sistemas Operacionais, Equipamentos de Processos	Sim, Modelo externo à Matriz: Mecanismos Subjacentes de Aprendizado, à luz de 4 características, variedade, intensidade, funcionamento e interação	Examinar as implicações dos processos de aprendizado para a maneira e velocidade de acumulação de capacidades tecnológicas para uma empresa de bens de capital, período 1980-2000. Contribuir com evidências empíricas e explicações sobre a gestão do desenvolvimento tecnológico em empresas dessa indústria no Brasil.
Fleury e Fleury (2003)	(3); Estratégias Competitivas: Excelência Operacional, Inovação em Produto, Orientada para Cliente	Sim, 3	Operações, Desenvolvimento de Produto, Vendas/Marketing	Sim, Vendas/Marketing	Alinhar a estratégia competitiva da empresa a sua "capacidade essencial": excelência operacional, inovação em produto ou orientada para cliente. Ao mesmo tempo, a estratégia escolhida, por meio da aprendizagem, reforça o desenvolvimento das capacidades, e vice-versa. Esse modelo foi aplicado a 1600 empresas certificadas ISO 9000 da indústria química, eletrônica, máquinas e equipamentos, borrachas e plásticos, siderurgia e metalurgia. 490 empresas responderam e 470 apresentaram respostas válidas.

Figueiredo (2005)	(6); Nível 1 Básico, Nível 2 Extra Básico, Nível 3 Inovação Básica, Nível 4 Intermediário, Nível 5 Intermediário Superior, Nível 6 Avançado,	Sim, 4	Atividade de Engenharia e Gestão de Projetos (Engenharia de Software , Gestão de Projetos), Produtos e Soluções, Ferramentas e Processos	Não	Definir conceitos, apresentar a limitação dos indicadores de inovação convencionais, apresentar um modelo descritivo de avaliação das capacidades tecnológicas para economias emergentes e aplicar à indústria de tecnologia da informação e comunicação (TIC): 18 institutos de pesquisa e desenvolvimento vocacionados para TIC, localizados nas regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Norte.
Castro e Figueiredo (2005) e Figueiredo (2009)	(7); Básico, Renovado, Extra Básico, Pré-Intermediário, Intermediário, Intermediário Superior, Avançado	Sim, 3	Processo de Produção, Produto, Equipamentos	Sim, Modelo externo à Matriz: Mecanismos Subjacentes de Aprendizado, à luz de 4 características, variedade, intensidade, funcionamento e interação	Apresentar um modelo descritivo para análise da acumulação das capacidades tecnológicas para uma Aciaria, os mecanismos de aprendizagem que deram suporte a essa acumulação e os impactos em termos de performance técnica e financeira. Período 1997-2001.
Oliveira (2005)	(3); Básica (subníveis técnicos: a1 à a9), Intermediária (b1 à b9), Avançada (c1 à c9)	Não	-	Não	Analisar o nível de capacitação técnica da rede fornecedores da Embraer, localizados no Brasil, para o Programa EMB 170. Mapeou as empresas pelos respectivos níveis de capacitação, dados do ano de 2005. As empresas foram divididas em 4 grupos: Fabricantes de peças (Autômata, Termoplas, Aeroserv, Altec, Melbo, Metinjo, Polycad, Tecplas, SPU, Leg), montadores de subconjuntos (Graúna, Aeroserv, Akaer, Mirage, Compoende), montadores de estruturas e componentes (Embraer e parceiros de risco, C&D, Sobraer, Eleb) e serviços ou produtos tecnológicos (software embarcado).

Figueiredo (2008 e 2009)	(6); <i>Mastery of Basic Operations Level 1, Mastery of Basic Operations Level 2, Basic Innovation Level 3, Intermediate Innovation Level 4, High-Intermediate Innovation Level 5, Advanced Innovation Level 6</i>	Sim, 3	Processos e Organização da Produção, Atividades centradas no Produto, Atividades relacionadas a Equipamentos	Não	Apresentar um visão alternativa do impacto das políticas econômicas da década de 1990 sobre a performance industrial, a partir de dados longitudinais de 46 empresas locais e estrangeiras de 3 setores do Norte do país (Pólo de Manaus): Eletro-eletrônicos, motocicletas e bicicletas e fornecedores. Estimou uma regressão de fatores selecionados sobre a taxa de desenvolvimento da capacitação para funções tecnológicas específicas.
Iammarino, Padilla-Pérez e Tunzelmann (2008)	(3): Básico, Intermediário e Avançado	Sim, 2	Processos Organizacionais, Centrada no Produto	Não	Estudar as capacidades tecnológicas a partir da análise no nível micro (a firma é o centro da análise) e meso (não há um ator central, os componentes do sistema estão interligados e são interdependentes) , enfatizando as interações locais e globais. Capacidades regionais não são um somatório das capacidades isoladas. Fornecer uma ferramenta útil de comparação entre as regiões. Estudo de caso da indústria de eletrônicos de duas regiões do México: Jalisco e Baja California, dados de 2004.
Sato e Fujita (2009)	(4): Operacional, Assimilativo, Adaptativo, Inovativo	Sim, 3	Pré-produção (Planejamento: pesquisa de mercado, desenvolvimento do conceito do produto, desenvolvimento e design do produto), Produção (<i>Equipment-related</i> e Gestão da Produção) e Pós-Produção (<i>Marketing</i>)	Sim, Planejamento e <i>Marketing</i>	Desenvolver uma matriz em firmas que participam de cadeias de valor globais ou nacionais. Integrar as literaturas de cadeia de valor, de capacidades tecnológicas e da experiência japonesa de desenvolvimento tecnológico. Incluiu relações <i>upstream</i> e <i>dowstream</i> da cadeia de valor. A função Planejamento foi criada para conduzir a pesquisa de mercado, desenvolver o conceito de produto, desenvolver e <i>design</i> de produto de acordo com as necessidades do mercado. A função de Produção, para manter a produção em um nível dado de eficiência. A função Pós-produção <i>Marketing</i> , para estreitar as relações com os clientes, para desenvolver seu <i>own brand</i> e explorar novos mercados.

Ribeiro (2009)	(3); Básica, Intermediária, Avançada	Sim, 5	Engenharia Básica de Plataformas, Engenharia de Detalhe, Fabricação de Equipamentos, Construção e Montagem, Utilização da UEP encomendada	Não	Analisar o impacto da política de compras da Petrobrás sobre o desenvolvimento tecnológico da rede de fornecedores local para seus empreendimentos offshore (empreendimentos localizados ou operados no mar). O objeto de estudo foi o projeto de construção da primeira plataforma de petróleo inteiramente desenvolvida no Brasil, a P-51. As informações foram coletadas a partir de entrevistas com a Petrobrás, seus EPCistas (Engineering, Procurement and Construction: empresas responsáveis pelos grandes sistemas) e as principais empresas subcontratadas.
Essmann e Preez (2010)	(3); Abordagem dos Modelos de Maturidade - <i>Capability Maturity</i> : Integração, Sinergia e Autonomia; Formalização e Presibilidade; <i>Ad hoc</i> e Limitada	Sim, 3	<i>Innovation Capability Construct</i> : <i>Organizational Support</i> (estratégia de inovação e liderança, estrutura e infraestrutura, ambiente e clima, recursos e medidas); <i>Knowledge and Competence</i> (descobrir e absorver, consolidar, competência chave e tecnologia); <i>Innovation Process</i> (explorar e convergir, gestão de portfólio, consolidar e explorar, controle de processos e gestão do risco)	Não	Identificar os componentes organizacionais da capacidade de inovação e incorporá-los em um modelo de maturidade da capacidade de inovação (ICMM v.2). As funções ainda se desdobram em atividade Internas: estratégias e objetivos, funções e processos, organização e gerenciamento, dados e informações; e atividades externas: dados e informações, clientes e fornecedores (<i>Organisational Construct</i>). O modelo não prescreve práticas específicas, mas sim os requisitos a serem preenchidos por essas práticas. Define "o que" e não "como", que tende a ser o mesmo em cada organização.

Marques (2011)	(4); Avançada (Intensiva em P&D), Intermediária (Intensiva em Engenharia), Pré-Intermediária (Melhoria Contínua), Básica (Replicação de Especificações e Procedimentos)	Sim, 5	Tecnológica (Produto e Produção (Processos e Equipamentos)), Organizacional (Gestão de Projetos e Relação na Cadeia de Valor)	Sim, Modelo externo à Matriz: fatores estratégicos internos (mecanismos de aprendizagem passivos e ativos) e externos (relações na cadeia de valor e participação em programas governamentais).	Investigar até que ponto as empresas pequenas e médias que fornecem produtos menos complexos para aeronaves comerciais estão desenvolvendo capacidades de inovação. Para tanto, construiu um modelo analítico a partir da Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas de Lall (1992) e inovou ao atrelar ao modelo os fatores estratégicos internos (esforços de aprendizagem passivos e ativos) e, sobretudo, os fatores estratégicos externos (relações na cadeia de valor – mercado, modular, relacional, cativa e hierárquico, e participação em programas governamentais) que determinam o desenvolvimento da capacidade de inovação. Foi então possível incorporar à análise o impacto do Offset na trajetória da firma, o que configurou um passo além na literatura aplicada de acumulação de capacidades tecnológicas. Foram investigadas 9 empresas (pequenas e médias) do setor aeronáutico brasileiro. Analisou também a trajetória de evolução do sistema de inovação da indústria aeronáutica no Brasil.
Tese: Francelino (2016) - MAVITEC	(6); Avançado, Intermediário, Pré-Intermediário, Básico Nível 3, Básico Nível 2, Básico Nível 1	Sim, 9	Técnicas (Engenharia da Manufatura, Desenvolvimento do Produto); Organizacionais (Gestão da Produção, Gestão de Projetos, Gestão da Inovação, Gestão da Cadeia de Suprimentos); Funções de Sustentação (Gestão da Acumulação da Capacidades Tecnológicas, Diversificação - Capacidade de Atuação Global, Networks Formais de Desenvolvimento)	Sim, Gestão da Acumulação da Capacidades Tecnológicas, Diversificação - Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados, Networks Formais de Desenvolvimento	Traz elementos que contribuam para a compreensão dos impactos tecnológicos de programas de aquisição de aeronaves militares sobre o nível de acumulação de capacidades tecnológicas de um segmento específico da indústria aeronáutica brasileira, sobretudo pequenas e médias empresas. Por meio da análise da trajetória da firma, serão identificadas as contribuições dos Programas de Defesa em termos da acumulação de capacidades.

Tabela 2.1 Modelos de Acumulação de Capacidades Tecnológicas que inspiraram a construção da Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC).

Fonte: Formulação própria a partir da revisão da literatura.

2.6 Public Procurement for Innovation

Há um longo debate na teoria econômica sobre o papel da intervenção governamental na atividade econômica e no crescimento de um país. A existência de informação imperfeita, custos de transação e retornos crescentes são um dos argumentos a favor de uma estratégia de desenvolvimento econômico com interferência do Estado, o que geralmente inclui a política industrial. Do outro lado do espectro teórico desse tema, há os teóricos do capitalismo de livre mercado (da teoria econômica neoclássica), que rejeitam qualquer tipo de intervenção governamental, uma vez que são economicamente ineficientes.

Quatro teorias de desenvolvimento dominaram o debate desde a Segunda Guerra Mundial. Dos anos de 1950 a 1960, os modelos lineares de desenvolvimento econômico foram preponderantes. Com a recessão e a inflação dos anos de 1970, surgiram teorias estruturalistas e de dependência. Na década de 1980, houve um aumento de interesse pelas teorias neoclássicas de livre mercado. Episódios de corrupção, excesso de burocratização e incompetência do setor público contribuíram para o ressurgimento da economia política do *laissez-faire*. Ao mesmo tempo, a agenda de pesquisa e os estudos políticos culminaram com o Consenso de Washington como um programa político para a década de 1990. Nos dias atuais, há uma visão mais moderada de política de desenvolvimento econômico. As evidências do sudeste asiático, em vários países, mostraram uma trajetória de desenvolvimento econômico que ocorreu fora da agenda do Consenso de Washington. A intervenção governamental baseia-se na cobertura de falhas de mercado, no estabelecimento de instituições que dão suporte ao crescimento a longo prazo e na implementação de políticas relacionadas à industrialização, à tecnologia e ao comércio. (YULEK e TAYLOR, 2010)

Em mercados de concorrência perfeita, muitos economistas argumentam que não há espaço para intervenção estatal. Países de industrialização tardia, no entanto, apresentam inúmeras imperfeições de mercado, externalidades e problemas de infraestrutura. Bens públicos, como defesa, são frequentemente escassos. Nesse sentido, a política industrial, por meio da intervenção do governo, promove a produção de bens e serviços considerados estratégicos para o país. A demanda pública também faz parte da política industrial de um país. Assim, a política industrial aparece como um instrumento importante para o desenvolvimento dos países em diferentes estágios. Embora o número de estudos sobre política industrial e a qualidade das pesquisas nessa área tenham aumentado significativamente nos últimos vinte anos, há uma escassez de trabalhos que analisem a

demanda pública como um instrumento estratégico de política industrial. (YULEK e TAYLOR, 2010)

Tradicionalmente, as iniciativas de políticas de inovação têm sido operacionalizadas principalmente pelo lado da oferta. São muito utilizadas medidas fiscais, apoio à capacitação, financiamento público de P&D, entre outros. No entanto, nos últimos anos, tem havido um aumento de interesse sobre as abordagens pelo lado da demanda, que se denominaram *Public Procurement for Innovation*,³³ ou seja, demanda pública para inovação. A demanda pública funciona como uma facilitadora e uma fonte de inovação, que se traduz por meio de compras públicas de produtos que necessitem de desenvolvimento tecnológico (Edquist *et al*, 2015; Edquist *et al*, 2000; Edler e Georghiou, 2007; Aschhoff e Sofka, 2008).

Essa demanda é representada, em grande parte, por pedidos feitos por organizações públicas para um novo produto ou para melhoria de um produto para atender necessidades específicas. O que envolve o apoio a atividades de pesquisa e desenvolvimento e a partilha do risco do desenvolvimento. Não são encontradas soluções de prateleira (*off the shelf*). Assim, por meio de uma organização pública, é colocado um pedido a uma empresa tecnicamente capacitada a fornecer um serviço, bem ou sistema inovador. (EDQUIST *et al*, 2015)

*“A intervenção pelo lado da demanda destina-se a aumentar a demanda por inovações, a melhorar as condições para a absorção de inovações e a melhorar a articulação da demanda. Políticas de aglomerados de empresas (“clusters”), regulamento (por exemplo, padrões), compras públicas (ou seja, contratos de P&D e contratos de inovação) e apoio à demanda privada são exemplos de instrumentos de política de inovação do lado da demanda.” (EDQUIST *et al*, 2015, p. 2)*

No Brasil, os programas públicos têm sido criados para o desenvolvimento de setores industriais específicos, como é caso da indústria aeronáutica brasileira, que tem sido desenvolvida por uma série de programas de aquisição de aeronaves militares do Comando da Aeronáutica (COMAER). Vale ressaltar também que a consolidação de importantes capacidades tecnológicas dessa indústria deveu-se não só à direta atuação do Estado – como foi o caso da criação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e da Embraer, nas décadas de 1950 e 1960 –, mas também das iniciativas posteriores de compras de aeronaves militares. Na década de 1980, o Programa AM-X (1982-1994) foi um importante programa de aquisição desenvolvido com o objetivo específico de alavancar o desenvolvimento da indústria aeronáutica nacional. O programa foi realizado em parceria com o Ministério Italiano da Aeronáutica e sua indústria de aviação. Acreditava-se que a Embraer teria uma

³³ Anteriormente, denominado *Public Technology Procurement* (Edquist *et al*, 2000).

oportunidade única para absorver conhecimento tecnológico e melhorar a sua qualificação da força de trabalho com conhecimento de ponta.

Na década de 1990, o AL-X (Super Tucano ou A-29 ou EMB-319) foi desenvolvido pela Embraer, seguindo as exigências do Comando da Aeronáutica brasileira, e continua a ser um caso de sucesso de vendas em todo o mundo. O Super Tucano é uma aeronave de ataque leve turboélice de treinamento avançado, que incorpora os últimos avanços na aviação e arma. Ele foi projetado para atender aos requisitos operacionais da Força Aérea. Foi desenvolvido a partir da experiência com Tucano (T-27 ou EMB-312), que também alcançou um número expressivo de vendas.

Atualmente, o programa de defesa mais importante é o KC-390 Programa, desenvolvido integralmente pela Embraer. O objetivo foi reunir em uma única aeronave a capacidade de cumprir várias missões, como busca e salvamento, transporte, abastecimento de combustível, lançamento de carga e paraquedistas, evacuação médica, combate a incêndios florestais, entre outros. É uma aeronave de asa alta, com grandes proporções, com motores a jato, capaz de pousar em pistas não pavimentadas e despreparadas, sobre a qual se desenvolveu conhecimento tecnológico de ponta em várias áreas. Essa sequência de programas de defesa nos permite afirmar que o apoio do governo brasileiro tem sido relevante para o desenvolvimento tecnológico Embraer.

2.7 Considerações Finais

Conforme apresentado pela revisão da literatura nas seções anteriores, as metodologias e métodos para avaliação de programas tecnológicos apresentam um conjunto de lacunas e oportunidades, quando se pensa em avaliar programas tecnológicos públicos em empresas de países de industrialização tardia como o Brasil, em termos da acumulação de capacidades tecnológicas. O referencial teórico que nos permite perceber o que acontece e o que pode ser potencializado dentro da firma, em um contexto de economias de industrialização tardia, para a superação do subdesenvolvimento tecnológico, é a Teoria da Acumulação de Capacidades Tecnológicas. Os diversos modelos de matrizes desenvolvidos para esse fim agregaram conteúdo analítico a esse tipo de teoria, mas não esgotaram suas possibilidades de aplicação. Assim, percebeu-se a oportunidade de utilizar essa abordagem como ferramenta de avaliação de programas.

Logo, a matriz é uma ferramenta que deve ser personalizada para considerar as especificidades do setor em análise. As funções consideradas e as capacidades devem refletir

o modo de produção e de inovação no segmento industrial em estudo. Em adição, em relação às funções e às capacidades da matriz, observam-se também oportunidades de incorporar explicitamente a capacidade de desenvolver capacidades para inovar.

3 SISTEMA DE AQUISIÇÃO DO COMANDO DA AERONÁUTICA DO BRASIL

Objetivo deste capítulo é apresentar as principais diretrizes que orientam o processo de aquisição de aeronaves militares do COMAER, a partir do ferramental de pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e pesquisa de campo apresentados no capítulo 1. Especificamente, a pesquisa documental objetivou identificar e analisar os documentos oficiais disponíveis que balizam o funcionamento do Sistema de Aquisição do Comando Aeronáutica, com intuito de descrever as atividades dos principais agentes envolvidos nesse processo. Foram analisadas leis, diretrizes, livros e estudos do Ministério da Defesa e da Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), Diretrizes, Instruções, Regulamentos e os Regimentos do COMAER.³⁴ A pesquisa de campo foi organizada a partir de entrevistas abertas semiestruturadas com servidores da COPAC, IFI e de especialistas da indústria aeronáutica.

3.1 Tendência à Constituição de um Sistema de Aquisição de Defesa no Brasil: Diretrizes Estratégicas Gerais

No âmbito do Ministério da Defesa do Brasil, não existe um sistema de aquisição de defesa nos moldes do que se observa nos Estados Unidos da América (EUA), com diretrizes, estratégias e agentes de execução bem definidos operando em rede em várias organizações do Departamento de Defesa, segundo um modelo integrado de atividades.³⁵ De acordo Amaro

³⁴ Vale ressaltar que existe uma hierarquia entre esses documentos: o documento maior é a Constituição do Brasil, então são definidas as políticas e as estratégias. As estratégias explicitam como as políticas são implementadas. No caso da Aeronáutica, tem-se a Política Nacional de Defesa e a Estratégia Nacional de Defesa. Das estratégias resultam os planos, o Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PMAER) e os Planos Setoriais do DCTA. Dos planos são definidas as diretrizes, como por exemplo, a DCA 400-6. Por último na escala hierárquica, são definidos os regimentos e os regulamentos (Brigadeiro Prof. Dr. Maurício Pazini Brandão, oficial general da reserva e especialista em indústria de defesa, 21/12/2016, membro da banca de defesa ao doutorado da autora).

³⁵ Segundo Brown (2010), Nos Estados Unidos da América, o Sistema de Aquisição de Defesa existe para gerenciar os investimentos nacionais em tecnologia, programas e produtos a fim de apoiar a Estratégia de Segurança Nacional e as Forças Armadas estadolindenses. Objetiva-se obter com agilidade produtos de qualidade que satisfaçam as necessidades de melhoria da missão a um preço razoável. Os principais princípios e os procedimentos que o Departamento de Defesa dos EUA utiliza são DoD Directive 5000.01 e o DoD Instruction 5000.02. De acordo com Amaro (2012), o Departamento de Defesa dos EUA estruturou uma universidade de aquisição para criar junto ao setor acadêmico as melhores condições, métodos e sistemas para o aproveitamento máximo do orçamento. A Defense Acquisition University (DAU) é um centro especializado na formação de pessoal qualificado para realização de compras na área militar. A DAU consolidou por meio de um

(2012), não é possível identificar no Brasil, com facilidade, os métodos que orientam a aquisição de produtos de defesa.

“A falta de um modelo de processo para aquisição de produtos de defesa que permeie modelos acadêmicos traz como consequências aquisições mal estruturadas e sem uma base de métodos de projeto contextualizada”. (AMARO, 2012, p. 19)

Contudo, observa-se um posicionamento estratégico do Ministério da Defesa brasileiro para constituição desse sistema, a partir da integração das necessidades das Forças Armadas (Exército, Marinha e Aeronáutica), sobretudo das compras que demandam maior esforço tecnológico (compras de produtos estratégicos), da interoperacionalidade das operações e do estímulo à constituição e ao fortalecimento da Base Industrial de Defesa,³⁶ para a redução da dependência tecnológica em relação ao exterior. (BRASIL, 2005a, 2005b, 2006, 2008, 2011, 2012a, e 2012b; ABDI, 2009)

No âmbito do Comando da Aeronáutica, a Diretriz sobre o Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica (DCA 400-6, 1992) é o principal documento que contém as fases (concepção, viabilidade, desenvolvimento/aquisição, produção, implantação, utilização, modernização e desativação) inerentes ao processo de aquisição de sistemas de defesa, com suas principais atividades e agentes responsáveis. O COMAER possui um órgão específico para o gerenciamento das aquisições de sistemas complexos, a Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate (COPAC), subordinada ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA). A COPAC foi criada em 1981, no então Ministério da Aeronáutica, em Brasília, para o gerenciamento do Programa AM-X, e a sua instituição

manual (Defense Acquisition Guidebook, 2012) as melhores práticas da área de aquisição de defesa para gerenciar os investimentos em tecnologia, produtos e programas que apoiam a Estratégia Nacional de Defesa dos EUA. Os profissionais da área de aquisição de defesa utilizam esse manual como uma referência para gerenciar suas responsabilidades.

³⁶ A definição de Base Industrial de Defesa é controversa conforme observado no estudo IPEA (2016), assim foi adotada a definição do Livro Branco que é mais abrangente: “é um conjunto de indústria e empresas organizadas em conformidade com a legislação brasileira, que participam de uma ou mais das etapas da pesquisa, desenvolvimento, produção, distribuição e manutenção de produtos de defesa.” (BRASIL, 2012a, p. 210). E foi adotada a seguinte definição de Produto de Defesa: “todo bem, serviço, obra ou informação, inclusive armamentos, munições, meios de transporte e de comunicações, fardamentos e materiais de uso individual e coletivo utilizados nas atividades finalísticas de defesa, com exceção daqueles de uso administrativo” (BRASIL, 2012b). A definição do IPEA exclui as empresas de usinagem de peças aeronáuticas da Base de Industrial de Defesa, o que consideramos inadequado, haja vista tais empresas representarem um número significativo de firmas com 100% de capital nacional, originadas para dar suporte às operações da Embraer, e que constituem a realidade do que encontramos no Brasil. A definição do IPEA exclui: “(...) as indústrias fornecedoras de peças de uso geral sem orientações militares específicas, ainda que estas façam parte de cadeias mais amplas de suprimento que resultem em bens ou serviços militares” (IPEA, 2016, p. 10).

permitiu a extensão da sistemática de compras de materiais e sistemas complexos para outras áreas do COMAER, como também para outros programas.

Assim, a COPAC é o principal organismo executivo na área de compras de aeronaves, sendo responsável por coordenar os processos de desenvolvimento e de aquisição de aeronaves de combate e, juntamente com os Órgãos de Direção Setorial e Assistência Direta e Imediata, ODSA,³⁷ coordenar as atividades de implantação desses sistemas de armas (RICA 21-235, 2010). Convém, então, considerar que o Comando da Aeronáutica, entre as três Forças, é a instituição mais habilitada a gerenciar programas complexos, pois possui o sistema mais completo, o qual abarca todas as etapas do processo de aquisição ou do desenvolvimento. Segundo Amaro (2012), o Exército Brasileiro emprega uma visão descentralizada na operacionalização das suas aquisições a partir da constituição de comissões de apoio à negociação. O modelo utilizado pelo Exército resume-se em apenas três fases: especificação, obtenção e emprego.

A decisão de adquirir um sistema de armas para a Força Aérea Brasileira é do Comandante da Aeronáutica (COMTAER) assessorado pelo Estado Maior da Aeronáutica (EMAER), segundo a sistemática estabelecida na Diretriz do Comando da Aeronáutica sobre o Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica (DCA 400-6, 1992). A coordenação geral dos programas de aquisição de sistemas ou materiais é do EMAER. A direção do programa também é designada pelo EMAER. Já a execução é de responsabilidade das organizações subordinadas aos ODSA ou empresas contratadas ou vinculadas. A gerência dos programas é determinada pelo COMTAER: designa-se um gerente do projeto que, auxiliado por uma equipe de especialistas, é o responsável pela condução unitária do programa e integrada do projeto. O gerente é o responsável por estabelecer as funções de supervisão e controle até a entrega do material ou sistema. Concluída a fase de implantação, a responsabilidade pela gerência do programa é transferida para o ODSA.

O Comando da Aeronáutica está subordinado à estrutura do Ministério da Defesa, por conseguinte está sujeito às diretrizes de defesa. A Estratégia Nacional de Defesa, aprovada pelo Decreto nº 6.703 de 18 de dezembro de 2008, é o principal documento que norteia os rumos e o futuro das Forças Armadas no Brasil, sobretudo quando se refere à criação de mecanismos de integração entre as três Forças Armadas – Exército, Marinha e Aeronáutica –,

³⁷ ODSA: “Órgão responsável pelo controle do Sistema ou Material e pela orientação do seu emprego, por meio da correta compreensão e observância por parte dos usuários, das diretrizes, normas, ordens e instruções pertinentes em vigor, de modo que se tenha o desempenho eficiente e eficaz do referido Sistema ou Material”. (DCA 400-6, 2007, p. 17)

além do estímulo à indústria nacional, a fim de que se consolide uma indústria de defesa independente e capacitada tecnologicamente. Especificamente sobre a Política Nacional de Defesa, tem-se o Decreto nº 5.484 de 30 de junho de 2005. E sobre a Política Nacional da Indústria de Defesa, tem-se a Portaria Normativa nº. 899/MD, de 19 de julho de 2005, e a Portaria Normativa nº. 586/MD, de 24 de abril de 2006, que se refere às ações estratégicas para a implementação dessa política.

A Estratégia Nacional de Defesa (2008) reúne as necessidades de reestruturação e integração das Forças Armadas e de reorganização da indústria nacional de defesa. O plano é focado em ações estratégicas de médio e longo prazo e tem como principal objetivo a modernização da estrutura nacional de defesa: 1) as Forças Armadas devem ser organizadas e orientadas para melhor cumprirem sua destinação institucional e integradas para operar em rede no monitoramento do território, do espaço aéreo e das águas, e 2) a indústria nacional de defesa deve ser reorganizada para atendimento das necessidades de equipamento das Forças Armadas, com o apoio focado no domínio de tecnologias nacionais. O complexo tecnológico de São José dos Campos mantém-se o sustentáculo da Força Aérea Brasileira na formação de militares e civis, possibilitando independência tecnológica, e no desenvolvimento de projetos que se distingam por sua fecundidade tecnológica (aplicação análoga em outras áreas) e por seu significado transformador, e não apenas por sua aplicação imediata.

A Política Nacional da Indústria de Defesa (2005) concentra-se no fortalecimento da Base Industrial de Defesa, a partir da conscientização da necessidade de se dispor de uma forte base industrial e de se diminuir progressivamente a dependência externa de produtos estratégicos, por meio do desenvolvimento e da produção internos. A construção e o fortalecimento de capacidades tecnológicas nacionais, a partir da parceria governo-indústria-universidade, com consequente desenvolvimento e fortalecimento da indústria nacional de defesa, é de fundamental importância para se alcançar o abastecimento seguro. Ainda fazem parte das diretrizes da Política Nacional de Defesa manter as forças estratégicas em condições de emprego imediato, fortalecer a infraestrutura de valor estratégico (transporte, energia e comunicações) e intensificar o intercâmbio entre as Forças Armadas, a indústria, as universidades e os institutos de pesquisas.

Especificamente, sobre a problemática de substituição da frota de aeronaves da Força Aérea Brasileira, a Estratégia Nacional de Defesa (2008) discorre que:

“O Brasil enfrenta, nesse particular, dilema corriqueiro em toda a parte: manter a prioridade das capacitações futuras sobre os gastos, sem tolerar desproteção aérea. Precisa investir nas capacidades que lhe assegurem potencial de fabricação independente de seus meios aéreos de defesa. Não pode, porém, aceitar ficar desfalcado de um escudo aéreo enquanto reúne as condições para ganhar tal independência. A solução a dar a esse problema é tão importante, e exerce efeitos tão variados sobre a situação estratégica do País na América do Sul e no mundo, que transcende uma mera discussão de equipamento e merece ser entendida como parte integrante da Estratégia Nacional de Defesa. O princípio genérico da solução é a rejeição das soluções extremas – simplesmente comprar no mercado internacional um caça de “quinta geração” ou sacrificar a compra para investir na modernização dos aviões existentes, nos projetos de aviões não-tripulados, no desenvolvimento, junto com outro país, do protótipo de um caça tripulado do futuro e na formação maciça de quadros científicos e técnicos. Convém solução híbrida, que providencie o avião de combate dentro do intervalo temporal necessário, mas que faça de maneira a criar condições para fabricação nacional de caças tripulados avançados.” (BRASIL, 2008, p. 30 e 31)

A solução apontada não é direta e não resolve a questão do ponto de vista dos órgãos executores. Tal citação é um exemplo da necessidade de se constituir no Brasil uma estrutura capaz de dar respostas às grandes demandas que permeiam esse assunto. Ressalta-se que a solução também ultrapassa os limites da compensação (*Offset*)³⁸ e envolve uma substancial iniciativa de concepção e de fabricação no Brasil, que somente será possível a partir da gestão estratégica do acúmulo de capacidades tecnológicas na indústria aeronáutica nacional.

3.2 A Diretriz de Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica (DCA 400-6)

Embora os mecanismos de ação coordenada entre as três Forças Armadas (Exército, Marinha e Aeronáutica) ainda não estejam inteiramente implementados no nível do Ministério da Defesa e não tenham ainda sido totalmente absorvidos pelos núcleos de decisão das Forças Armadas, a Estratégia Nacional de Defesa (2008) aponta para os rumos que deverão ser seguidos e harmoniza-se com as melhores práticas do cenário internacional. No atual contexto em que não se verifica um sistema de aquisição nos moldes do que foi mencionado nas estratégias, a Diretriz de Comando da Aeronáutica (DCA) 400-6 é o principal documento que normatiza a aquisição de um sistema de armas ou material de defesa estratégico na Força Aérea Brasileira. A primeira versão da DCA data de 1992 e a última versão atualizada é de 2007.³⁹

³⁸ “(...) toda e qualquer prática compensatória acordada entre as partes, como condição para importação de bens e serviços, com a intenção de gerar benefícios de natureza industrial, tecnológica e comercial.” (DCA 360-1, 2005, p. 10)

³⁹ Versão que tivemos acesso durante a pesquisa de campo, em 2011, na COPAC.

A DCA 400-6 (2007, p. 11) consolida o:

“Conjunto de procedimentos que vai desde a detecção da necessidade operacional, seu pleno atendimento por intermédio de um Sistema ou Material, a confrontação deste com os requisitos estabelecidos, o seu emprego, a avaliação operacional, a sua oportuna modernização ou revitalização até a sua desativação.”

A DCA 400-6 ordena o planejamento, a execução das fases e os principais eventos do ciclo de vida de um sistema ou material aeronáutico, bem como regula tecnicamente a atuação, a integração e a responsabilidade dos órgãos e sistemas do COMAER que intervêm no processo de aquisição. Não está no escopo dessa diretriz, executar atividades de fomento à indústria aeronáutica de defesa.⁴⁰ De acordo com DCA 400-6, o ciclo de vida dos sistemas e materiais da Aeronáutica é composto pelas fases de concepção, viabilidade, definição, desenvolvimento/aquisição, produção, implantação, utilização, revitalização, modernização ou melhoria e desativação.

A decisão de adquirir um sistema de armas para a Força Aérea Brasileira é do Comandante da Aeronáutica (COMTAER) assessorado pelo Estado Maior da Aeronáutica (EMAER). A coordenação geral dos programas de aquisição de sistemas ou materiais é do EMAER. A direção do programa é designada pelo EMAER. A execução é de responsabilidade das organizações subordinadas aos Órgãos de Direção Setorial e Assistência Direta e Imediata (ODSA) ou empresas contratas ou vinculadas. A gerência dos programas é determinada pelo COMTAER, designa-se um gerente do projeto que, auxiliado por uma equipe de especialistas, é o responsável pela condução unitária do programa e integrada do projeto. O gerente também é responsável por estabelecer as funções de supervisão e controle até a entrega do material ou sistema. Concluída a fase de implantação, a responsabilidade pela gerência do programa é transferida para o ODSA.

O processo inicia-se quando a ODSA detecta uma necessidade operacional ou logística, que se define como uma carência ou deficiência constatada, formalizada em documento específico (Necessidade Operacional – NOP), que somente poderá ser suprida mediante o fornecimento de um novo sistema ou material, ou de modificações de um já

⁴⁰ Miranda (2008) discorre sobre a política de nacionalização do COMAER, executado pelo Centro Logístico de Aeronáutica (CELOG), na capacitação da sua rede de fornecedores. Os dados revelaram que a não continuidade das vendas, a baixa escala de produção e o baixo valor agregado das encomendas implicaram limitações da política adotada para estímulo à base de fornecedores locais. E o baixo desempenho inovador reflete o fato de tratar-se de itens padronizados na sua maioria. A política de nacionalização não é concebida como uma política de fomento industrial e tecnológico, embora tenha sido responsável por transbordamentos em algumas empresas.

existente. A necessidade operacional também pode ser decorrente de uma inovação tecnológica que permita uma nova missão que contribua para aumentar a eficiência de missão já existente; uma oportunidade de mercado para substituição de um equipamento/sistema obsoleto, ou uma oportunidade econômica.

Elaborado o NOP, que dá origem ao Ciclo de Vida do Sistema ou Material, ele é encaminhado ao EMAER, seguindo a cadeia de comando. O EMAER avalia o NOP em função da Concepção Política e Estratégica da Aeronáutica e emite o Requisito Operacional (ROP). A elaboração do ROP ocorre com a participação das ODSA que estão envolvidas com o atendimento do NOP. Em função da magnitude do programa, o ROP poderá ser encaminhado para apreciação do Comandante da Aeronáutica. O ROP apresenta a descrição inicial das características de desempenho que o Sistema ou Material deverá apresentar, em termos qualitativos e quantitativos. Na Fase de Concepção, são elaborados o NOP e ROP.

Na Fase de Viabilidade, são compiladas todas as informações do Ciclo de Vida das alternativas de sistemas e materiais considerados viáveis. São também considerados os aspectos políticos do programa, os aspectos técnicos, os aspectos econômico-financeiros, os prazos, os riscos associados, bem como o dimensionamento do tempo necessário para disponibilidade dos recursos envolvidos. Planeja-se todo o ciclo de vida do material ou sistema, com as previsões de despesas futuras das diversas fases do ciclo de vida, acompanhadas das respectivas medidas administrativas a fim de garantir as dotações orçamentárias. É nesta fase que é realizado o primeiro contato formal com as empresas ou governos interessados (RFI – *Request for Information*) a fim de se obter os dados para a elaboração dos Requisitos Técnicos Logísticos e Industriais (RTLJ).

Neste momento, são avaliadas as alternativas de desenvolvimento e produção no país ou no exterior, e também a possibilidade de aquisição no mercado nacional ou estrangeiro. Caso a opção desejada seja o desenvolvimento ou aquisição no exterior, são estudadas as interações entre os órgãos do governo com as instituições estrangeiras. Empresas de engenharia e consultoria poderão participar desta fase por meio de consultas contratadas. O desenvolvimento dessas atribuições é de responsabilidade da ODSA. O EMAER revisa criticamente o estudo de viabilidade e verifica o impacto do novo projeto no Programa de Reaparelhamento e Adequação da Força Aérea Brasileira. A decisão é do CMTAER.

Na Fase de Definição, são designadas as equipes de gerência do projeto, que já assumem as funções de planejamento, execução e controle. Entende-se a Gerência como uma

organização transitória que contará com uma estrutura flexível, montada especificamente para a condução do projeto. Sua primeira atribuição é a formalização de um Grupo de Acompanhamento e Controle (GAC), organismo responsável pelo acompanhamento direto dos contratos. Outros gerentes específicos poderão ser designados em caso de necessidade, como por exemplo, um Gerente Logístico, um Gerente Operacional, um Gerente de Compensação Comercial, entre outros. A ODSA contratante é a responsável pelo recebimento do material e então deve constituir uma Comissão de Recebimento para conferir o material ou sistema desenvolvido.

Um Estudo de Definição precede a emissão do RLTI, este estudo poderá ser contratado de empresas ou entidades governamentais terceiras.⁴¹ Assim, em posse do Requisito Operacional e do Estudo de Definição é emitido o documento que contém as características técnicas, logísticas e industriais do material ou sistema selecionado, ou seja, os Requisitos Técnicos Logísticos e Industriais (RLTI). São elaboradas as especificações técnicas, pelo órgão responsável, com assessoria do DCTA/DECEA (Departamento de Controle e Espaço Aéreo do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial), da ODSA que gerou o NOP ou da indústria. Nos casos de aquisição, as especificações técnicas são propostas pelas empresas à ODSA contratante. O EMAER analisa as especificações e aprova.

Ainda na Fase de Definição, elabora-se o Plano de Desenvolvimento, que consiste em um planejamento detalhado, com metas, prazos e custos (referentes a trabalhos de pesquisa tecnológica, de desenvolvimento, de engenharia do produto, e do processo de certificação). É também elaborado o Plano de Nacionalização e de Transferência de Tecnologia (produção sob licença ou transferência de informações e conhecimento no desenvolvimento compartilhado de um material); e o Plano de Verificação, Ensaios e Certificação (processos de certificação e de garantia da qualidade).

O Edital ou Pedido de Oferta é elaborado com base no RLTI; é anexada a ele a minuta do contrato; e então o Edital ou Pedido de Oferta é encaminhado às empresas que cumpram as condições legais e técnicas. As empresas apresentam suas propostas para julgamento da Aeronáutica. Se tratar-se de um Dispensa de Licitação, o Pedido de Oferta é enviado a empresas selecionadas. As empresas são analisadas segundo critérios econômicos, financeiros

⁴¹ Um Estudo de Definição precede a emissão dos RLTI, com as seguintes etapas: elaboração de um Pedido de Oferta ou Edital de Licitação para o Estudo de Definição, que é a base para as negociações com as empresas; as empresas apresentam as propostas e as empresas são selecionadas para o Estudo de Definição.

e industriais, sendo então apresentada uma lista consolidada das empresas cujas ofertas atendam aos requisitos do EMAER.

As empresas da lista apresentam novamente suas propostas revisadas e finalmente apresentam suas melhores ofertas (*Best and Final Offer* – BAFO). Os estudos da sistemática de financiamento são feitos nesse momento. No caso de *Offset*, as empresas da lista consolidada ainda deverão apresentar os Projetos de Compensação, que serão submetidos à apreciação do Comitê de Compensação. Feitas as revisões de custo necessárias, o CMTAER autoriza a formalização do contrato. O EMAER, com base na estimativa de custos e no cronograma físico-financeiro, assessorado pela Secretaria de Economia e Finanças do Comando da Aeronáutica (SEFA), é responsável por ajustar a Proposta Orçamentária e o Plano Plurianual aos novos valores.

Na Fase de Desenvolvimento ou Aquisição, objetiva-se alcançar o ponto no projeto da produção seriada. Nesta fase são executados os Planos de Desenvolvimento (os trabalhos de pesquisa tecnológica, de desenvolvimento, de engenharia do produto para a produção do protótipo), de Nacionalização e Transferência de Tecnologia, de Compensação Comercial (a ser executado conforme Acordo de Compensação), de Verificação, de Ensaios e de Certificação (este plano pode ser substituído por um Plano de Verificação e Aceitação, em coordenação com as Organizações certificadores do COMAER); ou iniciado o processo de aquisição. Com os recursos creditícios e financeiros assegurados e o contrato formalizado inicia-se a implementação de medidas administrativas para gerenciamento do projeto, a constituição do GAC e das Comissões de Recebimento. Os protótipos são avaliados e os resultados considerados no planejamento e na execução da Avaliação Operacional.

O EMAER é responsável por expedir uma Diretriz de Implantação do sistema ou material que orientará os diversos Planos Setoriais das ODSA, sobretudo para os casos de recomposição ou aumento da frota de aeronaves. Deverão ser elaborados os seguintes planos:

- Plano de Apoio ao Emprego – ODSA responsável;
- Plano de Suprimento e Manutenção – ODSA responsável;
- Plano de Infraestrutura – ODSA responsável;
- Plano para Operação – ODSA operador;
- Plano de Adequação de Recursos Humanos – COMGEP;
- Plano de Capacitação de Recursos Humanos – DEPENDS.

O EMAER consolidará na proposta orçamentária, as necessidades anuais das ODSA em função do recebimento do novo material ou sistema. Neste momento, também são desenvolvidos e definidos o suporte logístico, sob responsabilidade do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), Comando-Geral de Apoio (COMGAP) ou Departamento de Controle e Espaço Aéreo (DECEA). Recomenda-se que o suporte logístico inicial seja negociado juntamente com o contrato de Desenvolvimento ou de Produção. Busca-se estabelecer a maneira pela qual a logística atenderá aos requisitos de performance operacionais do material, mediante a melhor relação custo-benefício, desde a sua entrada em ativação até sua desativação.

Este suporte deverá estar discriminado nos Pedidos de Oferta, na contratação ou definição do Suporte Logístico, na negociação de preços, na contratação do desenvolvimento dos diversos equipamentos de apoio (*AGE: Aerospace Ground Equipment; SLTE: Standard Laboratory Test Equipment; STTE: Special to-Type Test Equipment e ATS: Automatic Test System*), para os diversos níveis de manutenção, catalogação, treinamento, publicações técnicas, itens de reposição e assistência técnica. Devem ainda ser considerados os tempos e custos necessários aos ensaios de aprovação, bem como encargos sobre as modificações. O responsável pelo projeto produz um relatório e emite parecer sobre o andamento do projeto que submete ao EMAER para início da produção seriada. O CMTAER autoriza o prosseguimento do projeto. A minuta do contrato de produção é então aprovada.

A Fase de Produção desenrola-se quando houver a segurança necessária para se iniciar a etapa de produção seriada. No caso da aquisição de produtos já desenvolvidos (no país ou no exterior), esta fase terá início tão logo seja decidida a estratégia de aquisição (Fase de Viabilidade), considerados os passos aplicáveis das Fases de Definição e de Desenvolvimento. As empresas selecionadas para a Fase de Produção recebem apoio sob a forma de orientação técnica e gerencial, a fim de atingirem os níveis técnicos de qualidade contratual e a respectiva certificação. Nesta fase, é assinado simultaneamente o contrato com a empresa selecionada para realizar a produção e com a empresa selecionada para aquisição da logística necessária à operação inicial do sistema ou material.

Na subfase de execução, o governo fornece à empresa produtora os equipamento e meios estabelecidos no contrato. São ainda estabelecidas ações referentes à uniformização do material, com vistas à padronização da operação e à facilitação dos trabalhos de manutenção e suprimento. Os critérios de padronização foram instituídos nos Requisitos Operacionais e nas

especificações Técnicas. A execução será acompanhada GAC. E o recebimento ocorrerá por intermédio da Comissão de Recebimento.

A Fase de Implantação se refere às ações, no âmbito do COMAER, determinadas na Diretriz de Implantação e nos diversos Planos Setoriais, de forma a prepará-lo para receber o Sistema ou Material, distribuí-lo, ativá-lo e empregá-lo operacionalmente, bem como para proporcionar o seu suporte logístico continuado. É mandatário o início antecipado da Fase de Implantação, no decorrer da Fase de Desenvolvimento ou Aquisição, com a Diretriz de Implantação e seus Planos Setoriais.

A Fase de Utilização compõe-se de atividades operacionais e logísticas, relacionadas à garantia da qualidade, à avaliação de desempenho em operação (Avaliação Operacional Periódica), dos aspectos técnicos, logísticos e doutrinários, bem como a análise da expectativa de vida. É durante esta fase que se avalia continuamente a necessidade de se revitalizar, modernizar, melhorar ou desativar um Sistema ou Material. A Subfase de Controle da Garantia, de responsabilidade do operador, visa o acompanhamento dos itens sob garantia do fabricante ou apoiadas pelo Suporte Logístico contratado. Quando tratar-se de novas tecnologias e não se verificarem estatísticas de comportamento para seu controle, o fabricante deverá fornecer um modelo de acompanhamento da maturidade do material, esta situação está prevista em contrato.

Está também prevista a possibilidade de se adquirir itens em excesso para manutenção da linha de suprimento (cláusula *buy-back*). Na subfase de Operação, utiliza-se o sistema do ponto de vista logístico. As dificuldades que surgirem na operação deverão ser analisadas juntamente com COMGAP/DCTA/DECEA visando a imposição de medidas corretivas. O sistema é continuamente avaliado, a fim de que se verifique o atendimento aos requisitos operacionais estabelecidos. As conclusões dessas avaliações é que conduziram a um processo de revitalização, modernização, melhoria ou desativação. O ODSA operador, assessorado pelo DCTA e pelo operador, com base nos registros de desempenho infere sobre a expectativa de vida do material ou sistema, na qual não haverá deterioração significativa de seu desempenho. O CMTAER decide sobre revitalizar, modernizar, melhorar ou desativar um material, assessorado pelo ODSA operador ou pelo responsável pela logística.

Na Fase de Revitalização, Modernização ou Melhoria são introduzidas as modificações no sistema ou material que, no decorrer da Fase de Utilização, tenha sofrido perda ou degradação de sua eficiência, ou se tornado obsoleto ou desatualizado tecnologicamente, gerando dificuldades no suprimento, na manutenção ou na própria

operação ou substituição de partes, com vistas à restauração ou à evolução da sua capacidade operacional ou funcional. Assim, observada pela OSDA, a exaustão do equipamento ou sua obsolescência, ou mesmo observado o surgimento de uma oportunidade tecnológica ou econômica, confecciona-se o documento de Necessidade Operacional (NOP), iniciando-se um processo de modificação. O responsável pela execução da revitalização é o COMGAP/DECEA e pela modernização ou melhoria que exija processo de desenvolvimento ou certificação é o DCTA.

A Fase de Desativação desenvolve ações para o planejamento e para a execução da retirada do material de serviço e sua consequente alienação (do material ou sistema e do suporte logístico) ou inutilizarão (destruição ou incineração), encerrando o seu Ciclo de Vida, de maneira a evitar dispêndios desnecessários, tanto de recursos financeiros, quanto de recursos humanos e materiais. A desativação compreende as subfases de planejamento da desativação, a partir de um plano de desativação de responsabilidade do COMGAP/DCTA/DECEA, caso necessário, será acompanhado de um plano de alienação, no caso das aeronaves; e a Subfase de Execução da Desativação, na qual cessam-se a formação e treinamento de pessoal, a aquisição de equipamentos de apoio, os gastos em infraestrutura e os estudos sobre desempenho. A aquisição de suprimento e os trabalhos de manutenção são reduzidos ao mínimo necessário até sua suspensão total. Nesta altura do ciclo de vida do sistema, um novo sistema ou material já deverá estar em fase de produção a fim de que ocorra a sua substituição no momento adequado.

Na tabela abaixo, apresentamos todas as fases da DCA 400-6 (1992) e seus documentos relacionados, os planos e as principais etapas. E também apresentamos uma breve descrição de cada fase.

Tabela 3.1 DCA 400-6 (1992): Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica (2007)

FASE	DOCUMENTO	DESCRIÇÃO
Fase de Concepção	Necessidade Operacional NOP	O Emaer a valia o NOP em função da Concepção e da Estratégia da Aeronáutica e emite o ROP.
	Requisito Operacional ROP	O ROP apresenta a descrição inicial das características de desempenho que o sistema ou material deverá conter.
Fase de Viabilidade	Request for Information RFI	São compiladas todas as informações referente ao ciclo de vida, os aspectos políticos, técnicos, econômico-financeiros, prazos, riscos, tempo necessário para disponibilidade dos recursos envolvidos. É realizado o primeiro contato formal com as empresas (RFI), a fim de se obter os dados para a elaboração dos RTLI. Neste momento, são avaliadas as possibilidades de produção no Brasil ou no exterior.
Fase de Definição	Estudo de Definição	É designada a equipe de gerência do projeto (funções de planejamento, execução e controle). Formalização do Grupo de Acompanhamento e Controle (GAC). É realizado um estudo de definição que precede a emissão RTLI a empresas especializadas. ROP + Estudo de Definição = RTLI.
	Requisitos Técnicos Logísticos e Industriais RTLI	
	Especificações Técnicas	São elaboradas com a assessoria do Departamento de Controle e Espaço Aéreo (DCTA/DECEA) e com o auxílio do órgão detentor da necessidade ou da indústria. Nos casos de aquisição, as empresas propõe ao contratante.
	Plano de Desenvolvimento	Plano detalhado com metas, prazos e custos referentes à pesquisa tecnologia, à pesquisa de desenvolvimento, de engenharia de produto e do processo de certificação.
	Plano de Nacionalização e de Transferência de Tecnologia	Produção sob licença ou transferência de informações e conhecimento no desenvolvimento compartilhado de um material.
	Plano de Verificação, Ensaios e Certificação	Processos de certificação e garantia de qualidade.
	Edital ou Pedido de Oferta e Minuta de Contrato	É elaborado com base RTLI. A empresas apresentam suas propostas. Se tratar-se de Dispensa de licitação, o Pedido de Oferta é enviado a empresas selecionadas.
	Best and Final Offer BAFO	As empresas apresentam suas melhores ofertas.
	Estudos das Sistemáticas de Financiamento	
	Projetos de Compensação OFFSET	
	Corograma Físico-Financeiro da Secretaria de Economia Finanças da Aeronáutica	O Comandante da aeronáutica após todas as revisões necessárias autorizada a formalização do contrato.
Fase de Desenvolvimento	Plano de Desenvolvimento	São realizados os trabalhos de pesquisa tecnológica, de desenvolvimento e de engenharia de produto para o protótipo.
	Plano de Nacionalização e de Transferência de Tecnologia	
	Plano de Compensação Comercial.	
	Plano de Verificação, Ensaios e Certificação	Este plano pode ser substituído por uma Plano de Verificação e Aceitação.
	ou Processo de Aquisição	
	Avaliação Operacional	Os protótipos são avaliados e os resultados são considerados no planejamento e na execução da Avaliação Operacional.
	Diretriz de Implantação do Sistema ou Material: Plano de Apoio ao Emprego (ODSA responsável), Plano de Suprimento e Manutenção (ODSA responsável), Plano de Infraestrutura (ODSA responsável), Plano de Operação (ODSA operador), Plano de Adequação de Recursos Humanos (COMGEP) e Plano de Capacitação de Recursos Humanos (DEPENS)	Orientará os Planos Setoriais das ODSA, sobretudo para os casos de recomposição da frota.
	Plano de Suporte Logístico	Responsabilidade do DCTA, COMGAP e DECEA. Recomenda-se que o suporte logístico inicial seja negociado juntamente com o Contrato de Desenvolvimento ou de Produção.

Fase de Produção	Contrato	Os contratos são assinados. O governo fornece os equipamentos necessários à produção. São ainda estabelecidas ações referentes à uniformização do material, com vistas à padronização da operação e à facilitação dos trabalhos de manutenção e suprimento.
	Subfase de Execução	
Fase de Implantação		Execução da Diretriz de Implantação do Sistema ou Material. É mandatário o início antecipado da Fase de Implantação, no decorrer da Fase de Desenvolvimento ou Aquisição, com a Diretriz de Implantação e seus Planos Setoriais.
Fase de Utilização	Avaliação Operacional Periódica	Compõem-se de atividades operacionais e logísticas, relacionadas à garantia da qualidade, à avaliação de desempenho em operação, dos aspectos técnicos, logísticos e doutrinários, bem como a análise da expectativa de vida.
	Subfase de Controle da Garantia	Responsabilidade do operador, visa o acompanhamento dos itens sob garantia do fabricante ou apoiadas pelo Suporte Logístico contratado. Está também previsto a possibilidade de se adquirir itens em excesso para manutenção da linha de suprimento (cláusula buy-back).
	Subfase de Operação	Utiliza-se o sistema do ponto de vista logístico. As dificuldades que surgirem na operação deverão ser analisadas juntamente com COMGAP/DCTA/DECEA visando a imposição de medidas corretivas.
Fase de Revitalização, Modernização ou Melhoria	NOP	São introduzidas as modificações no sistema ou material que, no decorrer da Fase de Utilização, tenha sofrido perda ou degradação de sua eficiência, ou se tornado obsoleto ou desatualizado tecnologicamente. Para um processo de modificação.
Fase de Desativação	Subfase de Planejamento da Desativação	Retirada do material e sua conseqüente alienação (do material ou sistema e do suporte logístico) ou inutilizarão (destruição ou incineração), e encerrado o seu Ciclo de Vida.
	Subfase de Execução da Desativação	Cessam-se a formação e treinamento de pessoal, a aquisição de equipamentos de apoio, os gastos em infra-estrutura e os estudos sobre desempenho. Nesta altura do ciclo de vida do sistema, um novo sistema ou material já deverá estar em fase de produção a fim de que ocorra a sua substituição no momento adequado.

Fonte: Elaboração própria a partir da DCA 400-6 (2007).

Este é o contexto no qual os programas de aquisição de aeronaves militares são planejados e executados. Atualmente, essa capacidade de gestão (expertise) transborda para o Ministério da Defesa, através da Estratégia Nacional de Defesa e da criação do Departamento de Produtos de Defesa, que pretende ser a COPAC para as três Forças Armadas brasileiras.⁴²

⁴² Competências da Secretaria de Produtos de Defesa: assessorar o Ministro de Estado da Defesa nos assuntos de sua competência, inclusive nas matérias relativas à ciência, tecnologia e inovação; propor os fundamentos para a formulação e atualização da política nacional de ciência, tecnologia e inovação de defesa, visando ao desenvolvimento tecnológico e à criação de novos produtos de defesa, e acompanhar a sua execução; propor os fundamentos para a formulação e atualização da política nacional da indústria de defesa e acompanhar a sua execução; propor a formulação e atualização da política de compras de produtos de defesa e acompanhar a sua execução; propor a formulação e atualização da política nacional de catalogação e acompanhar a sua execução; normatizar e supervisionar as ações inerentes ao controle das importações e exportações de produtos de defesa. Em articulação com o Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas: acompanhar os processos e coordenar os programas e projetos de articulação e equipamentos de defesa; propor diretrizes para a determinação de necessidades e requisitos, em termos de aproveitamento comum, dos meios de defesa dimensionados pela análise estratégico-operacional; estabelecer, planejar e coordenar a padronização dos produtos de defesa de uso ou interesse comum das Forças Armadas; estabelecer e coordenar a integração das aquisições de interesse das Forças Armadas; e propor diretrizes relativas à obtenção e distribuição de bens e serviços; supervisionar e fomentar as atividades de tecnologia industrial; supervisionar as atividades de ciência, tecnologia e inovação visando ao desenvolvimento e à industrialização de novos produtos de defesa; representar o Ministério da Defesa, na sua área de atuação, perante outros Ministérios, fóruns nacionais e internacionais nas discussões de matérias que envolvam produtos de defesa e nos assuntos ligados à ciência, tecnologia e inovação

Ressalta-se que não existem planos para o desenvolvimento das capacidades tecnológicas *a priori* para que a indústria nacional possa dar resposta à demanda do governo, a necessidade somente chega ao setor privado no momento da divulgação dos editais e dos pedidos de oferta, conforme pode ser observado no Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica.⁴³ Segundo o Gerente do Programa AL-X (ano 2012), o COMAER, durante vários anos, dentro das suas possibilidades, fez política setorial e assim promoveu o desenvolvimento da indústria aeronáutica nacional. O Programa AM-X é um bom exemplo, cujo principal beneficiado foi a própria EMBRAER.

Os contatos mais profundos com os fornecedores são estabelecidos no momento da execução do programa. Geralmente, são preferidos contratos apenas com a empresa líder do setor aeronáutico brasileiro, a EMBRAER, assim ela gerencia a produção da aeronave junto a seus fornecedores, estrangeiros e nacionais, o que reduz a complexidade da administração de vários contratos para o próprio Comando da Aeronáutica.

3.2.1 Regimento Interno da Comissão Coordenadora de Aeronaves de Combate (COPAC)

No organograma da COPAC, a Divisão de Coordenação de Projetos (DCP) é a responsável por tratar dos assuntos relacionados à gestão dos projetos e é onde se insere a Gerência de Projetos (GEP). Existem também os Grupamentos de Acompanhamento e Controle (GAC), aos quais competem assessorar os gerentes de projeto e representar a COPAC junto às empresas, a fim de proceder ao controle das atividades contratadas em função do cronograma físico-financeiro.

A Gerência de Projetos (GEP) possui as seguintes competências, de acordo com seu Regimento Interno (RICA 21-235, 2010):

- controlar todas as atividades do projeto;

de interesse da defesa; supervisionar as atividades de aquisição de informações de tecnologia militar, do sistema militar de catalogação e do sistema nacional de catalogação. (http://www.defesa.gov.br/arquivos/2012/mes04/competencia_seprod.pdf acesso em 16 de outubro de 2013).

⁴³ Na França, existe a Lei de Programação Militar que fixa o gasto militar do governo francês para os próximos seis anos e define metas, como número de empregados e o volume de equipamentos a serem entregues. Na Austrália, existe o *Defense Capability Plan*, um plano atualizado e divulgado de dois em dois anos que oferece uma perspectiva do planejamento das Forças Armadas para a indústria nacional. Este plano descreve as aquisições que serão feitas, a capacidade da indústria local, os prazos para sua execução, os custos, a complexidade tecnológica dos programas, o modelo de seleção dos fornecedores, sua dimensão, bem como o cronograma de execução dos projetos. No Brasil, algumas iniciativas encontram-se em andamento e são de fundamental importância para a consolidação da Estratégia Nacional de Defesa, como por exemplo, o fim do contingenciamento dos recursos empregados nos programas militares.

- elaborar proposta de ciclo de vida específico do projeto;
- coordenar as atividades de implantação da estrutura gerencial do projeto;
- formular as estratégias das comissões de seleções de fornecedores;
- formular as estratégias de negociação de ofertas;
- solicitar a indicação e designação do gerente técnico, logístico, operacional e de compensação comercial, bem como dos pontos focais do projeto;
- elaborar os documentos de informação e de acompanhamento previstos para o projeto;
- coordenar as atividades de elaboração dos documentos previstos no ciclo de vida do projeto (estudo de viabilidade, requisitos técnicos e logísticos industriais rti, pedido de informações pfi, pedido de oferta rfp);
- conduzir as negociações de todos os contratos do projeto;
- acompanhar a tramitação de todos os contratos;
- acompanhar a tramitação de eventuais financiamentos externos;
- elaborar o cronograma físico-financeiro do projeto;
- elaborar a proposta orçamentária do projeto;
- coordenar o provimento do *government furnished facilities* (gff), *government furnished equipment* (gfe), *government furnished data* (gfd);
- manter um sistema de informação entre a estrutura gerencial do projeto e as empresas contratadas;
- estabelecer os procedimentos de salvaguarda dos assuntos sigilosos no âmbito do projeto;
- manter os processos administrativos de gestão e execução contratual para fins de controle interno e externo;
- preparar e atualizar permanente uma apresentação do tipo palestra a respeito do projeto;
- controlar garantias financeiras dos contratos;
- compartilhar conhecimentos referentes à gestão dos projetos;
- elaborar propostas de informações para a imprensa a respeito de fatos relevantes;
- controlar os materiais consumidos pelos projetos ou transferidos para os elos do sistema;
- elaborar planejamento de despesas gerenciais do projeto;

- participar por meios técnicos das fases de elaboração de requisitos, análises de ofertas quantificações de homem-hora para as contratações, recebimentos de objetos contratuais;
- participar das atividades de formulação e execução das práticas de compensação comercial, industrial e tecnológica relativas ao projeto.

Aos Grupamentos de Acompanhamento e Controle (GAC) competem (RICA 21-235, 2010):

- auxiliar na avaliação dos custos dos contratos;
- participar das análises das propostas;
- assessorar nas negociações dos termos aditivos;
- acompanhar e controlar, junto às empresas, o andamento das atividades do cronograma físico-financeiro;
- acompanhar e controlar, junto às empresas, o cumprimento das normas de segurança do conhecimento e da salvaguarda de assuntos sigilosos;
- manter as informações do projeto;
- controlar a entrega dos gfe, gff e gfd;
- manter o controle dos bens do comando da aeronáutica colocados à disposição das empresas;
- atuar como protocolo de documentos oficiais;
- atuar como organização responsável pelo recebimento temporário de contratos;
- indicar pessoal do gac para compor as comissões de recebimentos de contratos;
- assessorar e apoiar as estruturas gerenciais dos projetos.

3.3 Instrumento Específico de Capacitação da Indústria Aeronáutica Brasileira: A Política e a Estratégia de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica (Offset)

O Comando da Aeronáutica, segundo a DCA 360-1 (2005, p. 8),

“(...) passa a considerar como fator essencial, no âmbito de sua competência de direção e gestão, a obtenção de reciprocidade de fornecedores estrangeiros destinados, prioritariamente, à atividade aeroespacial, civil e militar, com vistas ao desenvolvimento e à modernização tecnológica e industrial do setor aeroespacial brasileiro e, excepcionalmente, de outras áreas de interesse do país.”

A DCA 360-1 (2005) trata especificamente da política e estratégia de compensação do Comando da Aeronáutica. Por compensação ou *Offset* entende-se:

“(...) toda e qualquer prática compensatória acordada entre as partes, como condição para importação de bens e serviços, com a intenção de gerar benefícios de natureza industrial, tecnológica e comercial.” (DCA 360-1, 2005, p. 10)

Podem resultar dos acordos de compensação, como forma de transferência de tecnologia: assistência técnica, pesquisa e desenvolvimento, treinamento e outras atividades que representem um aumento qualitativo do nível tecnológico do país.

Existem as seguintes modalidades de transações de compensação: 1) Produção sob Licença – produto com origem no exterior que será reproduzido no Brasil, a partir de um contrato de transferência de informação técnica entre fornecedores estrangeiros e fabricantes nacionais; 2) Coprodução – produção, no Brasil, a partir de um acordo entre o governo brasileiro e o governo de um ou mais países estrangeiros que permita a transferência de informação técnica para produção do todo ou parte de um produto originado no exterior; e 3) Produção Sob Subcontrato – produção no Brasil de parte de um componente originado de fornecedor estrangeiro, trata-se de um acordo direto entre o fornecedor estrangeiro e a empresa nacional. Outros acordos comerciais podem ser exigidos: 1) Contracompra (*Counter-Purchase*) – acordo com fornecedores estrangeiros para que ele compre ou consiga um comprador para um determinado valor em produtos de um fabricante nacional durante um tempo determinado; 2) Subcontratação (*Buy-Back*) – acordo para que o fornecedor estrangeiro aceite como pagamento (parcial ou total) produtos derivados do produto originalmente importado, aplicado, por exemplo, na compra de máquinas e equipamento de produção; 3) Troca (*Bater*) – troca de produtos por outro de valor equivalente. (DCA 360-1, 2005, p. 13 e 14)

Como regra do Ministério da Defesa do Brasil, estabeleceu-se que os contratos de importação que envolvem valores acima de cinco milhões de dólares ou equivalente em outra moeda devem necessariamente incluir cláusulas de compensação, para o caso de uma única compra ou uma compra cumulativa ao longo de doze meses com o mesmo fornecedor.

A compensação tem como objetivo:

“(...) a promoção do crescimento dos níveis tecnológicos e de qualidade do Parque Industrial Aeroespacial Brasileiro, com a modernização dos métodos e processos de produção e implementação de novas tecnologias.” (DCA-360-1, 2005, p. 14)

Dentre os objetivos específicos dessa política, ressalta-se o fomento e o fortalecimento da indústria de interesse do Comando da Aeronáutica, com consequente aumento da nacionalização, do acúmulo de capacidades tecnológicas e o desenvolvimento dos recursos humanos do parque industrial aeroespacial. É ainda citada, na DCA 360-1 (2005), a possibilidade de exigência de compensação na contratação de empresas nacionais que tenham que importar bens e serviços no exterior. Nesse caso, a compensação é cumprida diretamente pelos fornecedores estrangeiros.

O fundamento teórico principal dessa política de compensação está no entendimento de que a Aeronáutica detém a responsabilidade do estímulo continuado ao aprimoramento tecnológico e ao desenvolvimento da indústria aeronáutica brasileira. E assim tem procurado criar condições para que as empresas ultrapassem a forma embrionária e insiram-se no mercado internacional de maior complexidade tecnológica. As ações estratégicas da compensação devem, então, ser norteadas pela busca da autonomia no setor aeroespacial, priorizando as atividades que agreguem maior valor tecnológico, de modo a privilegiar a efetiva participação da indústria nacional, a partir da transferência de tecnologia e do aumento da carga de trabalho do parque industrial brasileiro nos contratos de importação.

A importância estratégica do *Offset* alterou a forma do COMAER pensar o processo de aquisição de aeronaves militares, de maneira que não é mais somente a aquisição do produto que importa, mas sim a capacidade futura de produzir aquele equipamento internamente num futuro próximo. Entende-se que o Comando da Aeronáutica, alinhado às diretrizes da Casa Civil (Decreto nº 7.546) e do Ministério da Defesa (Estratégia Nacional de Defesa), toma para si a responsabilidade de estimular a indústria nacional a partir de suas compras públicas.

Em termos operacionais, o Estado Maior da Aeronáutica (EMAER) estabelece as orientações preliminares dos acordos de compensação, a partir do banco de dados do Comitê de Compensação,⁴⁴ que reúne as necessidades de todas as unidades do COMAER⁴⁵ e é o responsável por elaborar os documentos contendo os parâmetros para a oferta da compensação. O EMAER também pode receber sugestões de projetos de compensação das

⁴⁴ Comitê de Compensação: “É o grupo composto por oficiais gerais representantes de Órgão de Direção Geral e do Gabinete do Comandante da Aeronáutica que tenham por atribuição a celebração de Acordos de Compensação” (DCA 360-1, p. 10).

⁴⁵ O Estado Maior possui processos muito bem estabelecidos para, em conjunto com os operadores, estabelecer os requisitos dos equipamentos de que necessita.

unidades contratantes.⁴⁶ O Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI)⁴⁷ é a organização responsável por assessorar na elaboração das necessidades setoriais de compensação, na elaboração dos requisitos e nos instrumentos convocatórios, no apoio nas negociações, nas análises das ofertas dos projetos, nas atividades de controle e de fiscalização da execução desses acordos. (DCA-360-1)

Depois de elaborado o documento que estabelece os requisitos da compensação, a COPAC, que na maioria dos casos é a organização contratante, emite um edital de convocação para que as empresas interessadas façam sua oferta de contrapartidas. Durante o processo de negociação com a empresa selecionada, é definido exatamente o que a empresa irá fornecer como contrapartida para o acordo. A empresa faz uma oferta do que pode fazer como contrapartida seguindo os requisitos gerais exigidos pelo COMAER. A experiência dos servidores do IFI e da COPAC permite que o diálogo com as empresas estrangeiras se dê em alto nível, de modo que seja realmente cedido como contrapartida algo que tenha valor para o desenvolvimento tecnológico do país. Isso eleva a credibilidade interna e a externa dos servidores envolvidos em operações de compensação.

3.3.1 A política de *Offset* a partir da opinião de especialistas⁴⁸

Foram entrevistados, durante esta pesquisa, pessoas da COPAC, do IFI e de empresas da indústria aeronáutica com reconhecida experiência em programas de defesa, acordos e contratos que envolvem *Offset*. Deve-se notar que a interpretação do conteúdo das entrevistas pode ser atribuída apenas à autora desta Tese, a qual assume quaisquer erros que possam eventualmente ser detectados.

⁴⁶ Contratante: “União Federal, por intermédio da Aeronáutica, representada por uma Unidade Gestora.” (DCA 360-1, p. 10)

⁴⁷ O IFI é órgão do COMAER que possui a atribuição por fomentar a indústria aeronáutica nacional através de atividades de certificação, metrologia, redução do ICMS para empresas aeronáuticas cadastradas (Acordo Interministerial 71/91) e *Offset*. O IFI é a “porta de entrada para as empresas.”

⁴⁸ Ressalta-se que o conteúdo desta seção baseia-se nas análises das entrevistas realizadas e dos documentos do COMAER sobre *Offset*. Esse tema permeia nossa pesquisa, mas não é nosso tema central. Os entrevistados disseram livremente sobre suas opiniões pessoais a respeito da política de *Offset* e o que disseram não representa diretamente a opinião da instituição à qual estão subordinados. A autora estava preocupada em encontrar os responsáveis por coletar de forma sistemática as informações de empresas aptas a participarem de contratos de compensação, de modo que pudesse ser aproveitado o potencial das empresas brasileiras.

3.3.1.1 O papel do IFI na política de *Offset* e no fomento à indústria aeronáutica nacional

Segundo os entrevistados, o conceito de *Offset* alterou significativamente a racionalidade das aquisições do COMAER no exterior. Questões relacionadas à transferência de tecnologia de um fornecedor externo para uma empresa ou instituição de ciência e tecnologia situada no Brasil têm determinado qual empresa será escolhida para a compra externa. Muito mais do que o produto em si, o Brasil está interessado em absorver a tecnologia para que no futuro possa produzir o mesmo produto ou outro com a tecnologia que foi absorvida. A primeira portaria ministerial sobre acordos de compensação data de janeiro de 1992, tendo sido publicada pelo então Ministério da Aeronáutica. Antes disso, a Aeronáutica (em menor grau o Exército) já aplicava esse conceito de forma pontual. A partir da institucionalização do Ministério da Defesa, essa política foi expandida para as demais Forças, Exército e Marinha, convalidando aquilo que principalmente o COMAER já usava como regra.

O IFI atua diretamente avaliando as propostas e concedendo o parecer se o que foi acordado foi realmente executado. O IFI, ao realizar o controle e o acompanhamento dos Acordos de Compensação, o faz a partir de visitas técnicas e levantamento de informações junto aos beneficiários dos acordos, haja vista as implicações do acordo terem que gerar benefícios nas organizações no Brasil. São controladas entregas reais do acordo, com os respectivos documentos oficiais que comprovem essas transações. No entanto, muitas vezes os beneficiários não estão preparados para informar ao IFI nos moldes que são exigidos.

Quando um parecer é emitido informando que a empresa beneficiária não recebeu totalmente a contrapartida acordada, várias organizações poderão ser envolvidas em um difícil e longo processo, uma vez que a organização que firmou o acordo muitas vezes não tinha condições de responder à demanda e para tanto contratou outra organização para dar um treinamento específico, por exemplo. Além disso, o IFI deve estar extremamente respaldado em documentos para não aceitar a contabilização de um crédito de *Offset* em favor de um fornecedor externo, deduzindo sua obrigação, porque se entende que tal execução, ainda que parcial, já gerou custos para organização que realizou acordo com o COMAER. Tal parecer é enviado à COPAC que toma as providências. A equipe do IFI que realiza tal atividade é composta atualmente por oito analistas, um chefe imediato e um chefe superior.⁴⁹

⁴⁹ O que nos parece pouco, haja vista a vocação do IFI para fomentar a indústria aeronáutica nacional.

Os entrevistados enfatizaram que o IFI não indica empresas para participarem de acordos de compensação, pois a atual política de *Offset* do COMAER atribui ao fornecedor estrangeiro a escolha das parcerias nacionais, assim como os riscos e ônus dessa decisão. Em situações excepcionais e de natureza estratégica, o COMAER se reserva o direito de especificar empresas como beneficiária. Nesse sentido, o IFI atua fornecendo uma lista de fornecedores que pode interessar ao contratado – o Catálogo de Empresas do Setor Aeroespacial (CESAER), no qual se pode obter informações básicas sobre as empresas aptas a fornecerem ao COMAER –, também promove reuniões, *workshops* e rodadas de negócios entre potenciais fornecedores estrangeiros e empresas nacionais. O IFI pode indicar órgãos do governo, como institutos de pesquisas, pois o governo torna-se o avalista de todo o processo.

O *Offset* aparece como uma capacidade criada pelo COMAER para atender a mudança na forma de apoiar o desenvolvimento das capacidades da indústria aeronáutica brasileira, que difere substancialmente do modelo empregado no Programa AMX, no Programa de Industrialização Completar (PIC), que será abordado nas próximas seções, que visava ao desenvolvimento direto de fornecedores e não de capacidades.

O IFI possui a pretensão futura de compor um banco de dados de informações estratégicas de empresas e oportunidades de projetos que possam ser utilizadas em futuros acordos de *Offset*, de modo que seja possível conhecer o que a empresa precisa absorver em termos de conhecimento para alcançar determinado patamar tecnológico para atender uma demanda futura do COMAER. As associações de classe, como a Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança, o Parque Tecnológico de São José dos Campos e outros, são meios úteis para o levantamento deste tipo de informação.

Não existem muitas empresas aeronáuticas no Brasil aptas a absorverem tecnologia de fronteira das empresas dos países avançados, de modo que basicamente sempre as mesmas empresas têm sido consideradas como possíveis beneficiárias de *Offset*. Por isso, é preocupação do IFI propor a criação de mecanismos para reservar parte da obrigação de *Offset* para pequenas e médias empresas e para as empresas estratégicas de defesa (Lei 12.598, de 22 de março de 2012), estas que possuem como requisito a participação mínima de capital nacional na composição acionária da empresa, dentre outras condições.

Um mapeamento das possibilidades de evolução tecnológica, por diferentes segmentos da indústria aeronáutica, de empresas de nível básico e intermediário, poderia apresentar novas oportunidades relevantes de *Offset* para o adensamento dessa indústria. Da mesma maneira, é de vital relevância serem conhecidas as pretensões da Embraer em termos da

nacionalização de serviços, sobretudo dos de usinagem que poderiam ser repassados à base nacional, haja vista a tendência atual da empresa em repassar a sua base nacional serviços de maior complexidade. Durante a pesquisa de campo dessa Tese, chamou-nos muito a atenção o caso da empresa “I”, uma empresa de usinagem de cerca de 150 funcionários. A Embraer tinha o interesse de nacionalizar um tipo furação do piso do KC-390, que até aquele momento só poderia ser realizado no exterior. As equipes da Embraer e da empresa “I” conseguiram com êxito nacionalizar esse tipo de furação para um propósito específico.

O conhecimento real do potencial da base nacional de pequenos e médios fornecedores, unido ao conhecimento prévio das demandas da Embraer sobre essa base, sobretudo em termos de serviços que poderiam ser nacionalizados, traz uma possibilidade real de adensamento para a cadeia produtiva aeronáutica a partir dos mecanismos de *Offset*, que já são amplamente utilizados para casos mais complexos. Tais atividades permitem que o IFI aprimore sua assessoria ao EMAER, na elaboração de um plano estratégico de longo prazo de acordos de compensação, de modo que seja contemplada a situação real de grande parte das empresas aeronáuticas que se encontram em níveis de complexidade básicos e intermediários, o que é, sobretudo, o caso de grande parte dos fornecedores nacionais Embraer (pequenos e médios).

As propostas de *Offset* são fornecidas pelas empresas estrangeiras de acordo com os requisitos gerais do COMAER, com as possibilidades da empresa estrangeira e com o potencial interno de absorção da tecnologia. A capacidade de absorção da tecnologia por parte da beneficiária é parte fundamental no êxito da transferência. Assim, parece-nos essencial que o *Offset* seja desenhado pelo país que deseja absorver a tecnologia de acordo com sua capacidade instalada, mesmo que ela não esteja em um nível de complexidade avançado, mas que gere um resultado efetivo de elevação do nível de complexidade de empresas localizadas no Brasil.

3.3.1.2 Visão de um gerente de programa do COMAER

Segundo o entrevistado, a sistemática de aquisição baseada no *Offset* desenvolvida e implementada pelo COMAER, nos últimos anos, tornou-se uma referência no Ministério da Defesa, o que incentivou a sua implementação no âmbito nacional e nas demais forças. Tornou-se também uma importante ferramenta de alavancagem das indústrias aeronáutica e aeroespacial. Estas encontram-se em um estágio mais adiantado, quando comparadas com as indústrias que dão suporte às forças terrestre e naval.

O COMAER, sempre que possível, concede preferência à utilização da empresa nacional, no entanto, no caso específico de uma indústria de elevada complexidade tecnológica, faltam empresas aptas a darem respostas às demandas do governo e dentro dos padrões das necessidades da empresa líder. Nota o gerente que a Embraer apresenta aos gerentes de Programas da COPAC a avaliação de risco das nacionais que poderiam produzir determinado item. No entanto, em muitos casos, essas empresas ainda não possuem experiência na produção do item ou possuem apenas um projeto para implementação futura, o que aumenta consideravelmente o risco da operação. Como o foco da Embraer é a otimização das suas ações para o cumprimento dos contratos assumidos e o da COPAC é ter determinado produto pronto em um horizonte temporal definido, nesse momento, a opção da produção nacional deixa de existir e um parceiro no exterior com mais anos de experiência é escolhido para fornecer o item. Conforme o gerente do Programa AL-X, o COMAER, dentro das suas possibilidades, realizou atividades pontuais (setoriais) que promoveram o desenvolvimento da indústria aeronáutica nacional, sendo o exemplo mais latente, o Programa AM-X.

O entrevistado também ressaltou que não faz partes das opções disponíveis ao governo brasileiro pressionar a Embraer a se associar a uma empresa que não está apta a produzir peças e equipamentos. O que se pode é “forçar” uma associação entre uma empresa estrangeira e uma nacional, e, nesse contexto, o *Offset* é o principal instrumento disponível que pode possibilitar a transferência inicial de conhecimento do exterior para o interior da empresa. A empresa pode não fornecer para o programa em questão no qual houve a associação, mas terá condições de se estruturar para que possa fornecer para outro programa.

O que não existe é uma sistemática definida que dê conta da continuidade dos incentivos que essa empresa nacional precisa para evoluir tecnologicamente. O *Offset* é limitado para propiciar um salto tecnológico, é uma iniciativa pontual, ele não é por si só um motor capaz de levar à inovação. Na categoria proposta por Leitão (1985), pode-se associar as vantagens do *Offset* ao potencial de desenvolvimento das capacidades tecnológicas da firma a partir do domínio do nível operacional (*learning by doing*) e do desempacotamento tecnológico (atividades de engenharia básica e pesquisa), vislumbrando a reprodução da tecnologia importada.

3.3.1.3 Um importante contraponto a ser considerado sobre a política de *Offset*

Segundo os entrevistados, é primordial saber diferenciar como as compras do governo podem induzir ao desenvolvimento de uma inovação e ao desenvolvimento de uma cadeia

produtiva nacional. A inovação gerada pelas compras públicas deve ser capaz de se sustentar no mercado na etapa seguinte.

“Não adianta criar um novo produto se não houver demanda para esse produto no mercado. A empresa deve ser capaz de se sustentar no mercado e não ser dependente de uma demanda do governo. O gasto público deve ser encarado como um primeiro estímulo para o desenvolvimento de uma inovação, o passo seguinte é a empresa manter-se no mercado autonomamente. Tais questões não devem ser misturadas com questões protecionistas. (...) quando você tenta desenvolver a indústria através de medidas protecionistas, sem ter demandas domésticas suficientes para sustentar a indústria toda, você acaba matando a indústria no passo seguinte”. (Fonte: entrevistas)

O desenvolvimento de uma cadeia produtiva sustentável vai muito além da geração de uma inovação por uma compra pública, é preciso ações no sentido de se desenvolver uma cadeia globalmente competitiva. O *Offset* é uma ferramenta muito interessante para o desenvolvimento de itens estratégicos que se queira produzir no país, mas não deve ser usado de modo generalizado, pois não é uma ferramenta sustentável de desenvolvimento de fornecedores. Para se utilizar o *Offset* como mecanismo para agregar valor à capacidade industrial, científica e tecnológica do Brasil, é preciso desenvolver primeiro uma visão estratégica. Ter um planejamento de longo prazo para saber para onde é importante direcionar recursos para tal finalidade. Não pode ser uma obrigação genérica a se cumprir, pois o país acaba adquirindo coisas de que não precisa e quando o acordo é finalizado, as atividades são encerradas sem continuidade.

Os acordos de compensação geram custo para a empresa contratada, consequentemente alteram a competitividade em questão, porque mudam o valor dos contratos. Embora os editais de compras que exijam *Offset* informem que tais custos não podem aparecer nos contratos, eles existem e são arcados pela empresa contratada. Assim, toda exigência de *Offset* impõe um impacto de custos ao contrato – o que deve ser encarado como algo natural, mas que reforça a necessidade de se usar tais acordos para itens considerados estratégicos dentro de um planejamento de longo prazo. Logo, a exigência generalizada de *Offset* não contribui para o desenvolvimento da indústria se não existe um planejamento completo para esse desenvolvimento, ou seja, uma visão estratégica sobre sua sustentabilidade no longo prazo.

A Embraer, a principal empresa da indústria aeronáutica brasileira, é uma firma global e somente conseguiu manter-se no mercado porque direcionou seus esforços para vender para o mundo. Para manter-se competitiva, ela precisa de fornecedores globais que apresentem custos globalmente competitivos. Empresas que fornecem somente para Embraer como cliente principal permanecem como fornecedoras na medida em que contribuem para que ela

continue globalmente competitiva. Atualmente, mais de 90% da receita da Embraer vem do exterior. O produto deve ser competitivo em vários aspectos: preço, tecnologia, suporte pós-venda e evoluções do produto. Portanto, a Embraer se beneficiaria muito de uma cadeia aeronáutica brasileira globalmente competitiva. E essa é uma tarefa de governo.

Então, segundo os entrevistados, supondo que voltássemos a um modelo de reserva de mercado e de substituição das importações no qual a Embraer só pudesse comprar equipamentos no Brasil, em poucos anos, a empresa seria fechada. A menos que tivesse sido realizado um trabalho de longo prazo para se desenvolver uma cadeia de suprimentos globalmente competitiva, pois ela tem que contribuir para que a empresa tenha um produto competitivo - isso é sustentável. Logo, é preciso tomar muito cuidado para não misturar compras governamentais e política de *Offset* com essa mesma política e voltar para trás 20 anos, porque isso, com certeza, “mataria” a indústria.

3.4 Considerações Finais

Em relação ao contexto geral da política de aquisições do COMAER, a política de *Offset* tem sido a nova forma de se adquirir capacidades em empresas brasileiras, sem, contudo, apoiar ou gerar continuidade na evolução dessas capacidades, pois o *Offset* é pontual, ou seja, é oferecida a compensação e não há continuidade ao processo de capacitação, em muitos dos casos. Percebeu-se que a COPAC e o IFI não estão munidos de ferramentas para condução de um maior nível de interferência na seleção dos beneficiários de *Offset* para a promoção da Base Industrial de Defesa. Ademais, a Estratégia Nacional de Defesa (Brasil, 2008) tampouco apoia o fortalecimento da indústria nacional, na medida em que não faz política industrial para gerar autonomia aos fornecedores locais.

4 PROGRAMA AM-X (1981-2011): IMPACTOS TECNOLÓGICOS SOBRE O COMANDO DA AERONÁUTICA E SOBRE A INDÚSTRIA AERONÁUTICA BRASILEIRA

O objetivo deste capítulo é recuperar a experiência do Programa AM-X, a partir de pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e pesquisa de campo na COPAC, IFI e empresas da indústria aeronáutica, como um exemplo de programa que agregou capacitação tecnológica ao COMAER e à indústria aeronáutica brasileira, sobretudo à Embraer, Ael Sistemas e Celma, por meio do Programa de Industrialização Complementar (PIC).

4.1 Estágio de Pesquisa na COPAC

Durante o mês de agosto de 2011, foi realizado um estágio de pesquisa na COPAC, em Brasília, para levantamento das diretrizes gerais do Programa AM-X, dos contratos do Programa de Industrialização Complementar (PIC) e dos contratos de licenciamento de tecnologia. Foram analisados manualmente os contratos do Programa de Compra Conjunta do Caça Bombardeiro Reconhecedor Leve AM-X e do Processo de Modernização (1981 a 2011), o Programa de Industrialização Complementar (1987), os Memorandos de Entendimento Brasil-Itália (1981 a 1995), os contratos do Programa da Aeronave AL-X (1995-2007) e os contratos do Programa de Modernização da Aeronave F5 (1974-2011).

Os contratos do AM-X e do PIC estavam impressos em papel no arquivo Central da COPAC. O arquivamento era norteado por uma planilha de contratos denominada Controle de Contratos COPAC, na qual era possível identificar importantes aspectos dos contratos, como a que projeto se vinculava, firma contratada, período, objeto resumido, entre outros.⁵⁰ Os Memorandos de Entendimento estavam impressos na gerência do Programa AM-X. Os

⁵⁰ Para checar as informações em detalhe foram selecionados os principais contratos para análise manual, com o objetivo de buscar peculiaridades quanto à forma de contratação que possibilitasse a capacitação da indústria aeronáutica nacional. Foram encontradas algumas referências esparsas do Programa de Industrialização Complementar (PIC). As pastas que continham os contratos não estavam rigorosamente organizadas, muitos dos documentos também não eram os originais e se misturavam com as minutas dos contratos, sem terem sido encontradas as versões finais de muitos contratos.

documentos analisados do Programa AL-X e F-5 estavam em mídia digital na gerência dos referidos programas.

A legislação básica do COMAER, Regimento Interno do DCTA e da COPAC, e o Regulamento da COPAC foram disponibilizados em mídia digital pela Gerência do AM-X. Foram entrevistados informalmente o gerente do Programa AM-X do ano 2011 e sua equipe direta, na qual havia um coronel da reserva na função de assessor que acompanhou o Programa AM-X desde a sua origem. Também foram entrevistados informalmente o gerente do Programa AL-X do ano 2011, o gerente do Programa F-5 do ano 2011 e a Seção de Finanças do ano de 2011, os quais disponibilizaram acesso à visualização dos contratos dos referidos Programas e às planilhas de execução financeira. Dado o conteúdo confidencial do material acessado, tudo foi lido apenas para compreensão dos aspectos gerais dos referidos programas. O maior detalhamento no levantamento das informações concentrou-se nas informações industriais do Programa AM-X e no seu delineamento geral.

O Programa AM-X será apresentado, na próxima seção, segundo as áreas de conhecimento do *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK). O PMBOK é um guia de boas práticas para o gerenciamento de projetos a partir da identificação e detalhamento de grupos de processos que devem ser iniciados e finalizados para execução dos objetivos do projeto. Os grupos de processos são operacionalizados dentro das áreas de conhecimento que realmente se ocupam de todas as facetas do projeto e de suas interações. A sistematização das informações coletadas durante o estágio realizado na COPAC, por áreas de conhecimento do PMBOK, foi a forma mais pragmática que encontramos para apresentação dos detalhes do programa.

4.2 Visão geral do *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK)

Segundo o PMBOK (2004), o gerenciamento de projetos é executado em um ambiente mais amplo que o do projeto propriamente dito. O ciclo de vida do projeto define as fases que conectam o início de um projeto ao seu final e não necessariamente coincide com o ciclo de vida do produto. As motivações que normalmente criam estímulo para um projeto são geralmente problemas, oportunidades ou necessidades de negócios. Quando uma oportunidade que se deseja aproveitar é identificada, realiza-se um estudo de viabilidade para saber se deve ou não realizar o projeto.

O estudo de viabilidade pode ser uma fase do projeto ou pode compor um projeto autônomo em separado. A passagem de uma fase para outra dentro do ciclo de vida do projeto

em geral envolve uma transferência técnica ou entrega. Algumas organizações estabelecem políticas que padronizam todos os projetos com um único ciclo de vida, enquanto outras adequam o ciclo de vida a cada projeto. No âmbito do Comando da Aeronáutica, o assunto é regulado pela Diretriz de Comando da Aeronáutica (DCA) 400-6 de 2007. A DCA 400-6, conforme apresentado anteriormente, ordena o planejamento e a execução das fases e os principais eventos do ciclo de vida de um sistema ou material aeronáutico, e regula tecnicamente a atuação, a integração e a responsabilidade dos órgãos e dos sistemas do Comando da Aeronáutica que intervêm no processo de aquisição.

De acordo com o PMBOK (2004), a maioria dos ciclos de vida de projetos compartilha das seguintes características: as fases sequenciais são definidas por formulários de transferência de informações técnicas ou pela entrega de componentes técnicos; o nível de custos e pessoal é baixo no início, máximo nas fases intermediárias, e diminui expressivamente ao fim do projeto; o nível de incertezas é maior no início, e decrescente com a evolução do projeto; a influência das partes interessadas é maior no início e menor ao final; e, os custos das mudanças se tornam maiores à medida que projeto avança. As fases do ciclo de vida dos projetos não são iguais aos grupos de processos de gerenciamento de projetos apresentados pelo PMBOK e algumas organizações consideram o ciclo de vida do projeto parte do ciclo de vida do produto.

A fase de um projeto é formalmente iniciada para produzir uma saída dependente do grupo de processos de iniciação. Pode ser realizada uma revisão final com as metas estabelecidas a fim de se obter a autorização para encerrar a atual fase e iniciar a fase seguinte. A parte interessada deve estar identificada, a fim de se determinar suas necessidades e expectativas, e de se gerenciar sua influência sobre os requisitos. É preciso identificar os agentes que se beneficiam dos resultados dos projetos e os agentes que enxergam resultados negativos a partir do sucesso do projeto. A ausência de sistemas orientados a projetos normalmente dificulta o gerenciamento de projetos.

No ambiente da gestão de projetos é preciso que exista um sistema de gerenciamento de projetos, ou seja, um conjunto de ferramentas, técnicas, metodologias, recursos e procedimentos utilizados para se gerenciar um projeto. Ele pode ser formal ou informal. O plano de gerenciamento de projeto descreve como o sistema de gerenciamento de projeto será usado. Poderá também ser instituído um escritório de projetos voltado inteiramente para estes processos de gerenciamento (PMO: *Project Management Office*). A equipe de gerenciamento

de projeto deve estar ciente de como a estrutura e os sistemas da sua organização afetam o projeto. A cultura da organização também afeta projeto.

“O gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos. O gerenciamento de projetos é realizado através de processos, usando conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas do gerenciamento de projetos que recebem entradas e geram saídas.” (PMBOK, 2004, p. 37)

De acordo com o PMBOK (2004), para que um projeto seja bem-sucedido, é preciso selecionar os processos adequados para atender aos objetivos do projeto; atender aos requisitos para satisfazer as partes interessadas; e balancear as demandas conflitantes de escopo, tempo, custo, qualidade, recursos e risco.

“Esta norma documenta as informações necessárias para iniciar, planejar, executar, monitorar e controlar, e encerrar um único projeto, e identifica os processos de gerenciamento de projetos reconhecidos como boa prática na maioria dos projetos, durante a maior parte do tempo. Esses processos se aplicam globalmente e também para qualquer setor. Boa prática significa que existe acordo geral de que a aplicação desses processos de gerenciamento de projetos tem demonstrado aumentar as chances de sucesso em uma ampla série de projetos.” (PMBOK, 2004, p. 37)

Não existe uma fórmula única, o gerente de processos e sua equipe são os responsáveis pela seleção adequada dos processos e pelo nível de rigor de cada processo. Os processos de gerenciamento podem ser divididos em duas categorias: 1) Os processos que visam o gerenciamento em si do projeto: iniciar, planejar, executar, monitorar e controlar e encerrar, com foco no desempenho e em um objetivo integrado.⁵¹ Os grupos de processos são orientações para aplicação de conhecimento e das habilidades de gerenciamento de projetos adequados durante um projeto. Os grupos de processos não são as fases do projeto.

“Quando projetos grandes ou complexos podem ser separados em fases ou subprojetos distintos, como estudo de viabilidade, desenvolvimento de conceitos, projeto, elaboração de protótipo, construção, teste, etc., todos os processos do grupo de processos seriam normalmente repetidos para cada fase ou subprojeto.” (PMBOK, 2004, p. 41)

⁵¹ Os cinco grupos de processos são: Iniciação: define e autoriza o projeto ou uma fase do projeto; Planejamento: define e refina os objetivos e planeja a ação necessária para alcançar os objetivos e o escopo para os quais o projeto foi realizado; Execução: integra pessoas e outros recursos para realizar o plano de gerenciamento do projeto para o projeto; Monitoramento e Controle: mede e monitora regularmente o progresso para identificar variações em relação ao plano de gerenciamento do projeto, de forma que possam ser tomadas ações corretivas quando necessário para atender aos objetivos do projeto; e Encerramento: formaliza a aceitação do produto, serviço ou resultado e conduz o projeto ou uma fase do projeto a um final ordenado. Dentro de uma mesma fase de um projeto é necessário que existam todos os grupos de processos apresentados, haja vista a necessidade de tornar explícito os objetivos do projeto, o modo de execução, bem como o controle das mudanças.

2) Os processos orientados ao produto, definidos pelo ciclo de vida do produto, tais processos especificam e criam o produto do projeto.

“O gerenciamento de projetos é um empreendimento integrador. A integração do gerenciamento de projetos exige que cada processo do projeto e do produto seja adequadamente associado e conectado a outros processos para facilitar a sua coordenação.” (PMBOK, 2004, p. 34)

“As especificações de um projeto são definidas como objetivos que precisam ser realizados com base na complexidade, no risco, no tamanho, no prazo, na experiência da equipe do projeto, no acesso aos recursos, na quantidade de informações históricas, na maturidade da organização em gerenciamento de projetos e no setor e na área de aplicação.” (PMBOK, 2004, p. 34)

O PMBOK (2004) apresenta as áreas de conhecimentos que devem ser trabalhadas ao longo da execução do projeto: gerenciamento da integração do projeto, do escopo, do tempo, do custo, da qualidade, dos recursos humanos, das comunicações, dos riscos e das aquisições. O gerenciamento da integração do projeto objetiva consolidar, articular e integrar as ações que são essenciais para o término do projeto. O gerenciamento do escopo objetiva garantir que todas as atividades necessárias ao projeto estejam contempladas no plano de execução das tarefas. O gerenciamento de tempo do projeto inclui os processos necessários para realizar o término do projeto no prazo.

O gerenciamento de custos do projeto objetiva garantir que o projeto termine dentro do orçamento aprovado. O gerenciamento da qualidade explicita o meio de atendimento das políticas de qualidade necessárias à implementação do projeto. O gerenciamento de recursos humanos organiza e gerencia a equipe do projeto. O gerenciamento das comunicações garante a geração, coleta, distribuição, armazenamento, recuperação e destinação das informações do projeto. O gerenciamento de riscos do projeto tem como principal objetivo diminuir o impacto de eventos não desejados sobre o desempenho do projeto, e de aumentar o impacto dos eventos positivos. O gerenciamento de aquisições relaciona-se à coordenação das atividades de compra e aos processos de gerenciamento de contratos que ocorrem fora do projeto.

Na seção abaixo, o Programa AM-X será apresentado à luz dos conceitos desenvolvidos no PMBOK (2004).

4.3 Retrospectiva do Programa AM-X segundo as áreas de conhecimento do PMBOK (2004)

A experiência do Programa AM-X ajuda-nos a compreender a trama de relações e de agentes que precisa ser mobilizada para que um programa militar alcance sucesso do ponto de

vista da acumulação de capacidades tecnológicas de empresas nacionais. O Programa AM-X foi um programa de compra conjunta do Caça Bombardeiro Reconhecedor Leve AM-X, entre o Brasil e a Itália, com forte envolvimento da indústria local, no qual se observou mecanismos de capacitação da indústria aeronáutica brasileira. O programa também possibilitou experiência na área de gestão de projetos complexos ao Comando da Aeronáutica. A literatura acadêmica é escassa no que diz respeito aos principais programas de compra de aeronaves executados pelo Comando da Aeronáutica do Brasil, a partir da abordagem da Gestão de Projetos e da Economia da Inovação Tecnológica.

O AM-X é um avião de ataque ar-superfície usado para missões de interdição, apoio aéreo aproximado e reconhecimento aéreo. É capaz de operar em altas velocidades subsônicas a baixa altitude, tanto de dia quanto de noite, e se necessário, a partir de bases pouco equipadas ou com pistas danificadas. A autodefesa é proporcionada por mísseis ar-ar, canhões integrados e sistemas de contramedidas eletrônicas.

“O AMX, que na FAB recebeu a designação militar A-1, é realmente um avião flexível e atraente, tanto do ponto de vista da sua concepção de engenharia como de sua utilização operacional. Ele foi concebido para voar em altas velocidades subsônicas, com capacidade de operar em altitudes extremamente baixas em dia ou noite, em condições de má visibilidade e pistas semipreparadas. Projetado com redundâncias e duplicações amplamente distribuídas por seus sistemas, apresenta-se como um aparelho muito tolerante a danos, sendo capaz de manter as condições de voo mesmo severamente danificado. É um monomotor de asa alta (...) apto para operar dentro de um amplo envelope operacional subsônico, incorporou uma avançada configuração aerodinâmica, sofisticados equipamentos eletrônicos de navegação e de ataque, além de um sistema de armas que permite ao avião executar missões de apoio tático às Forças Terrestres, interdição aérea, reconhecimento armado em todas as condições de tempo, tanto de dia como à noite.” (OZIRES SILVA, 1998, p. 519).

Segundo Ozires Silva (1998), em fins da década de 1970, a Força Aérea Brasileira (FAB) colocou informalmente sua intenção em adquirir uma versão monoposto do AT-26 Xavante, desejava-se aumentar consideravelmente seu “envelope de emprego operacional” (p. 506), conferindo maior flexibilidade em missões de grande alcance, que eram a realidade brasileira. Inicialmente, designou-se o projeto de A-X (“A” de ataque). A empresa italiana Aermacchi que era a licenciadora do projeto Xavante foi contactada a fim desenvolver um projeto que atendesse à FAB. A aeronave projetada foi o MB-326K, mas este avião não atendia aos requisitos da Aeronáutica. Esta aeronave era uma evolução do Xavante, que na Aermacchi se denominava MB-326G.

A partir de 1977, iniciaram-se missões da Embraer ao Reino Unido e Roma, a fim de buscar parceiros para o desenvolvimento de uma aeronave que atendesse aos anseios da Aeronáutica brasileira. Na Itália, haja vista a parceria que já existia entre a Aermacchi e a

Embraer, abriu-se a possibilidade de participação em um projeto já em andamento entre a Aermacchi e a Aeritalia. Segundo Ozires Silva (1998), na Itália, havia certa reserva de mercado que estabelecia que a Aermacchi deveria atuar na faixa de aviões de treinamento e a Aeritalia em equipamentos de emprego e de primeira linha, de modo que o envolvimento da empresa Aeritalia era inevitável. Assim começaram as negociações para o desenvolvimento de um novo produto. A empresa Aeritalia era uma empresa estatal italiana e obteve a liderança do projeto.



Figura 4.1 Caça Bombardeiro Reconhecedor Leve AM-X.
Fonte: COPAC

4.3.1 A Gestão estratégica do programa

A gestão estratégica do programa e a gestão do projeto do caça AM-X, com suas fases, subfases e atividades, foi conduzida pelos Memorandos de Entendimento entre Itália e Brasil, datam de 1981 a 1995. Os Memorandos serviram de registro documental para as decisões acordadas entre os dois países e para aprovação das fases do projeto. Conduziram o gerenciamento do projeto com o objetivo explícito de iniciar, planejar, executar, monitorar, controlar e encerrar o projeto ou a fase, com foco na integração. Foram formalizados entre as duas Forças Aéreas, Brasileira (MAER: Ministério da Aeronáutica, na época) e italiana

(Costarmaereo), nove Memorandos de Entendimento, que deram origem a um grande número de contratos com empresas da indústria brasileira e da indústria italiana.

Os Memorandos de Entendimento foram estruturados a partir de uma configuração de temas rígidos, geralmente, compostos de: introdução e histórico, escopo e objeto, descrição das atividades, execução das atividades, repartição do trabalho, custos relativos à repartição, financiamentos e pagamentos, garantia da qualidade, venda a terceiros países, participação de outros governos, compromissos da participação, modificação das necessidades, taxas e ônus aduaneiros, propriedade e segurança, entre outros, para cada fase ou subfase a que fazia menção. Esta característica conferiu regularidade ao modo de execução das atividades e alinhamento às diretrizes gerais do programa ao longo de sua execução. A estratégia gerencial do programa pressupunha a condução integrada e efetivamente conjunta da execução, com plena garantia de que seria assegurado o controle da configuração.⁵²

4.3.2 Gestão da propriedade intelectual

No que se refere à política de gestão da propriedade intelectual do Programa, as diretrizes encontradas asseguraram, de forma exclusiva e conjunta, os direitos de propriedade para os dois países envolvidos nas atividades conjuntas. Para as atividades desenvolvidas por um único governo, as áreas não comuns, a propriedade intelectual foi entendida como de propriedade exclusiva e reservada, e foi atribuída ao país que financiou a atividade. Foram excluídas as propriedades abrangidas por brevês, patentes e direitos autorais. Com relação aos direitos autorais foi assegurado, a título gratuito, o uso pelos governos participantes para os objetivos do Programa. Cada governo também se comprometeu a não fazer uso destes direitos para outros objetivos que não os do Programa. Os acordos de licença para a fabricação dos equipamentos e acessórios apresentaram caráter de não exclusividade, com o objetivo de permitir, aos dois países, atingir a capacidade própria de produção autônoma.

4.3.3 Gestão da qualidade

No que se refere a área de conhecimento da gestão da qualidade, fazia parte das exigências contratuais que cada governo tivesse um serviço de garantia de qualidade, que

⁵² É importante ressaltar que os adendos e os suplementos aos Memorandos de Entendimento não seguem uma sequência temporal direta, uma vez que foram confeccionados à medida que se faziam necessários. Esta característica nos possibilita inferir que os documentos ora analisados muito espelham o que foi realmente executado no programa, de modo que não podem ser encarados como estratégias e diretrizes gerais de execução que não correspondem à realidade.

assegurasse a adequação do sistema de controle de qualidade, a conformidade dos fornecimentos, em confronto com os requisitos contratuais e a aplicação das normas citadas nos contratos. Os serviços governamentais de garantia e controle de qualidade, investigação de custos, controle de produção, pesquisa e defeitos, ocorreriam sem ônus para o Programa, e permitiram que suas atividades fossem homogêneas nos dois países. As infraestruturas, como centros de cálculo e de ensaios, áreas de provas e ensaios, ferramentais e equipamentos foram colocados à disposição do Programa pelos governos dos dois países. Para todas as atividades relativas à garantia da qualidade, o Costarmaereo e o DEPED (Departamento de Pesquisas e Desenvolvimento) agiram como pontos focais nos dois países, através de acordos específicos. Fazia-se reserva da intervenção de serviços de qualidade de terceiros países.

4.3.4 Gestão da integração

Em relação ao gerenciamento da integração do programa AM-X, este foi integralmente conduzido por meio dos Memorandos de Entendimento, de modo que qualquer alteração do projeto estava sujeita ao aval dos dois países. Esta característica conferiu regularidade ao modo de execução das atividades e alinhamento às diretrizes gerais do programa ao longo da sua execução. A estratégia gerencial do programa pressupunha a condução integrada e efetivamente conjunta da execução, com plena garantia de que seria assegurado o controle da configuração. O primeiro contrato do programa (1981) foi o contrato de integração industrial da Embraer ao Programa AMX, que já estava em andamento nas empresas italianas, Aeritalia e a Aermacchi.

As atividades deste contrato compreendiam: os serviços necessários à integração, dos quais parte deles seriam executados na Itália; a seleção e a preparação das normas e dos procedimentos necessários à regulamentação do relacionamento industrial entre as três empresas, abrangendo área econômico-financeira (elaboração e gestão de contratos, etc); a análise de patentes, transferência de *know-how*, estudos de gerenciamento do programa, fluxo de informações, critérios para alocação do trabalho, repartição do trabalho, unificação da linguagem, preparação de normas e procedimentos da área de engenharia (definição de padrões, configurações, modificações, processos, integração técnica, certificação, etc). Também em 1981, o MAER realizou contrato a fim de promover a capacitação industrial da Embraer, principalmente no que tange ao planejamento e execução do aumento da sua capacidade tecnológica.

Do ponto de vista prático, os Grupamentos de Acompanhamento de Contratos (GAC) foram a estrutura gerencial e técnica, criada pelo Comando da Aeronáutica, responsável por assegurar o controle da configuração, haja vista, serem os responsáveis pelo acompanhamento e fiscalização da execução físico-financeira do contrato em consonância com as especificações previamente estabelecidas nos documentos técnicos e com as normas e padrões de qualidade previstos. Segundo o regimento Interno da COPAC (RICA 21-235), o GAC também é responsável por assessorar as Comissões de Recebimento e atuar na conferência quantitativa e qualitativa dos materiais do contrato. As alterações necessárias não previstas nos contratos iniciais foram contempladas nos termos aditivos. Uma mudança na configuração do plano inicial do projeto somente era aceita após o aval dos dois países. Se a mudança referia-se a uma demanda de somente um dos países, este país era o responsável pelo custo da alteração. Caso contrário, utilizava-se o critério geral de repartição dos custos, que será definido mais à frente.

4.3.5 Gestão do escopo

O gerenciamento do escopo foi dimensionado a partir das fases estabelecidas, nas quais havia entregas para passagem para cada fase subsequente. O escopo do projeto foi também orientado segundo as atividades necessárias à célula, ao motor, aos equipamentos, aos acessórios, aos armamentos, ao ferramental para produção, entre outros. Na fase de definição, foram definidos os requisitos das aeronaves versão base e a variante brasileira, bem como as atividades necessárias à definição do motor a ser utilizado. Na fase de desenvolvimento, foram desenvolvidos os protótipos das aeronaves, a configuração externa dos armamentos, e as atividades de extensão da licença de reprodução do motor para o Brasil. Na fase de industrialização, iniciou-se a produção da célula e foram operacionalizadas as atividades que forneceram o provisionamento dos materiais que seriam utilizados na fase de produção. Na fase de produção, iniciou-se a produção dos lotes de aeronaves e a aquisição de materiais avulsos para reaparelhamento da aeronave e apoio logístico. A fase de apoio logístico referiu-se ao desdobramento de atividades de apoio logístico. A fase de apoio ao exercício ocupou-se do fornecimento de publicações técnicas e atualização do sistema de armas.

4.3.6 Gestão dos prazos

O gerenciamento dos prazos no programa AM-X esteve sujeito às oscilações da disponibilidade dos recursos financeiros necessários a execução do programa, embora houvesse cláusula explícita no Memorando de que deveria ser mantida a disponibilidade regular de recursos para o projeto. No decorrer do projeto, o fluxo regular não foi mantido, de modo que atrasos importantes foram verificados. Para a modernização das aeronaves, o fluxo regular de recursos para contrato também se encontrou prejudicado, em função dos diversos contingenciamentos ocorridos no orçamento do Comando da Aeronáutica.⁵³

4.3.7 A Estrutura organizacional

Com o intuito de promover a supervisão do Programa, instituiu-se a Comissão Diretora, composta por dois representantes de cada país, que teriam que se reunir a cada três meses no Brasil e na Itália, ou em sessões extraordinárias, quando necessário. Esta Comissão foi responsável por definir e estabelecer os procedimentos comuns para cada fase do programa, controlar a realização da cooperação industrial, aprovar o planejamento das fases, controlar as despesas e os investimentos, aprovar as especificações técnicas, e elaborar e aprovar seu regulamento interno. Instituíram também o Grupo de Trabalho do Programa e o Destacamento do Grupo de Trabalho.

O Grupo de Trabalho foi um mecanismo de ligação que acompanhou continuamente o Programa na aplicação das diretrizes emitidas pela Comissão Diretora, com sede em Roma, junto ao Ministério da Defesa Aeronáutica. Foi constituído por representantes dos dois países, um Diretor nomeado pela Itália e um Vice-Diretor nomeado pelo Brasil. O Destacamento do Grupo de Trabalho, por sua vez, teve sua sede permanente no Brasil, com membros designados pela Itália e pelo Brasil, operando como órgão subordinado ao Vice-Diretor do Grupo de Trabalho. Suas funções estavam ligadas à coordenação das atividades executadas nos dois países e ainda funcionou como um centro de coleta e distribuição das informações do Programa, segundo o plano de divisão do trabalho estabelecido.

Segundo o PMBOK (2004), têm-se as seguintes estruturas organizacionais: Funcional (os funcionários são agrupados por categoria, na qual há um superior bem definido); Matricial (Fraca: o gerente de projetos é apenas um facilitador; Forte: possuem gerentes de projeto em

⁵³ Atualmente, percebe-se uma mobilização do legislativo para que não ocorram mais contingenciamentos de recursos para programas de elevada complexidade tecnológica.

tempo integral, com autoridade considerável e com pessoal administrativo trabalhando pelo projeto em tempo integral; Balanceada: reconhece a necessidade do gerente de projetos, mas não fornece ao gerente autoridade total sobre o projeto e sobre os recursos), Por Projeto (todos os membros da equipe são colocados juntos, os gerentes de projeto possuem grande independência e autoridade e a maior dos recursos da organização está nos projetos). A maioria das organizações envolve todas essas estruturas em vários níveis.

O gerente de um programa de compra de aeronave do Comando da Aeronáutica insere-se em uma estrutura organizacional do tipo matricial balanceada, na qual se observa a existência de pessoal administrativo trabalhando em tempo integral no gerenciamento do projeto. No entanto, em função da natureza da organização, essencialmente militar e hierarquizada, o gerente não possui autoridade total sobre o projeto e sobre os recursos que serão alocados.

4.3.8 Gestão estratégica dos custos

Um dos principais e mais rígidos controles contratuais observados na condução do Programa AM-X referiu-se ao critério geral estabelecido para a repartição das quotas de trabalho e dos custos entre as contratadas principais. Este critério geral estabelecia que os dois governos participantes arcariam com os custos das atividades do Programa, proporcionalmente aos números de aviões que seriam adquiridos. Desta forma, a contribuição de cada país seria, tanto quanto possível, próximo ao compromisso financeiro do respectivo governo em cada área de produção, minimizando a transferência de recursos entre os países. Esse acordo de financiamento e pagamento assegurava que cada país utilizaria sua própria contribuição financeira ao programa para o pagamento do trabalho desenvolvido na sua indústria. O critério foi estabelecido a partir de um total de 266 aeronaves, das quais 187 destinaram-se à Itália e 79, ao Brasil, convergindo para a proporção 70,3% para Itália e 29,7% para o Brasil. Foi propósito dos dois países a utilização das capacidades industriais até se obter a repartição mais próxima o possível da relação 70,3% e 29,7%.

Aliado ao critério acima, estabeleceu-se como importante estratégia de limitação dos custos totais, o princípio da fonte única de aprovisionamento de componentes e de subconjuntos para a produção. Uma mesma indústria foi encarregada de fornecer materiais e equipamentos para ambos os países envolvidos. E a capacidade industrial das empresas contratadas deveria ser utilizada até o percentual estipulado. Antes de se recorrer a outros países, o Brasil e a Itália comprometeram-se em primeiro verificar a disponibilidade de meios

de produção na indústria de seu país parceiro. E se fosse necessário recorrer a um terceiro país, o contrato seria estabelecido também de forma conjunta.

O custo da gestão governamental incluiu a remuneração direta do pessoal governamental envolvido no Programa, os serviços administrativos e de apoio necessários ao Grupo de Trabalho e seu Destacamento, a colocação dos contratos, a assistência à condução do Programa e a disposição de infraestruturas governamentais. Os custos industriais do programa e o ônus financeiro dele derivado ocorreram segundo o critério geral: os custos da versão base foram arcados pelos dois governos participantes proporcionalmente aos números de aviões produzidos. Os custos não comuns da variante brasileira ficaram a cargo do governo brasileiro apenas. As modificações requeridas ao longo do programa foram pagas pelo país requisitante da modificação.

No que se refere à operacionalização dos pagamentos, acordou-se que os pagamentos à indústria seriam baseados nos planejamentos contratuais, e as compensações que se tornassem necessárias seriam reguladas somente ao final do contrato, de modo a reconduzir cada governo às proporções estabelecidas no critério geral. Criou-se uma mecânica de pagamento para se evitar grandes discrepâncias em relação aos valores inicialmente planejados. Quando o preço total comprovado (preço informado pela empresa após suas operações) foi superior ao preço planejado total corrigido, as empresas que superaram o planejado corrigido puderam usufruir da quota da outra empresa que ficou abaixo do planejado corrigido, até à convergência com o preço limite total corrigido.

Nos casos em que a Aeritalia, Aermacchi e EMBRAER alcançaram o preço planejado total corrigido, não houve compensação entre os governos, e as quotas que permaneceram fora do planejado ficaram a cargo das empresas que as provocaram. Simplificadamente estabeleceu-se que se o preço total comprovado da empresa estivesse abaixo ou igual ao preço total limite corrigido, seria processado o pagamento do preço total comprovado. Quando o preço total comprovado fosse superior ao preço total limite corrigido, seria processado o pagamento do preço total limite corrigido.

4.3.9 A Gestão estratégica das aquisições

As principais empresas participantes do programa foram, na Itália, a Aeritalia e a Aermacchi, e no Brasil, a Embraer. A Aeritalia, que depois passou a ser denominada Alenia, assumiu a função de empresa encarregada principal frente à Costarmaereo (Aeronáutica italiana). A Aermacchi e a Embraer participaram dos contratos conjuntos como empresas

associadas. O envolvimento das três empresas pressupunha que se estabelecesse o efetivo envolvimento das indústrias dos dois países. Em 1981, o Ministério da Aeronáutica (MAER) promoveu o primeiro contrato do programa, o contrato de integração industrial da EMBRAER ao Programa AMX, em andamento na Itália.

Foram estabelecidos contratos conjuntos que foram compostos por atividades comuns aos dois países parceiros, ou seja, por atividades solicitadas pelos dois países relativas a ambas versões (a versão base italiana e a variante brasileira), com financiamento conjunto, segundo a repartição de custos e trabalho pré-definida. Estas atividades abarcavam os custos comuns. Foram também constituídos os contratos nacionais, em que cada país desenvolvia e produzia equipamentos, ferramentais e componentes que seriam utilizados nas respectivas versões nacionais e na linha de montagem, bem como a aquisição de materiais de fornecimento de longo prazo. Estes contratos foram compostos de atividades não comuns, de modo que os custos foram assumidos pelo interessado, independentemente de onde foi realizado o trabalho.

Assim, acordou-se que a Embraer seria responsável pela produção das asas; a Aeritalia, pela fuselagem central e a Aermacchi, pela fuselagem superior, segundo as proporções observadas nos quadros 1, 2 e 3. Na figura abaixo, é possível observar a divisão das partes produzidas por empresa na aeronave.

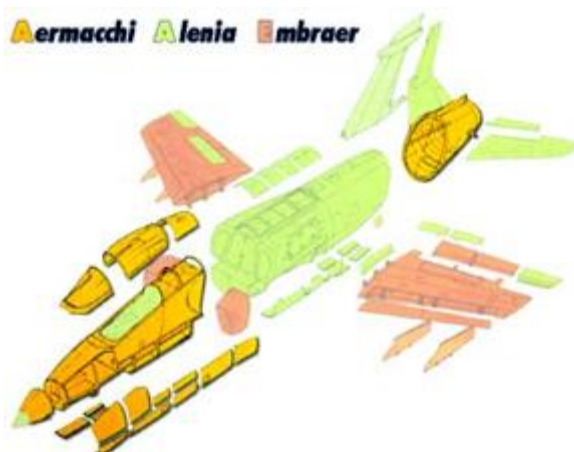


Figura 4.2 Divisão partes da aeronave AM-X, por empresa.
Fonte: COPAC.

**Porcentagem da Produção - Embraer
ASAS**

Asas	16,80%
Entradas de ar	1,00%
<i>Slats</i>	1,60%
<i>Flapes</i>	2,30%
4 Pilonos	3,70%
4 Tanques sublares	4,30%
Total	29,70%

Quadro 4.1 Porcentagem da Produção da Embraer para o Programa AM-X.

Fonte: Elaboração própria a partir dos Memorandos de Entendimento Brasil - Itália.

**Porcentagem da Produção - Aeritalia
FUSELAGEM CENTRAL**

Fuselagem anterior	8,80%
Fuselagem central	28,20%
<i>Ailerons</i>	0,80%
<i>Spoilers</i>	1,35%
Empenagem horizontal	3,30%
Empenagem vertical	2,50%
<i>Twin carriers</i>	1,60%
Total	46,55%

Quadro 4.2 Porcentagem da Produção da Aeritalia para o Programa AM-X.

Fonte: Elaboração própria a partir dos Memorandos de Entendimento Brasil - Itália.

**Porcentagem da Produção - Aermacchi
FUSELAGEM SUPERIOR**

Fuselagem superior	19,50%
Fuselagem posterior	4,30%
Total	23,80%

Quadro 4.2 Porcentagem da Produção da Aermacchi para o Programa AM-X.

Fonte: Elaboração própria a partir dos Memorandos de Entendimento Brasil - Itália.

Em relação aos contratos nacionais, firmaram-se então pela parte italiana os contratos para produção do avião entre a Costarmaereo, a Aeritalia e a Aermacchi; e para produção dos motores entre a Costarmaereo, a Rolls Royce, a Fiat Aviazione, a Alfa Romeo Avio e a Rinaldo Piaggio. Da parte brasileira constituíram-se contratos entre o MAER ou DEPED (Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento), a Aeritalia, a Aermacchi e a Embraer, para produção do avião; e para a produção dos motores entre o MAER, a Rolls-Royce, a Fiat Aviazione (as ofertas da Alfa Romeo Avio e a Rinaldo Piaggio, eram apresentadas pela Fiat) e a Celma.

As empresas responsáveis pelos motores desenvolveram suas atividades baseadas no Acordo de Cooperação Industrial de 1986, no qual a empresa Fiat Aviazione foi a responsável pela coordenação e controle, segundo os acordos de licença para produção dos motores. A Costarmaereo contratou a Rolls-Royce para aquisição de *kits* completos e de peças de reposição; e a Fiat, para a adequação de desenhos, a realização de ferramental para montagem final, ensaios, materiais de fornecimento de longo prazo, etc. As mesmas atividades foram previstas para os contratos entre o Ministério da Aeronáutica, a Rolls-Royce, a Fiat e a Celma.

Foram também constituídos contratos com empresas nacionais e estrangeiras que não foram explicitamente mencionadas nos documentos analisados nos arquivos da COPAC. Nestes documentos consta somente a denominação de empresas “interessadas”. Estas empresas foram contratadas para o fornecimento de lotes de equipamentos, *kits* e acessórios de fornecimento governamental para aparelhamento dos aviões (os GFE-*Government Furnished Equipments*: referem-se à compra de equipamentos gerais, aviônicos e acessórios no exterior), segundo um esquema de subcontratação denominado *Frame Contract*.⁵⁴ Existiram também os casos em que os equipamentos foram adquiridos diretamente pelas empresas aeronáuticas contratadas, os chamados *Contractor Furnished Equipment* (CFE). No entanto, não foi possível, com base nos documentos analisados, identificar as empresas que foram subcontratadas pela principal contratada brasileira, a Embraer.

Os fabricantes selecionados foram obrigados a fornecer periodicamente relatórios sobre a situação dos trabalhos e a consentir visitas de representantes dos dois países à empresa em produção. As entregas dos equipamentos tiveram que satisfazer as exigências do Programa

⁵⁴ No Projeto de Modernização do AM-X, nos anos mais recentes, o COMAER alterou esta forma de aquisição dos equipamentos e acessórios no exterior. A experiência, ao longo da execução do Programa AM-X, evidenciou a necessidade de se ter à frente deste tipo de compra uma empresa qualificada para verificação dos requisitos do produto. Assim, nos contratos de Modernização, contratou-se diretamente a Embraer Aviation International (EAI), subsidiária da Embraer na França, para adquirir esses tipos de itens. A mesma sistemática foi adotada em relação ao Programa AL-X.

AM-X no que tange à instalação dos equipamentos nos aviões em série, ao apoio a produção dos aviões e ao apoio logístico inicial às unidades de emprego junto aos usuários da Força Aérea Brasileira e da Força Aérea Italiana.

O projeto AM-X foi dividido nas seguintes fases, subfases, estágios e atividades:

1. Fase de Definição: estágios 1 e 2;
2. Fase de Desenvolvimento: 1ª subfase, 2ª subfase, 3ª subfase, aquisição de licença para o motor e extensão ao Brasil dos direitos de reprodução para fabricação no país;
3. Atividades de Industrialização e de início de produção da célula;
4. Fase de Produção: produção dos lotes de aeronaves: 1º, 2º e 3º lotes;
5. Fase de Apoio ao Emprego: atividades de atualização da configuração dos lotes e atividades pós-desenvolvimento.

Nos documentos analisados, observou-se a preocupação do governo brasileiro em envolver diretamente as empresas nacionais à frente dos contratos de produção do avião e de produção do motor. E constatou-se a existência de contratos de capacitação da EMBRAER e de fornecedores nacionais, que constituíram o Programa de Industrialização de Complementar (PIC), no qual o governo brasileiro promoveu explicitamente um programa de capacitação industrial em empresas nacionais com potencial de produção e desenvolvimento. A interposição das fases do projeto, com seus contratos, estágios, subfases, atividades de ligação e responsáveis foram sintetizados na tabela abaixo. A referida tabela concentrou um considerável esforço de síntese da leitura de um grande número de contratos e memorandos e é com certeza um resultado visual inédito do Programa AM-X.

Tabela 4.1 Fases do Programas AM-X, Suas Principais Atividades e Empresas Responsáveis

FASES	Início	Estágios/Subfases/Atividades	Atividades de ligação	Contratos/Empresa	Local	Observações do Modelo Adotado
Definição	07/10/81	Estágio 1: Versão Base; Estágio 2: Variante Brasileira.	Adaptação e homologação do motor.	Contrato de Integração Industrial da EMBRAER ao Programa AM-X (Aeritalia e Aermacchi). Estágio 2: Colaboração EMBRAER. Primeiro Contrato de Capacitação Industrial da EMBRAER (1981).	Itália.	Contratação de uma empresa nacional a frente dos contratos.
Desenvolvimento	07/06/83	Subfase 1: Versão Base e Variante Brasileira. Subfase 2 (30/01/1985): Atividades aditivas e protótipos. Subfase 3 (22/08/1981): Configuração externa do armamento da aeronave.	Aquisição da licença de produção/reprodução do motor (30/04/1984); Extensão de direitos ao Brasil (31/10/1985). Acordo Industrial (07/05/1986): Fiat responsável pela coordenação e controle da reprodução dos motores no Brasil.	Aeronave: Aeritalia, Aermacchi e EMBRAER. Motor: Rolls Royce, Fiat Aviazione, a Alfa Romeo Avio e a Rinaldo Piaggio, Celma.	Itália e Brasil.	Contratação de uma empresa nacional a frente dos contratos.
Industrialização	31/10/85	Motor, célula e equipamentos gerais, aviônicos e acessórios.	Aquisição de materiais e equipamentos de longo prazo. Determinação de atividades de apoio logístico. Início da produção da célula. Definição das condições gerais para a produção dos motores e equipamentos (20/05/1988).	Outras empresas "interessadas" por meio dos <i>Frame Contracts</i> . Segundo Contrato de Capacitação Industrial da EMBRAER (1986). Programa de Industrialização Complementar (1987).	Itália e Brasil.	Programa de Capacitação de fornecedores brasileiros coordenado pela empresa líder.
Produção	24/03/87	Lote 1: 02/05/1988; Lote 2: 02/08/1991; Lote 3: 09/08/1983.	Aquisição de materiais avulsos, dos equipamentos para reaparelhamento da aeronave (GFE) e do apoio logístico.	Aeronave: Aeritalia, Aermacchi e EMBRAER. Motor: Rolls Royce, Fiat Aviazione, a Alfa Romeo Avio e a Rinaldo Piaggio, Celma.	Itália e Brasil.	Para os GFE, compra direta pelo governo brasileiro.
Apoio Logístico e Apoio ao Exercício	20/02/92	Apoio logístico ao exercício do sistema de armas. E Apoio logístico ao radar.	Fornecimento de publicações das técnicas e das atualizações do sistema de armas. Acordos básicos para subdivisão dos materiais de propriedade conjunta (20/02/1992). Normatização das atividades de comercialização (20/06/1994).	Aeritalia, Aermacchi, EMBRAER, Força Aérea Brasileira, Galileo e Mectron.	Itália e Brasil.	
Modernização	2003	Modernização e suporte logístico (2003, EMBRAER), Suporte logístico (2004, EAI); desenvolvimeto de equipamentos eletrônicos (2004, EMBRAER); kits de modificação técnica e equipamentos eletrônicos (2004, Alenia); equipamentos de adaptação do radar (2008 e 2011, Galileo; adaptação do radar (2010, Galileo subcontratou a Mectron); revitalização (2010, EMBRAER e EAI); equipamentos (2011, EAI).	Aquisição de equipamentos e serviços necessários à modernização.	EMBRAER, Embraer Aviation International (EAI), Alenia, Galileo e Mectron.	Brasil.	Contratação de uma empresa nacional a frente dos contratos.
Encerramento	2016					Brasil.

Fonte: Elaboração própria a partir dos Memorandos de Entendimento entre Brasil e Itália.

A Fase de Definição do Programa AMX, iniciada em 7 de outubro de 1981, foi decomposta em dois estágios, no estágio 1, constitui-se a versão base, que resultou dos

contratos de definição do avião AM-X e de adaptação e homologação do Motor SPEY MK-807, realizados na Itália. O estágio 2 foi constituído de atividades de definição da variante brasileira e de definição das atividades do programa conjunto, foi também realizado na Itália, e com efetiva participação brasileira. A Itália renunciou todas as contribuições da parte do Brasil no estágio 1 e o estágio 2 foi operacionalizado segundo o critério geral estabelecido de divisão de custos e trabalho.

A Fase de Desenvolvimento, iniciada em 07 de junho de 1983, foi dividida em três subfases de desenvolvimento. Nestas subfases executaram-se os contratos conjuntos entre Aeritalia, Aermacchi e Embraer para o desenvolvimento da aeronave; e os contratos de operacionalização da produção do motor com a Rolls Royce, sobretudo o de aquisição de licença para a reprodução do motor (30 de abril de 1984) e a consequente extensão dos direitos ao Brasil (31 de outubro de 1985). Estes contratos permitiram a construção de partes do motor, a montagem, os ensaios, as reparações e as revisões. Na primeira subfase foram detalhadas as atividades de desenvolvimento da versão base e da variante brasileira. A segunda subfase, iniciada em 30 de janeiro de 1985, ocupou-se de aditivas de ambas as versões, relacionadas a novos requisitos técnicos e operacionais; bem como da construção dos protótipos. A terceira subfase de Desenvolvimento (22 de agosto de 1981) ocupou-se da qualificação da configuração externa do armamento da aeronave.

Entre a Fase de Desenvolvimento e a Fase de Produção, executaram-se as atividades de industrialização (iniciadas em 31 de outubro de 1985) necessárias a posterior produção do avião e de aprovisionamento de materiais. Citamos a aquisição de materiais e equipamentos de longo prazo de fornecimento, a determinação das atividades de apoio logístico, bem como o início de produção da célula. Definiram-se também as condições gerais para a produção dos motores e dos equipamentos (20 de maio de 1988). As atividades de industrialização foram divididas em três grandes grupos: motor, célula e equipamentos gerais, aviônicos e acessórios.

A Fase de Produção iniciou-se em 24 de março de 1987. A produção do primeiro lote de aviões em série foi orientada a partir de 2 de maio de 1988. A produção do segundo lote foi orientada a partir de 2 de agosto de 1991 e a produção do terceiro lote a partir de 09 de agosto de 1983. Esta fase incluiu as atividades de definição dos acordos de produção, bem como a aquisição de materiais avulsos, do apoio logístico e dos equipamentos para reaparelhamento das aeronaves, inclusos os GFE.

A Fase de Apoio Logístico orientou-se a partir de 20 de fevereiro de 1992 e ocupou-se da definição dos acordos necessários ao apoio logístico no decorrer da operação da aeronave.

Foi estendida por aditivos até 20 de fevereiro de 2002. A Fase de Apoio ao Exercício, orientada a partir de 13 de abril de 1995, ocupou-se do fornecimento das publicações técnicas e das atualizações de todo o sistema de armas, bem como do apoio técnico e logístico que asseguram a sua operação. Em 20 de fevereiro de 1992 definiram-se os acordos básicos para subdivisão dos materiais de propriedade conjunta e em 20 de junho de 1994 normatizaram-se os acordos gerais relativos às atividades de comercialização do sistema de armas AMX.

4.4 A Fase de Modernização da Aeronave AM-X

O primeiro contrato de modernização foi assinado em 2003 com a EMBRAER, como a principal empresa encarregada pela execução das atividades da modernização (desenvolvimento e produção). A modernização também contemplou a aquisição de equipamentos e serviços (serviços de treinamento, suporte de fornecedores durante a fase de desenvolvimento e elaboração da documentação técnica). O COMAER também contratou a Embraer Aviation International (EAI), subsidiária da Embraer na França, para subcontratar as empresas no exterior detentoras de tecnologias e equipamentos necessários à modernização da aeronave AM-X. Em 2015, a EMBRAER havia entregado à FAB três aeronaves modernizadas e estava revisando o projeto de modernização em função da chegada da aeronave Gripen.⁵⁵

Nos documentos oficiais analisados no estágio na COPAC, a modernização das aeronaves visava eliminar os problemas de obsolescência, padronizar os lotes produzidos em momentos distintos e, consequentemente reduzir o custo do ciclo de vida do caça, e estender a vida das aeronaves por mais 20 anos. A modernização também propiciava o aumento da capacidade operacional. As configurações deveriam estar em consonância com os projetos F-5BR e AL-X, o que colocava a aeronave em condições de emprego nos cenários dos conflitos atuais. Outro elemento de relevância era a possibilidade de utilização de equipamentos comuns ao F-5BR e AL-X, o que possibilitaria a contratação de apoio logístico integrado. Seria possível então reduzir consideravelmente os custos de apoio ao emprego e de manutenção das aeronaves, além da possibilidade de se usufruir as estruturas de suporte já concebidas nos outros projetos.

A modernização também visava promover a elevação da capacidade da indústria nacional de fornecer apoio técnico e logístico ao caça. Na concepção inicial do programa, a

⁵⁵<http://www.aereo.jor.br/2015/06/22/fab-avalia-rever-plano-de-modernizacao-do-jato-de-ataque-amx/> (acesso em 31/08/2016).

participação brasileira esteve limitada ao desenvolvimento das asas (29,3%), o que se refletiu em grandes prazos e custos dos reparos. A modernização com a EMBRAER, como empresa encarregada principal, possibilitava o apoio nacional direto à frota. Este processo também previa a incorporação de tecnologia atual para aviônicos (eletrônica embarcada), armamento e sensores, o que colocaria o AM-X em situação de igualdade com as aeronaves mais modernas. Do ponto de vista da internalização do conhecimento, a indústria aeronáutica nacional, por meio da EMBRAER, passaria a ter controle total sobre o *software* operacional, o que asseguraria a independência do Brasil no que se refere à atualização da aeronave.

Não foram estabelecidos contratos em que a EMBRAER pudesse coordenar atividades de capacitação com outros fornecedores nacionais com potencial para desenvolvimento e produção, como foi observado nos anos iniciais do Programa AM-X como Programa de Industrialização Complementar (PIC).

4.5 Impactos Tecnológicos sobre a Indústria Aeronáutica Brasileira – O Programa de Industrialização Complementar (PIC)

O Programa de Industrialização Complementar objetivou promover a capacitação industrial das empresas aeronáuticas brasileiras para o desenvolvimento do caça AM-X. O governo brasileiro considerou necessário propiciar a capacitação da indústria nacional para a produção de determinados itens estratégicos, a fim de gerar fontes alternativas de suprimento no futuro. Ao fim do Programa, as empresas nacionais estariam aptas a se desenvolver em termos tecnológicos e humanos, conferindo maior independência ao Brasil na produção de equipamentos aeronáuticos e no respectivo suporte logístico.

Os princípios básicos do PIC foram:

1. Maximizar as atividades industriais de produção de equipamentos no Brasil, visando maior segurança para operação da aeronave, e a absorção de tecnologia aplicável também a outros programas;
2. Maximizar, no país, as atividades de suporte logístico, com vistas à fase de Apoio ao Emprego do avião;
3. Evitar a saída de divisas;
4. Apoiar um conjunto de empresas nacionais pré-selecionadas, interessadas em atuar neste setor industrial de forma independente e/ou em harmonia com possíveis parceiros estrangeiros.

Foi necessário promover, primeiramente (em 1981), o contrato de capacitação da própria EMBRAER, sobretudo em questões de planejamento e de execução do aumento da sua capacidade tecnológica, uma vez que a EMBRAER, no Brasil e no exterior, foi a responsável pela definição, procura, seleção e compra, em nome do governo brasileiro. Em 1986, iniciou-se o segundo contrato de capacitação industrial da EMBRAER. Este segundo contrato objetivou a capacitação para execução das atividades restantes da fase de desenvolvimento e das atividades de produção, bem como a aquisição de equipamentos de capacitação e de equipamentos indispensáveis à industrialização do trem de pouso.

A atual Eleb surgiu da EMBRAER Divisão Equipamentos (EDE), que foi criada em 1984 para fabricar sob licença o trem de pouso do AM-X. O Programa AM-X deveria assim trazer para o país o *know how* associado à tecnologia de desenvolvimento e produção local do sistema de trem de pouso e componentes hidráulicos para a indústria aeronáutica. Anos mais tarde, em 1999, a EDE foi estabelecida como empresa, através da criação de uma *joint venture* entre a EMBRAER e a empresa europeia Liebherr Aerospace, passando a se denominar Eleb – EMBRAER Liebherr Equipamentos do Brasil S.A., com a Embraer detendo 60% de seu controle acionário e a Liebherr 40%. A maior parte dos ativos da EDE foram transferidos para a Eleb. Neste período a empresa passou por uma fase de grandes investimentos e a entrada em diversos novos negócios no mercado internacional, conquistando importantes clientes nos EUA, Europa e Ásia. Em dezembro de 2007 os controladores da Eleb entraram em negociação tendo como objetivo a aquisição, pela EMBRAER, dos 40% do capital da empresa pertencentes à Liebherr Aerospace. O negócio foi concluído em julho de 2008, quando então a EMBRAER passou a deter a totalidade das ações de emissão da Eleb.⁵⁶

Em 1987, o MAER realizou contrato com a Embraer para que a mesma gerenciasse o aumento da capacidade industrial em empresas brasileiras previamente selecionadas. Tratavam-se de empresas capacitadas tecnicamente e detentoras de licenças para fabricar no Brasil equipamentos aeronáuticos, sob a gestão técnica da Embraer, ou que teriam condições de obter licença para produção nacional. Abaixo as obrigações da EMBRAER nos contratos de capacitação:

1. Analisar minutas de contratos de licenças e apresentar seu parecer ao governo;

⁵⁶ Em 31 de dezembro de 2007, a ELEB possuía 766 empregados e registrou receita anual de US\$ 92,7 milhões.

2. Emitir pareceres sobre viabilidade técnica/comercial dos programas de transferência de tecnologia;
3. Elaborar, emitir e analisar propostas às licenciadas;
4. Elaborar as minutas de subcontratos e os contratos definitivos;
5. Adquirir itens de capacitação no exterior;
6. Elaborar e assinar contratos para fornecimento de equipamentos;
7. Acompanhar tecnicamente e comercialmente as atividades do PIC junto às licenciadas;
8. Elaborar relatórios de acompanhamento trimestrais das atividades do PIC.

O “pacote” de capacitação das empresas nacionais foi composto por atividades de treinamento do pessoal técnico, aquisição de máquinas, equipamentos de produção, equipamentos de testes, laboratório, ferramentas especiais, serviços de tecnologia, assistência técnica e treinamentos específicos para a industrialização do trem de pouso e de equipamentos hidráulicos. Foi também instituído um contrato de gestão do Programa de Industrialização Complementar, para coordenação das atividades do PIC. Foram responsabilidades das empresas licenciadas (empresas que receberam licença para produção): promover juntamente com o governo, o contato com as empresas estrangeiras licenciantes (empresas que concederam a licença); emitir minutas dos acordos de licença; realizar os acordos definitivos, segundo os termos aceitos pelo governo; assinar em conjunto com o governo o contrato de capacitação; assinar em conjunto com a Embraer o contrato de fornecimento; absorver a tecnologia e produzir os equipamentos.

Participaram do Programa de Industrialização Complementar nove empresas, diretamente mencionadas nos documentos oficiais do programa: Elebra, Aeroeletrônica, Microlab, Engetronica, Pirelli, Celma, ABC Sistemas, Tecnasa e Engesa.⁵⁷ As empresas que foram secundariamente contratadas pela Embraer não puderam ser identificadas a partir dos documentos do Comando da Aeronáutica, o que representa um fator limitante da pesquisa para o caso AM-X. A seguir a relação de empresas licenciantes: Ait/Geq, Itatel, Microtecnica, Page, Astronautics, Sudstrand, Litton, Elmer, Selenia, Omi, Lear Sieger, Mag Marelli, Logic, Collins, Ital, Tracor, Sekur-Pirelli. A tabela 3.3 sintetiza os contratos, as principais atividades e os envolvidos no programa, segundo os documentos oficiais encontrados nos arquivos da

⁵⁷ Na pesquisa de campo inicial na COPAC, observou-se a percepção geral dos entrevistados para um número maior de empresas participantes no PIC. Foi então realizado contato com o IFI para o levantamento de mais empresas participantes, no entanto não foram encontrados documentos. Vale ressaltar que a percepção geral no IFI também é para um número maior de empresas envolvidas.

COPAC.

As principais empresas beneficiadas do PIC foram a EMBRAER, a Eleb, a Ael e Celma.

Tabela 4.2 O Programa de Capacitação Complementar, Suas Principais Atividades e Empresas Envolvidas

FASES	Datas	Atividades	Atividades de Ligação	Empresas	Local	Observação
Definição, Desenvolvimento e Produção	1981 e 1986.	Planejamento da execução. Atividades de produção e desenvolvimento.	Aquisição de equipamentos de capacitação e necessários à industrialização do trem de pouso.	EMBRAER	Itália e Brasil.	Permanece em operação.
Desenvolvimento e Produção	1984; 1985; 1989 e 1991.	Industrialização e produção do motor.	Aquisição da licença para o motor. Contratação da Fiat para treinamento da Celma.	Celma	Brasil.	Permanece em operação.
Industrialização	1987; 1989 e 1991.	Produção de componentes aviônicos.	Aquisição de informações técnicas e licenças, treinamento e assistência técnica.	Aeroeletronica	Brasil.	Permanece em operação.
Industrialização	1987 e 1988.	Produção de equipamentos eletrônicos.	Aquisição de informações técnicas e licenças, treinamento e assistência técnica.	ABC Sistemas	Brasil.	Sem informação.
Industrialização	1988.	Produção de equipamentos eletrônicos.		Elebra Telecom	Brasil.	Faliu.
Industrialização	1986; 1987; 1988; 1991 e 1993.	Produção do Radar.	Contratos de industrialização, desenvolvimento e produção.	Tecnasa	Brasil.	Sem informação.
Industrialização	1986 e 1988.		Com transferência de tecnologia da Rockwell Collins.	Engesa	Brasil.	Faliu.

Fonte: Elaboração própria a partir dos Memorandos de Entendimento entre Brasil e Itália.

4.6 Impactos sobre o COMAER – Desenvolvimento da Capacidade de Gerenciamento de Programas Complexos

O Programa AM-X ocorreu em um momento no qual o Comando da Aeronáutica (COMAER) estava desenvolvendo suas próprias capacidades de gerir um programa complexo de aquisição. Tudo estava em construção, não havia um modelo de gerenciamento de programa complexo adaptado às particularidades brasileiras. O COMAER precisava aprender como gerenciar seus programas de defesa de modo eficiente. Nesse sentido, a parceria com a Itália foi muito importante para construir essa estrutura de gerenciamento de programas de elevada complexidade. Assim, o crescimento do número de programas complexos geridos pelo COMAER evidencia que a aprendizagem gerada Programa AM-X foi elemento importante para essa conquista. No entanto, poucos estudos examinaram a relação entre o

desenvolvimento de programas de aquisição e a constituição de capacidades de gerenciamento no COMAER.

Em geral, o foco da literatura é sobre a disciplina da gestão de projetos (PMBOK, 2004, CMMI, 2010 e PRINCE, 2009) e sobre os elementos constituintes de um sistema de aquisição (Diretiva 5.000.01 e Instrução 5.000.02, *Defense Acquisition* Guia, 2012, Departamento de Defesa Extensão o Guia PMBOK, 2003 e Brown, 2010). Há uma escassez de estudos que liguem os casos de programas de defesa à construção de capacidades tecnológicas de gerenciamento na organização principal. Com esse intuito, foi realizada, conforme descrito nas seções acima, uma análise retrospectiva do modelo de gestão empregado no Programa AM-X, da estrutura construída pelo COMAER para gerir o programa e das principais legislações que regulam o sistema de aquisição do COMAER.

O Programa AM-X capacitou o COMAER ao gerenciamento de programas complexos. A Comissão Coordenadora de Aeronaves de Combate (COPAC) foi criada em 1981 para gerenciar o Programa AM-X, de modo que os *outcomes* de aprendizagem do programa moldaram as fundações da organização e seu posterior desempenho. A COPAC foi, e continua sendo na atualidade, a organização militar responsável por coordenar os processos de desenvolvimento e aquisição de aeronaves de combate. É um órgão específico voltado para ao gerenciamento da aquisição de sistemas complexos por meio de uma estrutura de gestão de contratos (RICA 21-235, 2010).

A criação da COPAC é um marco na história do Comando da Aeronáutica, pois assinala uma mudança estrutural na organização, ao concentrar as atividades de gerenciamento de contratos complexos em um único local, à semelhança do que ocorre nos escritórios de projetos de organizações não militares. Marca também uma mudança na gestão de contratos a partir da introdução das melhores práticas internacionais, especialmente dos Estados Unidos da América. De acordo com a Hora *et al* (2005), a criação de COPAC tornou possível estabelecer as diretrizes da gestão do Programa AM-X e permitiu estender essa sistemática para outros campos do Comando da Aeronáutica.

A Diretriz de Ciclo de Vida de Materiais e Sistemas da Aeronáutica, a DMA 400-6 de 1992, depois atualizada como DCA 400-6 (a versão analisada data de 2007), foi criada nesse contexto. É o principal documento que contém as fases inerentes aos processos de aquisição de sistemas de defesa de aquisição e ao ciclo de vida dos sistemas e materiais da Aeronáutica (fases de concepção, viabilidade, definição, desenvolvimento/aquisição, produção, implantação, utilização, revitalização, modernização ou melhoria e desativação).

A primeira versão da Diretriz de Ciclo de Vida Materiais e Sistemas da Aeronáutica data de 1992, dez anos após o início do Programa AM-X. É o maior resultado do programa para a construção de capacidades de gerenciamento no COMAER, tanto que lhe possibilitou um lugar de destaque frente ao Ministério de Defesa, pois apresentou às demais Forças (Exército e Marinha) o estado da arte no gerenciamento de aquisições de elevada complexidade. As outras Forças não possuem estrutura para gerenciar aquisições como o COMAER.

As fases do Programa AM-X foram mapeadas a partir dos Memorandos de Entendimento entre Brasil e Itália e dos contratos resultantes, o que possibilitou observar que os conceitos que foram desenvolvidos na DCA 400-6 refletem essas fases. O Programa AM-X permitiu ao COMAER estabelecer uma sistemática de gerenciamento de programas complexos e o desenvolvimento de mecanismos para controlar o relacionamento com a Embraer e outras empresas, além de manter o seu poder de decisão nas negociações com a Itália. Em função disso, é considerado um dos resultados mais importantes desse programa. As fases e as atividades do Programa AM-X também revelaram uma profunda necessidade de se controlar o ciclo de vida do produto e do sistema como um todo, o que pôde ser visualizado por intermédio da antecipação de atividades e de tarefas antes que uma fase fosse de fato iniciada.

A partir da Teoria da Acumulação de Capacidades Tecnológicas é possível inferir que o processo de codificação do conhecimento ocorrido por meio da DCA 400-6 reflete e reforça a acumulação de capacidades tecnológicas de gerenciamento de sistemas complexos ocorrida nos programas anteriores, bem como o esforço de aprendizagem da organização militar COPAC, que se empenhou em alcançar níveis gerenciais mais avançados.

4.7 Impactos sobre a EMBRAER – Acumulação de Capacidades Tecnológicas

Cabral (1987) é um relevante trabalho da indústria aeronáutica que se destacou por recuperar, no âmbito da firma, os impactos tecnológicos do envolvimento da Embraer em diversos programas militares. Tal pesquisa somente foi possível em função da empresa, na época, ser de controle estatal. A partir dele foi possível identificar os resultados tecnológicos do Programa AM-X para o desenvolvimento da Embraer nas áreas técnicas relevantes que marcaram a evolução da trajetória da empresa.

Cabral (1987) analisou os departamentos que estavam ligados ao desenvolvimento da tecnologia aeronáutica e à sua absorção dentro da empresa, foram eles o Departamento Técnico e o Departamento de Produção. No interior desses departamentos, o escopo foi limitado às divisões que estavam envolvidas com as fases de projeto e de fabricação, que compõem parte crucial do processo de inovação tecnológica da empresa. A partir da pesquisa de campo (consulta a especialistas, visitas à empresa, questionários e leitura de relatórios técnicos) foram selecionadas as oito principais áreas tecnológicas que seriam estudadas: aerodinâmica, estruturas, materiais, engenharia de produto, aviônica, comando de voo, ensaios de voo (todas do Departamento Técnico) e a fabricação (do Departamento de Produção). Essas áreas eram representativas da maior parte do esforço tecnológico realizado pela Embraer.

Os principais impactos tecnológicos resultantes da participação no Programa AM-X sobre a evolução da trajetória tecnológica da Embraer recaíram sobre as áreas de fabricação, aviônicos, engenharia de produto, aerodinâmica, materiais, comandos de voo e ensaios de voo. Dedicaremos mais tempo à apresentação dos resultados para a área de fabricação, pois ela proporciona uma boa visualização da alteração dos processos industriais durante o Programa AM-X. Assim, Cabral (1987) observou que os processos industriais de fabricação estavam intrinsecamente relacionados aos tipos de máquinas que estavam sendo usados, de modo que a alteração da máquina acarretava uma significativa alteração dos processos industriais.

Na etapa de corte, da fabricação de peças de chapa, passou-se da utilização das máquinas Routers convencionais (contornadeiras) para a utilização de máquinas Routers Trumpf comandadas numericamente. Com as primeiras máquinas, dava-se forma final às chapas cortadas em retângulo. Com as últimas, dispensava-se o corte em retângulos e a operação manual. Como estavam conectadas a computadores, as Router Trumpf reconheciam eletronicamente o formato das peças e faziam o melhor arranjo para as diferentes peças para o corte da chapa inteira. A etapa de conformação era realizada por meio de prensas (estriadeiras) e pela usinagem química, e ao final havia ainda muito trabalho manual dos chapeadores. A evolução tecnológica nessa área estava marcada pelo tipo de máquina que estava sendo usado e pelo conhecimento necessário para sua operação.

A fabricação de peças usinadas era feita por remoção de material e cavacos. A evolução se deu na quantidade de peças utilizadas e na complexidade da forma. A aeronave Ipanema foi inteiramente construída em chapas e tubos, de modo que não havia peças

usinadas. Nos modelos posteriores, primeiramente, a usinagem era realizada por meio de máquinas convencionais como tornos, fresadoras e fresadoras copiadoras. As peças mais simples eram encomendadas de outras empresas e as mais complexas eram produzidas pela Embraer por meio das fresadoras copiadoras (que possuíam um molde para copiar) e depois pelas máquinas fresadoras de controle numérico com grande impacto sobre o sistema de corte e sobre os processos de controle da qualidade. A grande evolução se deu por meio das máquinas programadas por CAD-CAM (*Computer Aid Desing – Computer Aid Manufacturing*), que é uma tecnologia que permite a construção de entidade geométricas planas ou tridimensionais e a simulação das condições de fabricação. Muitas máquinas de controle numérico foram adquiridas em 1983, as Grantry's de cinco eixos e as multifusos que permitiam diferentes movimentos. A aeronave AM-X era praticamente toda usinada com peças em formatos complexos e tolerâncias reduzidas.

A evolução da produção de material composto⁵⁸ se deu pela passagem da impregnação manual sem qualquer preocupação com peso ou resistência da peça e cura natural para a utilização de um sistema a vácuo. Na década de 1980, o sistema de produção de material composto estava no nível da fronteira internacional, sendo um sistema pré-impregnado com cura em autoclave. Os benefícios foram enormes no tocante ao peso da peça, à resistência, qualidade e tempo de fabricação, com impactos imediatos sobre a organização dos processos industriais.

A evolução da serralheria, na etapa de solda, se deu em função do esforço de capacitação de mão de obra para operacionalização de soldas não estruturais utilizadas para soldar ligas de alumínio em atmosfera de argônio, bem como o uso de solda elétrica para ligas de alumínio, titânio e cobre. A evolução na etapa de colagem se deu na colagem estrutural, aplicada em peças estruturais de vital importância para a aeronave, como por exemplo, o flape, através de adesivos epóxi em forma de películas já impregnadas. As peças fabricadas com colagem estrutural ficavam 25% mais leves que as peças fabricadas pelo processo convencional.

A evolução da montagem se deu do formato em linha para o formato em “U”, com equipes de apoio dos dois lados de acesso ao avião, o que facilitou a comunicação entre os componentes das estações de montagem. O processo também se modificou de montagem final por sistema para montagem final por estação. A linha de montagem, que era coordenada pelo

⁵⁸ União de dois ou mais elementos com propriedades distintas, com o objetivo de fabricar um terceiro elemento que mantenha as características dos seus constituintes. (CABRAL, 1987)

responsável de um sistema, que o executava até o fim com sua equipe de profissionais, passou a ser composta por onze estações, as quais possuíam todos os profissionais que precisassem para executar uma determinada missão. Desse modo, foi reduzido o tempo de espera e a disputa entre os grupos para detecção de erros. Houve também evolução no sentido da utilização de diferentes materiais, pois diferentes tipos de tubulações, mangueiras, cablagens e cabos de comando requeriam diferentes formas de montagem e de treinamento de pessoal.

Em relação ao controle da qualidade, a evolução também ocorreu em função das máquinas que foram adquiridas. No início, usavam-se os equipamentos tradicionais de inspeção como paquímetro, voltímetro, micrômetro, balança mecânica, máquinas de dureza e tração. Na década 1980, foram adquiridas as sofisticadas máquinas de controle numérico e os novos computadores para inspeção. E em 1987, foi criada a Diretoria Adjunta da Garantia da Qualidade – antes somente existia uma divisão dentro do Departamento Técnico –, mostrando a importância crescente do setor na empresa.

Entre 1982 e 1986, verificou-se o nível mais elevado de investimentos na área de fabricação e de controle de qualidade. Em 1986, a Embraer produzia simultaneamente cinco modelos de aeronaves: Bandeirante, Xingu, Tucano, Brasília e o AM-X, de modo a elevar consideravelmente o número de funcionários na área de fabricação, sobretudo na Divisão de Processos, que fazia parte do Departamento de Produção. Em 1979, havia sete engenheiros nessa divisão; em 1986 eram setenta e três engenheiros. Houve também aumento da área construída para as atividades de fabricação. Foi também possível observar ganhos no tempo na área de montagem (tarefas manuais), embora, nas tarefas de fabricação propriamente dita, esses ganhos não fossem relevantes.

Na área de aviônicos, na Europa, os avanços eram notáveis e pioneiros, a partir do uso do sistema de transmissão de dados serial digital com base na norma americana. Na década 1960, havia uma grande quantidade de pequenos relógios eletromecânicos no painel de controle da aeronave. Na década de 1980, houve a revolução da instrumentação a bordo, pela adoção completa do sistema de transmissão de dados digital, o que foi possível a partir da introdução dos Tubos de Raios Catódicos (pequenas televisões de bordo). O Bandeirante foi a primeira aeronave que se utilizou de um sistema aviônico mais complexo. Na aeronave Brasília, identificou-se um razoável salto de qualidade no sistema de aviônicos, como por exemplo, o piloto automático digital de novíssima geração, que coincidiu com a introdução desses tubos. No caça AM-X, os avanços foram significativos a partir do uso do sistema de transmissão digital.

Os avanços na área de aviônicos foram verificados a partir da introdução de novos equipamentos no produto final e não foram desmembrados no nível da alteração dos processos industriais. No entanto, Cabral (1987) caracterizou a área de aviônicos, segundo as etapas de aprendizado tecnológico no âmbito do produto, como importadora do projeto (desenhos e processo), e no âmbito dos métodos, como copiadora de tecnologia importada e adaptadora/modificadora para fins diferentes. Conclui-se que tais níveis de aprendizagem carregavam em si elementos essenciais para a construção das capacidades tecnológicas na área de aviônicos, que seriam de grande relevância para desenvolvimento posterior da empresa. De fato, essa foi a área de maior evolução tecnológica e de maior capacitação tecnológica para Embraer, na qual se verificou uma intensificação da busca por conhecimentos técnicos. No início da produção do Brasília, havia dez pessoas trabalhando na área, com o AM-X esse número elevou-se para sessenta especialistas, muitos dos quais treinados na Itália e que trabalharam diretamente no programa no exterior. Essa capacitação preparou a Embraer para os futuros desafios da aviação comercial.

Na área de engenharia de produto, antes do Brasília e do AM-X, essa divisão trabalhava com pranchetas, papel vegetal, tecnígrafos e mesas de vidro para foto traçagem. A partir dessas aeronaves, a presença do CAD-CAM alterou significativamente esse contexto. O CAD possibilitou grande avanço nos desenhos dos sistemas elétricos, teste automático e nas consistências das cablagens. Houve um aumento da área construída para essa finalidade e para área de arquivo dos desenhos, e grande especialização da mão de obra do setor. Cabral (1987) caracterizou a área de engenharia de produto, segundo as etapas de aprendizado tecnológico no âmbito do produto, como provedora de concepção original na mesma faixa operacional e de mercado, e no âmbito dos métodos, como desempacotadora de tecnologia e copiadora da tecnologia importada. Conclui-se que esses níveis de aprendizado tecnológico foram muito relevantes para o desenvolvimento das capacidades tecnológicas na área.

No que se refere à área de aerodinâmica, a evolução se deu a partir da geração de perfis (junção da asa com a fuselagem) próprios das fases de desenvolvimento do projeto. No início da Embraer, utilizavam-se os perfis NACA (posteriormente NASA) que eram perfis de domínio público. Na época do AM-X, o uso intensivo de trabalho computacional permitiu o cálculo das características para perfis com velocidades maiores. Em relação ao cálculo de desempenho, foram incorporadas as três dimensões: a teórica, a partir da estimativa de um

polar de arrasto⁵⁹, a geração de coeficientes aerodinâmicos, calculados por meio do túnel de vento, e o cálculo obtido por meio dos ensaios em voo.

Na área de materiais, a evolução se deu por meio do uso de chapas alclad (liga de alumínio-cobre revestidas de alumínio puro) com cura em autoclave a 180°. As chapas alclad já eram utilizadas, porém o diferencial foi obtido em relação ao processo de cura. Nessa área, percebe-se que a evolução foi muito mais significativa para aeronave Brasília. Cabral (1987) caracterizou a área de materiais, segundo as etapas de aprendizado no âmbito dos métodos, como importadora de tecnologia e dominadora da tecnologia no nível operacional.

Na área de comando de voo, o avanço tecnológico criou a necessidade de se desenvolver um comando que captasse de forma artificial a sensibilidade que o piloto deixou de ter por não mais fazer aquele esforço físico para defletir o leme (sistemas servo-hidráulicos). Assim, desenvolveu-se o sistema *Fly-by-Wire* para o AM-X, dispositivos cujos sinais e respectivos acionamentos são elétricos: flape, leme, estabilizador, *spoiler* e *slat*.

Em relação aos ensaios de voo, a aeronave AM-X necessitou de ensaios sofisticados em função dos sistemas que acompanhavam o avião (sistema de navegação inercial com verificação de precisão e sistema de reconhecimento fotográfico). Além dos ensaios de qualidade de voo (estabilidade e controle) e desempenho com manobras dinâmicas (cálculo de parâmetros aerodinâmicos em manobra). A necessidade de utilização de vários equipamentos criou o ambiente para capacitação de um grupo de pessoas muito seletos dentro da empresa, além da contratação de novos engenheiros para área. O AM-X era o avião mais exigente para ser ensaiado. Os investimentos em equipamentos se elevaram com o Brasília e o AM-X. Cabral (1987) caracterizou a área de ensaio de voo, segundo as etapas de aprendizado no âmbito dos métodos como copiadora da tecnologia importada e adaptadora/modificadora para finalidades diferentes.

Ainda conforme Cabral (1987), o desenvolvimento das aeronaves Brasília e do caça AM-X configuraram os maiores desafios tecnológicos da Embraer nos seus anos iniciais, uma vez que projetar e construir esses modelos elevou o patamar tecnológico da empresa e constituiu os pilares de conhecimento que possibilitaram a evolução posterior na aviação civil.

⁵⁹ Estimativa que permite averiguar se as metas estão sendo cumpridas.

4.8 Considerações Finais

A experiência do Programa AM-X representou um momento na história brasileira recente, no qual o Estado, na figura do Ministério da Aeronáutica, concentrou esforços financeiros e tecnológicos no desenvolvimento conjunto de uma aeronave militar com efetivo envolvimento da indústria aeronáutica do Brasil. A Embraer foi contratada para estar à frente dos trabalhos de desenvolvimento, produção e para coordenar atividades de capacitação de outras empresas nacionais previamente selecionadas. O Programa AM-X foi um Programa de engajamento da indústria nacional que vai além do que pode oferecer uma contratação baseada em *Offset*.⁶⁰ Miranda (2008) enfatiza que as contratações que envolvem o desenvolvimento dos produtos propiciam o desenvolvimento da capacidade de modificar tecnologias e de encontrar novas soluções, o que é muito importante para o desenvolvimento industrial e para os processos de aprendizagem organizacional. Nesse sentido, Miranda (2008) também salienta que a experiência dos EUA demonstrou que o principal instrumento de promoção da indústria aeronáutica nacional foi a preferência à aquisição de bens de produção doméstica.

O Programa AM-X também foi essencial para que o Comando da Aeronáutica (COMAER) desenvolvesse suas próprias capacidades tecnológicas organizacionais de gerir programas complexos de aquisição de sistemas e materiais aeronáuticos. Ainda não havia um modelo de gerenciamento de programas complexos adaptado às particularidades brasileiras. O COMAER precisava aprender como gerenciar seus programas de defesa de modo eficaz e eficiente. Para tanto, a parceria com a Itália foi muito importante para construir essa estrutura de gerenciamento de programas de elevada complexidade. A codificação da DCA 360-2 (1992) e o crescimento do número de programas complexos geridos pelo COMAER evidenciam que a aprendizagem gerada pelo Programa AM-X foi um elemento importante para a elevação do nível de maturidade da organização.

A Comissão Coordenadora de Aeronaves de Combate (COPAC) foi criada em 1981 para gerenciar o Programa AM-X, de modo que os *outcomes* de aprendizagem do programa moldaram as fundações da organização e seu posterior desempenho. A COPAC foi, e continua sendo na atualidade, a organização militar responsável por coordenar os processos de desenvolvimento e aquisição de aeronaves de combate, de maneira que reforça sua

⁶⁰ O Programa AM-X não pode ser considerado um *Offset*, porque foi um programa de compra conjunta firmado entre Brasil e Itália, no qual o Brasil participou de parte do desenvolvimento da “variante brasileira” (modelo adaptado às necessidades do Brasil).

acumulação de capacidades tecnológicas de gerenciamento de sistemas complexos. Seus contratos refletem um esforço contínuo de aprendizagem e de melhoria de processos de gestão.

Em relação aos ganhos relacionados à indústria, sobretudo à Embraer, Cabral (1987) apresentou os diversos ganhos técnicos que o engajamento ao programa AM-X propiciou à empresa: aquisição de equipamentos, modernização de suas estruturas e laboratórios, utilização de novos programas e sistemas em projeto, que alteraram drasticamente a forma de nela trabalhar, assim como a consolidação de uma mão de obra afinada com o que acontecia na fronteira tecnológica da indústria aeronáutica internacional. O desenvolvimento das aeronaves Brasília e do caça militar AM-X configuraram os maiores desafios tecnológicos da Embraer para os anos de consolidação tecnológica da empresa e constituíram os pilares de conhecimento que possibilitaram a evolução posterior da organização para a aviação civil. Portanto, projetar e construir esses modelos elevou o patamar tecnológico da empresa definitivamente.

Santos (2004) também identificou o Programa AM-X como a maior alavanca para a geração de conhecimento na Embraer, haja vista ter sido o maior programa de cooperação executado entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, com ênfase em alta tecnologia e com significativo volume de recursos. As entrevistas realizadas por Souza (2004) sugeriram que a cooperação foi um processo atípico e pontual, e visou promover o benefício direto às indústrias dos dois países. Foi responsável por promover a oportunidade de modernização das aeronaves em uso, a partir da apropriação de novos padrões tecnológicos no setor de jatos militares. Enfatizaram o Programa AM-X como um marco de modelo de programa tecnológico a ser recuperado.

O programa AM-X possibilitou que, principalmente, a Embraer adquirisse conhecimento no nível da fronteira tecnológica internacional, configurando-se um programa de transferência de tecnologia que propiciou o desenvolvimento de capacidades tecnológicas que possibilitaram à empresa inovar, segundo as categorias propostas por Leitão (1985): *learning by doing*, desempacotamento tecnológico, cópia da tecnologia, *know why*, novas tecnologias e exportação de tecnologia. O programa também contemplou aspectos importantes mencionados na literatura evolucionária que propiciaram o acúmulo de capacidades tecnológicas na empresa local: envolvimento direto da empresa em atividades de desenvolvimento no exterior e no Brasil e a responsabilidade de produção de parte da aeronave para ambos os países.

Dessa forma, a Embraer foi a grande privilegiada pelo Programa AM-X, mas outras empresas também foram privilegiadas em função do caráter estratégico do Programa para o desenvolvimento da indústria aeronáutica nacional. Vale ressaltar a atual empresa Eleb, integrante do grupo Embraer, especializada em trem de pouso, a empresa Aeroeletrônica, atualmente denominada Ael Sistemas, que faz parte de um grupo Israelense, e a Celma, a qual atualmente integra o grupo GE Aviation. Nos documentos analisados do Programa AM-X, observou-se a preocupação do governo brasileiro em envolver diretamente as empresas nacionais à frente dos contratos de produção do avião e de produção do motor. Constatou-se a existência de contratos de capacitação da Embraer e de fornecedores nacionais, que constituíram o Programa de Industrialização de Complementar (PIC), a partir do qual o governo brasileiro promoveu explicitamente um programa de capacitação industrial em empresas nacionais com potencial de produção e desenvolvimento.

O Programa de Industrialização Complementar objetivou promover a capacitação industrial das empresas aeronáuticas brasileiras para o desenvolvimento do caça AM-X. O governo brasileiro considerou necessário propiciar a capacitação da indústria nacional para a produção de determinados itens estratégicos, a fim de gerar fontes alternativas de suprimento no futuro. Ao fim do Programa, as empresas nacionais estiveram aptas a se desenvolverem em termos tecnológicos e humanos, conferindo maior independência ao Brasil na produção de equipamentos aeronáuticos e no respectivo suporte logístico. O PIC diferenciou-se enormemente da Política de *Offset* adotada pelo COMAER nos dias atuais e alcançou a profundidade de orientar a acumulação de capacidades tecnológicas em empresas chave para a indústria brasileira. O fato da Ael Sistemas e da Celma terem sido adquiridas por empresas multinacionais não invalida o processo de acumulação de capacidades ensejado nessas empresas por força do Estado.

Atualmente, a realidade da indústria aeronáutica brasileira orienta-se segundo a disposição de seus parceiros de risco no exterior, o que por um lado confere inúmeros benefícios à empresa parceira brasileira, a Embraer, no tocante à redução dos riscos dos contratos, ao acesso a novos mercados e à transferência de tecnologia. Porém, à luz da revisão da literatura evolucionista e dos autores que analisaram a indústria aeronáutica brasileira,⁶¹ pode-se arguir que, no longo prazo, esse modelo de integração de sistemas baseado na internacionalização não contempla as questões estratégicas nacionais do setor de defesa,

⁶¹ Oliveira (2005), Quadro *et al* (2009) e Marques (2011).

sobretudo no que se refere ao desenvolvimento da Base Industrial de Defesa. No modelo atual, aumenta-se o poder dos parceiros de risco de primeira camada e em contrapartida deixa-se de concentrar em atividades de desenvolvimento de fornecedores nacionais com apoio governamental, a partir de um maior entrosamento entre o setor público e o privado nacional, a exemplo do que ocorreu nos anos do Programa AM-X.

A pesquisa de campo realizada nessa Tese, que será apresentada nos próximos capítulos, relativiza a visão acima e aponta para uma sutil mudança de sentido no segmento de usinagem, em função da política de desenvolvimento de fornecedores da Embraer, na qual as empresas estão sendo estimuladas a se capacitarem para fornecerem peças mais complexas e para se tornarem um fornecedor global, deixando de ser a Embraer seu único cliente. No entanto, essa é uma iniciativa da empresa e não se configura uma opção de governo, em termos de uma orientação de política industrial objetivamente desenhada para tal finalidade.

Por conseguinte, o contrato de integração da Embraer às empresas italianas do Programa AM-X e o Programa de Industrialização Complementar (PIC) apresentados nas seções anteriores são exemplos reais de formas de atuação do setor público com o setor privado com vistas ao adensamento da cadeia aeronáutica brasileira. Segundo os entrevistados nesta pesquisa, o Programa AM-X sustentou o salto tecnológico vivenciado pela Embraer até os anos recentes. O Programa KC-390 em desenvolvimento na Embraer por encomenda do governo brasileiro, que será detalhado nas próximas seções, está viabilizando o novo salto tecnológico da empresa. A Embraer Defesa e Segurança foi criada no início de 2011 para liderar o processo de fortalecimento da indústria brasileira de defesa e segurança. Assim, nessa perspectiva, os saltos tecnológicos ocorrem tendo o Estado como parceiro de risco.

5 PROGRAMA AL-X (1995-2007): IMPACTOS TECNOLÓGICOS SOBRE O COMANDO DA AERONÁUTICA E SOBRE A INDÚSTRIA AERONÁUTICA BRASILEIRA

O objetivo deste capítulo é apresentar os traços gerais do Programa AL-X com base em uma pesquisa documental e entrevista com especialistas do COMAER, IFI e empresas da indústria aeronáutica brasileira. O Super Tucano foi desenvolvido a partir da experiência com a aeronave Tucano (T-27 ou EMB-312). O Tucano também foi desenvolvido pela Embraer, com vendas de mais de 500 unidades por 14 países.

5.1 O Programa AL-X (Super Tucano)

Durante o mês de agosto de 2011, foi realizado um estágio na COPAC, em Brasília, para levantamento das diretrizes gerais do Programa Super Tucano. Os documentos analisados do Programa AL-X estavam em mídia digital na gerência do programa. Foram entrevistados informalmente o adjunto do gerente do Programa AL-X do ano 2011 e o gerente do Super Tucano do ano 2012. Dado o conteúdo confidencial do material acessado, tudo foi lido apenas para compreensão dos aspectos gerais do programa. Dessa maneira, o Programa Super Tucano será apresentado segundo as áreas de conhecimento do *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), do mesmo modo como foi feito para o Programa AM-X. A sistematização das informações coletadas durante o estágio realizado na COPAC, por áreas de conhecimento do PMBOK, foi a forma mais pragmática encontrada para apresentação dos detalhes do programa.

Segundo a COPAC, a aeronave AL-X (Super Tucano) foi desenvolvida inteiramente pela Embraer, segundo os requisitos da Força Aérea Brasileira, sobretudo quanto aos requisitos de adequação a climas quentes e úmidos. O contrato de desenvolvimento data de 1995. O EMB-314, Super Tucano, é uma aeronave turboélice de ataque leve e treinamento avançado, que incorpora os últimos avanços em aviônicos e armamentos. Foi concebido para atender aos requisitos operacionais da Força Aérea Brasileira (FAB), para uma aeronave de ataque tático, capaz de operar na Amazônia brasileira em proveito do projeto SIPAM e SIVAM, e de treinador inicial para pilotos de caça.



Figura 5.1 Aeronave AL-X (Super Tucano).
Fonte COPAC.

Os contratos analisados referem-se às seguintes fases:

1. Fase de Desenvolvimento;
2. Fase de Produção: Subfase de Industrialização, Subfase de Contratação da Produção e Subfase da Execução da Produção;
3. Fase de Utilização.

A aeronave foi designada pela Aeronáutica como A-29, na versão monoposto, e AT-29 na versão biposto. Nos documentos analisados, observou-se o acompanhamento explícito e direto do governo brasileiro (Comando da Aeronáutica) nos processos de desenvolvimento e de produção. O COMAER esteve presente em toda a fase de desenvolvimento, bem como a arquitetura contratual do projeto permitiu o envolvimento ativo do governo brasileiro na determinação dos equipamentos e dos fornecedores subcontratados pela Embraer. Os documentos analisados refletem, sobretudo, as concepções estratégicas acordadas entre o órgão público e a empresa privada principal.

Previu-se inicialmente uma encomenda de 99 aeronaves entregues em duas etapas. 76 aeronaves na primeira etapa e 23 aeronaves na segunda.⁶² Foram previstos também os contratos de prestação de serviços de gerenciamento da produção e dos itens de Suporte Logístico à Operação e de Série (bancos de teste, equipamentos de apoio no solo, peças de reposição e equipamentos de giro para apoio à linha de produção). Os itens de Suporte Logístico são fabricados pelos mesmos fornecedores das peças e dos equipamentos que compõem as aeronaves, dessa forma concluiu-se pela oportunidade e pela viabilidade de que esses elementos da Logística de Série fossem adquiridos juntamente com as aeronaves.

O programa será apresentado a partir das suas fases e das áreas de conhecimento do PMBOK (2004).

5.1.1 Fase de desenvolvimento

A fase de desenvolvimento iniciou-se em 1995 e foi composta de todas as fases ligadas ao projeto; das atividades de modificação dos protótipos; da construção dos corpos de prova para os ensaios estruturais estáticos, para os ensaios de solo e em voo; das etapas de seleção de fornecedores de equipamentos; das atividades de desenvolvimento completo de *software* embarcado de missão; do desenvolvimento das ferramentas de apoio para integração de todos os equipamentos sistemas e subsistemas aviônicos; das atividades de construção das estações de desenvolvimento de *software* e da bancada principal do *rig* de integração aviônica; da construção do *mock up* representativo do arranjo interno; da iluminação das aeronaves em série e das atividades de suporte ao delineamento do apoio logístico inicial necessário para a fase de utilização.

A fase de desenvolvimento iniciou-se a partir da Especificação Técnica Preliminar que foi previamente discutida com o COMAER. Ao final do desenvolvimento, a Embraer demonstrou por meio de protótipos, ensaios em laboratório e relatórios que a aeronave AL-X de série cumpriu o previsto na Especificação Técnica Final, que foi elaborada ao término desta fase e serviu de base para o contrato de produção.

⁶² Foram produzidas e entregues 99 aeronaves para a Força Aérea Brasileira. O programa brasileiro encontra-se encerrado. Em novembro de 2013, existiam 73 aeronaves voando em outras Forças Aéreas (Colômbia, Chile, Equador, República Dominicana, Burkina Faso, Indonésia, Maurítânia, Angola e Estados Unidos da América). Existiam contratos em andamento ou em negociação para o fornecimento de 19 aeronaves para vários países e um contrato assinado para fornecimento de 20 aeronaves para os EUA, com possibilidade de mais 35 aeronaves após o pedido inicial ser concluído (Fonte: questionamento, por email, ao Gerente do Super Tucano do ano de 2012).

O contrato de desenvolvimento firmado entre COMAER e EMBRAER continha cláusulas específicas que reforçavam a participação da Aeronáutica nas rodadas de seleção de fornecedores, sobretudo para aquisição de equipamentos de interesse relevante para a FAB, como os aviônicos. Estava explícita no contrato de desenvolvimento a necessidade de se cumprir a diretriz de compensação comercial e industrial, em benefício da indústria aeroespacial brasileira. O que foi feito por meio de *Offset* com a empresa fabricante do motor, a Pratt & Whitney, empresa canadense, sendo o *Offset* formalizado na fase de produção. Também se procedeu da mesma forma com as empresas fornecedoras dos aviônicos.

Segundo as gerências de programas da COPAC, os Acordos de Compensação ou *Offsets* são atualmente a principal ferramenta utilizada nos contratos de compra de aeronaves para se internalizar conhecimento da fronteira tecnológica internacional. Tal forma de operar está institucionalizada na sistemática de aquisição da Aeronáutica, o que está em conformidade com o que os autores evolucionistas indicam como o primeiro passo a ser dado rumo a internalização do conhecimento, importação de tecnologia com assimilação da caixa preta. Segundo Lall (2000), a assimilação de tecnologia requer esforços explícitos da organização e um ambiente institucional favorável. O desafio para o governo brasileiro está em criar mecanismos pós-compra, atrelados às empresas locais previamente selecionadas, que possibilitem de fato às nacionais dominarem, adaptarem e aperfeiçoarem os conhecimentos dos equipamentos importados.

Ao encerramento da fase de desenvolvimento, a Embraer deveria entregar ao COMAER, os seguintes itens:

1. Um protótipo representativo da aeronave AL-X na versão monoposto, excluídos os itens de terceiros ou em consignação, além da instrumentação de ensaio em voo;
2. Um protótipo representativo da aeronave AL-X na versão biposto, excluídos os itens de terceiros ou em consignação, além da instrumentação de ensaio em voo;
3. O *mock-up* utilizado nas avaliações do arranjo interno e da iluminação da cabina;
4. Os corpos-de-prova utilizados para os ensaios estruturais estáticos;
5. Todos os equipamentos da categoria B, as peças sobressalentes de apoio aos protótipos e aos ensaios, inclusive os itens consumíveis não utilizados, no estado de uso na época de sua entrega; e
6. Todos os itens GFE não utilizados.

Na fase de desenvolvimento, a Embraer também apresentou ao COMAER, por meio do seu Representante da Garantia da Qualidade, o Plano de Gerenciamento da Configuração.

5.1.2 Fase de produção

A fase de produção foi composta pelas atividades de industrialização do projeto, de fabricação do ferramental para a fase de produção, de ensaios de fadiga da aeronave completa, e de atividades da logística inicial para a operação da aeronave em série e para a produção seriada. Foram estabelecidos contratos específicos para a produção do ferramental, para os ensaios de fadiga e para a logística inicial. A Fase de Produção foi subdivida nas seguintes subfases: Subfase de Industrialização, Subfase de Contratação da Produção e Subfase da Execução da Produção. A Subfase de Industrialização englobou as atividades necessárias para a produção seriada; a Subfase de Contratação da Produção consistiu no ato formal que autorizou a empresa a produzir as aeronaves, na configuração estabelecida na Especificação Técnica Final; e a Subfase da Execução da Produção referiu-se ao início da produção propriamente dito, segundo as configurações e cadências previstas.

5.1.3 Subfase de industrialização

A Subfase de Industrialização para produção da aeronave completa englobou as tarefas necessárias à produção seriada, foram elas: a industrialização do projeto; a engenharia de produção; o projeto, o processo e a fabricação do ferramental (processos de produção para estamparia, usinagem convencional, ferramental, programa de controle numérico, não metálicos, subconjuntos e montagem final); e ensaios de fadiga da aeronave completa. Compreendeu também todas as atividades de execução dos desenhos e diagramas de sistemas e estruturais, de forma definitiva. Identificação e cadastramento dos desenhos no banco de dados da empresa, a liberação dos desenhos para produção e arquivos, a elaboração da cascata de produção e o suporte às áreas de produção e engenharia.

A Subfase de Industrialização foi iniciada no ano de 2001. Ao afinal desta subfase, foram gerados todos os elementos necessários à fabricação em série das aeronaves AL-X: os desenhos definitivos de produção, a consolidação dos processos de fabricação e de montagem das partes do avião e do ferramental de produção. Estas atividades visaram, basicamente, permitir a produção econômica seriada das aeronaves em escala, com cadência pré-definida, repetibilidade e qualidade.

5.1.4 Subfase de contratação da produção e subfase da execução da produção

Nesta etapa, estabeleceu-se a contratação para produção e fornecimento das aeronaves AL-X (caças biposto e monoposto), juntamente com equipamentos de apoio ao solo, os

tanques de combustível, os serviços de gerenciamento da produção, os itens de suporte logístico inicial à operação, bem como a logística de série (bancos de teste, equipamentos de apoio no solo, peças de reposição e equipamentos de giro para apoio à linha de produção). A grande maioria dos equipamentos da logística foi fabricada pelos mesmos fornecedores das peças e equipamentos que compõem as aeronaves, por isso mostrou-se oportuno serem adquiridos juntamente com as aeronaves.

5.1.5 Fase de utilização

Fase na qual se desenvolveram as atividades operacionais e logísticas, abrangendo também aspectos do controle da garantia técnica dos equipamentos e sistemas. A EMBRAER comprometeu-se a manter-se em condições de prestar apoio técnico a frota de aeronaves durante todo o ciclo-de-vida previsto para a aeronave AL-X, período não inferior a 20 anos. Tal disponibilidade refere-se à manutenção e modificação dos softwares, integração dos novos equipamentos aviônicos, sensores e armamentos e à manutenção das condições de utilização do *rig* de integração aviônica.

5.1.6 Gestão da propriedade intelectual

Acordou-se que são de propriedade do governo brasileiro todos os resultados decorrentes da fase de desenvolvimento, assim como todos os bens gerados. E que o governo brasileiro detém o direito ilimitado de uso da propriedade industrial e/ou intelectual dos resultados do desenvolvimento do caça AL-X, em caráter irrevogável e sem ônus para o Estado, incluindo o direito de utilizá-los em contratos com terceiros. Acordou-se também que o Comando da Aeronáutica poderia conceder o uso, a título oneroso (1% da nota fiscal de venda das vendas feita a terceiros por aeronave), os direitos de propriedade à EMBRAER por meio contrato apropriado para tal.

A EMBRAER somente pode celebrar contratos de venda a terceiros de aeronaves de AL-X ou de modelos de aeronaves dela derivadas, *kits* EAS, tanques de combustível de 320 litros, e, ainda, quaisquer acessórios ou resultados obtidos das atividades desenvolvidas no âmbito do Projeto AL-X mediante aprovação prévia do COMAER.

5.1.7 Gestão da qualidade

A Embraer e as suas subcontratadas se obrigaram a observar o que está previsto nas normas e nas publicações aplicáveis à Garantia da Qualidade (NBR ISO 9001, de 1994, mais

os suplementos dos requisitos da norma AQAP 110, de 1995, e a norma ISO 9000-3, Diretrizes para a aplicação da ISO 9001). A Embraer submeteu ao COMAER, por intermédio do IFI, o Plano de Garantia da Qualidade (de acordo com a DHM 006-R02). O que possibilitou a emissão dos certificados de Conformidade da aeronave e de Homologação da empresa.

Foi responsabilidade da EMBRAER que suas subcontratadas adotassem procedimentos concordantes com o Sistema de Qualidade por ela implantado. O IFI é o órgão encarregado para auditar as empresas sempre que necessário, com livre acesso à empresa contratada e aos seus subcontratados.

5.1.8 Gestão da integração

A execução do contrato esteve de acordo com as Especificações Técnicas Finais do AL-X. As modificações que se fizeram necessárias estiveram sujeitas à aprovação do COMAER, por intermédio do GAC. Um plano de gerenciamento da configuração acompanhou o contrato de produção.

O acompanhamento e a fiscalização do contrato foram realizados por meio do GAC. A entrega das aeronaves esteve sujeita à análise das Comissões de Recebimento. A verificação e aceitação dos resultados foram feitos mediante a comprovação do cumprimento das especificações e requisitos prescritos no Plano de Verificação e Aceitação, por meio de relatórios, de verificação física e da observação ou execução de atividades específicas. Tais processos são distintos daqueles necessários para a homologação de aeronaves pelo IFI. Caso a EMBRAER deseje obter o Certificado de Homologação do avião AL-X, deverá solicitá-lo formalmente ao DCTA/IFI.

Para acompanhamento das atividades do projeto, a EMBRAER providencia a entrega ao GAC-EMBRAER, quadrimestralmente, de um relatório das atividades desenvolvidas dentro de cada área, por lote, e uma previsão dos eventos a serem realizados no período seguinte.

A aceitação dos resultados de cada etapa foi feita pelo gerente técnico mediante a comprovação do cumprimento das especificações e dos requisitos prescritos na descrição das atividades contratuais, por meio de relatórios, de verificação física e da observação ou execução de atividades específicas e como resultado deste ato foi emitido o termo de aceitação de etapa.

A Embraer também se obrigou contratualmente a submeter à aprovação do COMAER, por intermédio do GAC, o Plano de Gerenciamento da Configuração, aplicável ao ferramental, que deveria ser compatível com o Plano de Gerenciamento da Configuração das Aeronaves A-29 e AT-29 que foi apresentado no Contrato de Produção.

Para o gerenciamento contínuo da relação EMBRAER-COMAER foi estabelecido em contrato reuniões técnicas e logísticas formais segundo um cronograma, com tempo hábil para que Aeronáutica possa analisar o conteúdo e sua adequabilidade. Nos contratos estabeleceu-se que a EMBRAER deve providenciar a entrega ao GAC dos seguintes relatórios periódicos de acompanhamento:

Relatório Mensal de Acompanhamento;

Relação das Ordens de Modificações Emitidas (bimestralmente); e

Inventário Progressivo dos Bens de Propriedade do Governo (trimestralmente).

5.1.9 Gestão do escopo

O escopo foi definido segundo as entregas para cada fase, subfase e atividade, tendo como vista o ciclo de vida da aeronave, a necessidade de produção do ferramental e a necessidade de antecipação de compra de equipamentos e acessórios que seriam utilizados em uma fase posterior.

5.1.10 Gestão do prazo

Segundo o cronograma físico-financeiro anexo ao contrato. Não foi possível analisar os documentos de andamento do projeto, para verificar o histórico da execução.

5.1.11 Estrutura organizacional

O Gerente do Projeto AL-X é o responsável, no âmbito do Comando da Aeronáutica, por todas as questões relativas ao projeto. Estão subordinados a ele o Gerente Logístico e o Gerente Técnico. Os contratos foram assinados pelo Diretor Geral do DEPED (Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento do DCTA). O governo acompanha o cumprimento de seus contratos deste programa, por meio do SDDP (Subdepartamento de Desenvolvimento de Programas), da sua estrutura gerencial de projeto da COPAC e do seu órgão auxiliar, a SGAC-EMB (Seção EMBRAER do Grupo de Acompanhamento e Controle, subordinado à COPAC).

A Embraer mantém à disposição do GAC, para possibilitar o seu funcionamento e atuação, instalações em sua sede, providas de móveis, telefone, materiais de expediente e também, acesso ao restaurante. O Gerente do Projeto AL-X por meio da sua estrutura gerencial e de órgãos técnicos realiza a análise dos relatórios apresentados pela EMBRAER para cada etapa, podendo ser solicitado quaisquer informações complementares que julgarem necessárias a respeito das atividades executadas.

5.1.12 Gestão dos custos

Com objetivo de obter os recursos necessários para o Projeto AL-X, a Secretaria de Economia e Finanças da Aeronáutica (SEFA) contatou diversas instituições financeiras nacionais e internacionais. As ofertas apresentavam estruturas que previam a liberação dos recursos diretamente nos países de origem dos fornecedores no exterior. Além das aquisições no exterior, uma parte significativa dos recursos precisava estar disponível no Brasil, para liquidação dos contratos da fase de produção. Os contratos também foram suportados por recursos orçamentários previstos nas propostas orçamentárias para financiamento do projeto ao longo dos anos da sua execução.

Nos preços dos contratos já estavam inclusos cláusulas de contingência necessárias para atender eventuais acréscimos de itens de consumo de qualquer natureza, reparação ou manutenção dos equipamentos dos protótipos, inclusive os categoria C, reparação ou manutenção dos equipamentos de ensaio no solo e em voo e, ainda, dos voos de ensaio extraordinários necessários para cumprir o previsto no Plano de Verificação e Aceitação (da Fase de desenvolvimento). Estiveram excluídos dos custos os equipamentos categoria B e os itens GFE. Acordou-se ainda que a Embraer não poderia pleitear ressarcimento ou, ainda, cobrar do governo quaisquer custos adicionais para a execução do que foi previsto no contrato de desenvolvimento e seus anexos.

Para os contratos de produção, os bens foram cobertos por apólices de seguros, desde o local em que foram produzidos até o seu recebimento definitivo nas instalações do COMAER, sem ônus adicional. Na subfase industrialização, a EMBRAER garantiu que as alterações, decorrentes de defeitos originados por falha de projeto e identificadas nos ensaios de fadiga do trem de pouso seriam por ela sanados, sem custos adicionais para a Aeronáutica. Quanto às mudanças referentes à especificação solicitadas pela Aeronáutica em função de novas exigências operacionais ou a novas escolhas técnicas que impactem custos, seriam suportados pelo COMAER. No contrato de industrialização, a EMBRAER realizou

investimentos a risco em mão-de-obra e materiais que seriam recuperados a valor fixo e irrealizável em dólares norte-americanos, nas vendas que se concretizarem com outros clientes das primeiras 82 aeronaves AL-X e suas versões. De modo que a Aeronáutica, não faz jus ao recebimento de royalties relativos à propriedade industrial decorrente do contrato de industrialização.

5.1.13 Gestão das aquisições

Os contratos foram firmados entre o COMAER e a principal empresa brasileira da indústria aeronáutica, a Embraer. Foram firmados contratos de desenvolvimento, ensaios de fadiga, industrialização, ferramental, produção e logística inicial. Neste programa, evitou-se que o COMAER realizasse compras diretas com o exterior (GFE) para depois repassar os equipamentos à Embraer. A empresa líder foi responsável pelo atendimento de todas as necessidades de sua linha de produção. Foi também realizado um contrato com a empresa Embraer Aviation International - EAI, subsidiária da empresa brasileira Embraer, com sede em Le Bourget (França), para a aquisição dos fornecimentos produzidos nos países da Europa e em Israel; e um contrato com a Embraer Services Incorporated - ESI, subsidiária da empresa brasileira Embraer, com sede em Dallas, Texas (Estados Unidos da América - EUA), para a aquisição dos fornecimentos produzidos nos EUA e no Canadá.

O COMAER autorizou à Embraer a subcontratar empresas para os serviços e fornecimentos necessários ao contrato principal, estando sobre sua inteira responsabilidade os ônus e riscos inerentes à subcontratação. O COMAER deveria ser informado sobre o objeto do contrato e a razão social da subcontratada, se reservando o direito de não aprovar a referida contratação por motivo fundamentado.⁶³ No caso, da Subfase de Industrialização, tal exigência se faz presente para as subcontratações que superem o valor dos lotes definidos em 5%. Caso a subcontratação seja aprovada, a Embraer se obriga a fornecer cópia do subcontrato à Aeronáutica.

⁶³ Dada a dificuldade em se obter os dados sobre os subcontratados na COPAC, infere-se que tal procedimento não seja executado como o acordado.

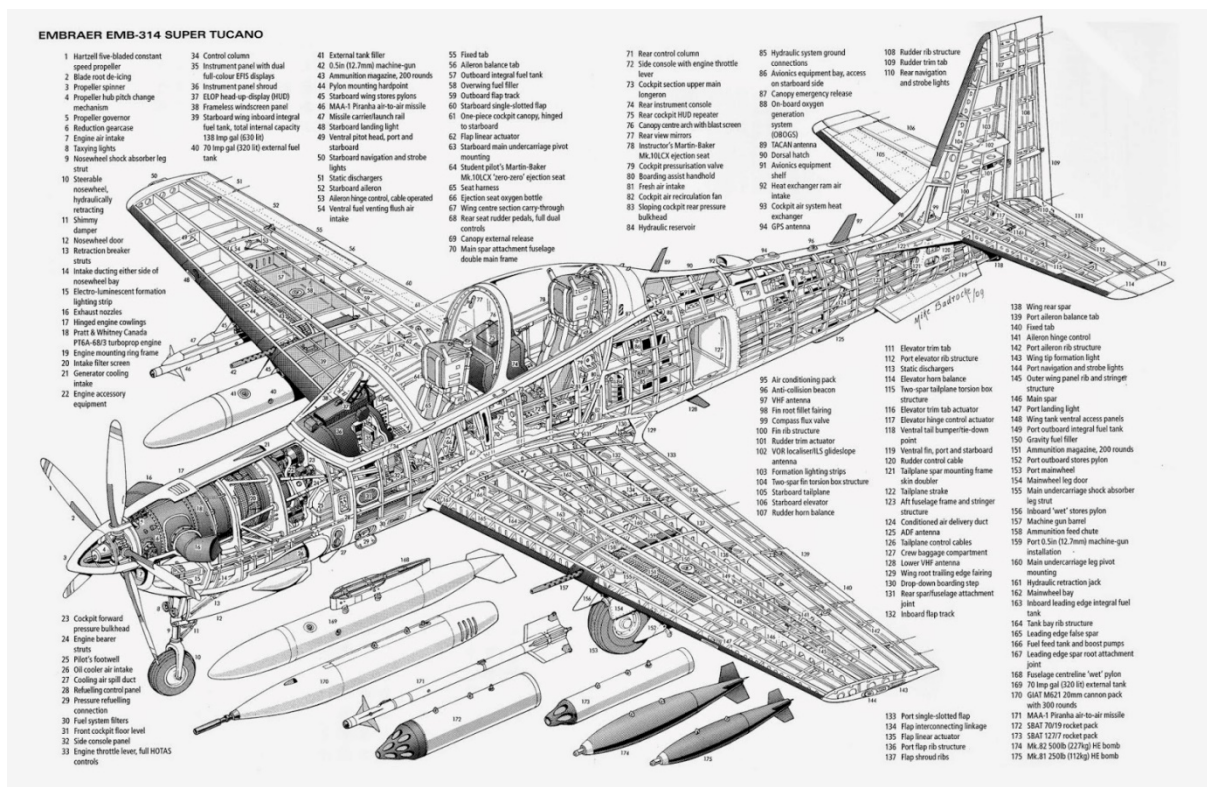


Figura 5.2: Partes da Aeronave AL-X.

Fonte: COPAC.

5.1.14 Capacitação técnica

A Embraer proporcionou o intercâmbio de informações com os técnicos da Aeronáutica, designados pelo gerente logístico, para que seja facilitada a assimilação dos conhecimentos relativos à manutenção da aeronave AL-X, nos serviços de manutenção programada e não programada. A Embraer também se comprometeu a apoiar o COMAER nos estudos de viabilidade e na definição do objeto do contrato de logística inicial. Previu-se um contrato de logística inicial próprio que seria efetivado antes de o contrato de produção entrar em vigor.

5.2 Impactos Tecnológicos sobre o COMAER e sobre a Embraer

O Programa AL-X é um ótimo exemplo da capacidade do COMAER de desenvolver requisitos de aeronave em alto nível. A Aeronáutica ao longo dos anos foi desenvolvendo a capacidade de traduzir suas necessidades operacionais em termos muito detalhados, o que possibilita que a Embraer traduza esses requisitos em termos de especificações de produto. A maturidade das instituições e dos agentes desse processo no COMAER é o que possibilita que essa capacidade.

No Programa AL-X, também se observou um elevado refinamento na parte contratual, tanto que a participação ativa do COMAER em todas as fases do projeto foi marcante, sobretudo na fase de desenvolvimento. As estruturas de fiscalização, monitoramento e controle dos contratos também foram aperfeiçoadas por meio dos gerentes responsáveis por cada área. Todas as possibilidades eram exauridas nos contratos, colocando forte pressão sobre a Embraer, a qual possui autonomia para subcontratar empresas no país e no exterior, sem interferência governamental, a exceção acontece nos casos rejeitados pelo COMAER por algum motivo fundamentado. A Aeronáutica ainda centralizou todas as compras de equipamentos na empresa, não sendo mais responsável por aquisições diretas no exterior referente aos equipamentos das aeronaves produzidas, o que facilitou a condução dos contratos, embora tenha conferido maior autonomia à Embraer na definição dos seus parceiros internacionais.

Do ponto de vista da capacitação técnica, não houve um salto tecnológico com AL-X, a Embraer já possuía conhecimento interno (técnico e gerencial) para dar andamento a todas as fases do projeto. Mesmo assim, o AL-X, uma aeronave inteiramente desenvolvida pela Embraer, é caso de inovação na área de *marketing* da empresa, haja vista seu sucesso de vendas – uma aeronave muito reconhecida internacionalmente e carro chefe de vendas no exterior na área de defesa.

5.3 Considerações Finais

O Programa AL-X é um caso de sucesso para o COMAER e para Embraer, tanto do ponto de vista do desenvolvimento dos requisitos por parte do governo brasileiro, quanto para Embraer, do ponto de vista da produção de uma aeronave com grande aceitação no mercado internacional. Nesse programa, estabeleceu-se o uso dos mecanismos de *Offset* para empresas específicas no Brasil, como a Ael Sistemas, especializada em aviônicos, que tem se beneficiado dos Acordos de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológico no Brasil. O Programa AL-X utiliza o *Offset* desenvolvido para o Programa de Modernização do F5.

A aeronave AL-X, para atender aos requisitos estabelecidos pela Força Aérea Brasileira, foi também concebida para operar com complexos sistemas eletrônicos, os quais estão sendo desenvolvidos pela mesma empresa Elbit e com elevado grau de comunalidade com a aeronave F-5 modernizada. Dessa forma, para assegurar também para as aeronaves AL-X o fornecimento dos materiais e a prestação de serviços para o apoio logístico aos GSE e aos sistemas aviônicos e seus equipamentos de teste, foi necessário apenas complementar a

estrutura de suporte logístico que já foi contratada para a Aeronave F-5BR. Tal integração demonstra racionalidade e boa coordenação da COPAC na integração e gerenciamento de uma grande quantidade de contratos.

6 PROGRAMA F-5BR (1974-2010): IMPACTOS TECNOLÓGICOS SOBRE O COMANDO DA AERONÁUTICA E SOBRE A INDÚSTRIA AERONÁUTICA BRASILEIRA

O objetivo deste capítulo é apresentar os traços gerais do Programa F-5BR, com base em pesquisa documental e entrevista com especialistas do COMAER, IFI e empresas da indústria aeronáutica brasileira.

6.1 O Programa F-5BR

Em 1974, o COMAER com o objetivo de equipar suas Unidades de Caça com aeronaves supersônicas capazes de suprir missões ar-ar e ar-superfície, adquiriu da empresa Northrop 36 aeronaves F-5E, na versão monoposto, e seis aeronaves F-5B, na versão biposto. Essas aeronaves foram direcionadas à Base Aérea de Canoas e à Base Aérea de Santa Cruz. Depois de cerca de 14 anos de operação, o COMAER adquiriu da Força Aérea dos Estados Unidos da América (USAF), mais 22 aeronaves F-5E, na versão monoposto, e quatro aeronaves F-5F, na versão biposto. As aeronaves adquiridas não possuíam sistemas de navegação e de ataque que atendessem às necessidades da Força Aérea Brasileira e também apresentavam obsolescência em diversos dos seus sistemas aviônicos. Isso deu origem, em 1991, à emissão dos Requisitos Operacionais Preliminares (ROP) e ao processo já descrito na seção que aborda a Diretriz de Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica (DCA 400-6, 1992).

O ROP foi encaminhado para o Departamento de Pesquisas e Desenvolvimento para elaboração dos Requisitos Técnicos Logísticos e Industriais Preliminares (RTLIP). O RTLIP foi elaborado pelo DCTA e aprovado pelo EMAER em 1992. Em 1994, foi criado um Grupo de Trabalho no Subdepartamento de Desenvolvimento e Programas (SDDP) para executar as atividades da fase de viabilidade do Projeto de Modernização do F-5, que conclui sobre a necessidade de se modernizar os sistemas aviônicos das aeronaves para adequá-los à realidade brasileira. A modernização das aeronaves deveria estender a vida do F-5 até no mínimo 2015, o que garantiria certa economia de recursos para o Brasil que não precisaria despendê-los, naquela ocasião, recursos com a aquisição de novas aeronaves e continuaria a utilizar toda a

estrutura logística e de recursos humanos já implantados no COMAER para seu funcionamento a contento. Com a modernização, as aeronaves adquiridas em 1974 e em 1988 receberiam uma configuração comum, com muitos benefícios em termos logísticos.

A autorização formal para início do processo de modernização foi emitida em 1997 pelo EMAER. O processo de seleção das empresas para fornecimento dos materiais e serviços da modernização foi conduzido em regime de dispensa de licitação, amparado pelo artigo 24, inciso IX, da Lei nº 8666, de 1993, regulamentado pelo artigo 1º, inciso I, do Decreto nº 2295, de 4 de agosto de 1997. A arquitetura contratual idealizada para a modernização do F-5 estipulava a Embraer, como a principal contratada, que seria responsável perante o COMAER para execução das atividades de desenvolvimento e de produção das aeronaves F5-BR, como passaram a ser nomeadas. A Embraer Aviation International (EAI), subsidiária da Embraer, sediada em Le Bourget na França, seria responsável pelas contratações de outras empresas no exterior para o fornecimento de bens e serviços necessários a ela própria e pelo apoio logístico para os equipamentos aviônicos fornecidos.

Em 2007, foram adquiridas mais 11 aeronaves F-5 da frota Jordania, por meio da Comissão Brasileira na Europa. Em 2008, foi decidido pelo Comandante da Aeronáutica que essas aeronaves também seriam incluídas no processo de modernização do F-5 já em andamento. Em 2009, foi estabelecido que apenas três aeronaves das 11 fossem modernizadas. Nos contratos firmados, havia uma margem para modernização de até oito aeronaves. Estas passaram por manutenção no Parque de Material Aeronáutico de São Paulo (PAMA-SP) sobre corrosão e fadiga estrutural, reduzindo os riscos associados à necessidade de substituição de estruturas.



Figura 6.1 Aeronave F5-BR.

Fonte: http://freepages.military.rootsweb.ancestry.com/~otranto/fab/tiger_br.htm.

6.2 Impactos Tecnológicos sobre a Embraer e sobre a Ael (*Offset*)

A contratação da Embraer, como empresa principal, orientou-se segundo a perspectiva do COMAER em estabelecer, no Brasil, a capacidade de manter e atualizar o sistema modernizado, sobretudo o *software* operacional e a integração de novos sensores e armamentos, sem dependência externa. Tal situação era reforçada pelo fato de a Embraer ser a única empresa instalada no Brasil tecnicamente qualificada para atender os requisitos do programa, sem a necessidade de aplicação de recursos adicionais para capacitação em material, pessoal e tecnologia. De modo que ainda seriam economizadas divisas para o país e haveria a criação de novos postos de trabalho extremamente qualificados no Brasil.

Assim, em 1997, a Embraer foi contratada para prestar apoio técnico especializado ao COMAER no processo de seleção e escolha da empresa para provimento de equipamentos modernizados e de *software* aviônico. Estavam previstas serem modernizadas 47 empresas aeronaves F-5 e era explícito o desejo do COMAER em internalizar o máximo de tecnologia de fabricação e de manutenção de acordo com a Política de *Offset*, já descrita nas seções anteriores. Em 1998, foram recebidas as ofertas da Elbit (Israel), GEC- Marconi (Grã-Bretanha), IAI (Israel) e SAGEM (França). O COMAER seguiu uma metodologia de avaliação para o processo de seleção que considerasse o “melhor valor” que traduzisse a melhor relação custo *versus* benefício favorável, além de buscar a melhor compensação comercial, industrial e tecnológica em favor do COMAER e da indústria aeronáutica brasileira. A proposta da Elbit foi a proposta considerada, pois foi a que mais atendeu aos interesses do COMAER. Assim, a Elbit tornou-se a responsável pelo fornecimento de

equipamentos modernizados, materiais e serviços do apoio logístico, equipamentos para testes das aeronaves F5 e outras com sistemas similares ou compatíveis aos F-5 modernizados.

A fim de compensar os valores despendidos em contrato pelo governo brasileiro, foi estabelecido um Acordo de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica, no qual a empresa Elbit israelense adquiriu a empresa Aeroeletrônica – Indústria de Componentes Aviónicos S. A. (AEL), localizada na cidade de Porto Alegre. A intenção inicial era adquirir cerca de 60% da empresa, no entanto decidiu adquirir 100%, com a justificativa de permitir a sobrevivência da empresa e seu crescimento.

Segundo entrevistas, quando a Elbit Israelense adquiriu a empresa Aeroeletrônica, ela não tinha completa noção do grande potencial de recursos humanos e tecnológicos existentes nela, de modo que os anos seguintes à aquisição envolveram grande participação de executivos estrangeiros no seu dia a dia. Essa aquisição convergiu para novos negócios no exterior, apoiados por equipes de profissionais brasileiros, tanto que foram muito citados contratos com a França.

6.3 Impactos Tecnológicos sobre o COMAER

A pesquisa documental e a pesquisa de campo revelaram que é incontestável a capacidade organizacional do COMAER, por meio do DCTA e da COPAC, em gerar requisitos das necessidades operacionais da Força Aérea Brasileira – nesse caso para a modernização dos F-5, adquiridos no exterior, os quais necessitavam de certo nível de atualização e adaptação ao cenário nacional – e a capacidade de gerenciar contratos de elevada complexidade. Isso pode ser verificado pela facilidade de diálogo entre Embraer e o COMAER em relação à operacionalização dos requisitos desejados e na coerência dos argumentos apresentados nos contratos ao longo de vários anos de execução. Os contratos refletem uma organização madura ciente de sua missão institucional de possibilitar a acumulação de capacidades tecnológicas em empresas sediadas no território nacional.

As aeronaves modernizadas promovem a elevação da capacidade de emprego da Força Aérea Brasileira e de seu apoio logístico, sobretudo das frotas que já estão em operação no Brasil, sendo elas AM-X e AL-X, já analisadas nas seções anteriores.

6.4 Considerações Finais

A Embraer ficou à frente dos contratos gerados pela modernização do F-5, de modo a possibilitar que a empresa adquirisse a capacidade em integração de aviônicos de última geração e em relação à operação dos respectivos *softwares*. Harmoniza-se, portanto, também com os requisitos da modernização do AM-X, que também estava em andamento, e com a produção seriada da própria aeronave Super Tucano.

A modernização dos F-5 ainda gerou o *Offset* da aquisição da Aeroeletrônica pela Elbit Israelense, possibilitando a recuperação financeira da empresa e a ampliação de sua rede de clientes. A Ael Sistemas atualmente participa ativamente de contratos no exterior, aos quais não teria acesso sem a participação da Elbit. Isso reduziu sua dependência dos contratos de defesa da Embraer, os quais não possuem grande escala de produção.

7 PROGRAMA KC-390 (2009-PRESENTE): IMPACTOS TECNOLÓGICOS SOBRE O COMANDO DA AERONÁUTICA E SOBRE A INDÚSTRIA AERONÁUTICA BRASILEIRA

O objetivo deste capítulo é apresentar os traços gerais do Programa KC-390, um programa em execução iniciado em 2009, a partir da pesquisa documental, entrevista com especialistas e da escassa literatura disponível. Também apresentaremos seus impactos tecnológicos sobre o COMAER, a Embraer e a indústria de usinagem aeronáutica no Brasil. Ao final do capítulo, será feita uma revisão, a partir da pesquisa de campo, dos principais aspectos da parceria entre COMAER e Embraer.

7.1 O Programa KC-390

O programa foi formalmente iniciado a partir da contratação do desenvolvimento de uma nova aeronave, em 2009, com base nos requisitos do Comando da Aeronáutica, depois de uma extensa avaliação entre comprar uma aeronave já existente no mercado ou desenvolver uma inteiramente nova. O Comando da Aeronáutica julgou aceitável o risco de desenvolvimento, haja vista o histórico de uma relação bem-sucedida entre Embraer e COMAER. Comprar, no mercado, tal aeronave não demonstrava nenhuma vantagem ao governo brasileiro, nem em relação ao custo, nem relação à absorção de tecnologia. Trata-se da maior aeronave já desenvolvida e produzida pela Embraer, um avião de alta asa, com grandes proporções, com motores a jato, capaz de pousar em pistas não pavimentadas e despreparadas, desenvolvida com o conhecimento tecnológico de ponta em várias áreas.



Figura 7.1 Maior aeronave já desenvolvida pela Embraer: KC-390.

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Embraer_KC-390.

Entre as inovações, o KC-390 possui tanque que pode ser reabastecido e reabastecer em voo (incluindo helicópteros) e pode ainda pousar na Antártida. O cargueiro da Força Aérea Brasileira, cuja propriedade intelectual é do COMAER, é o único da categoria que possui sistema eletrônico de controle de voo *Fly-by-Wire* (inteiramente desenvolvido pela Embraer), proporcionando maior eficiência para a pilotagem e integração com outras missões. Diferencia-se ainda por apresentar reduzido custo de operação e manutenção. A demanda pelo KC-390 surgiu da necessidade de se substituir a frota da aeronave Hércules, o C-130. O objetivo era reunir em uma única aeronave a capacidade de atender inúmeras missões como busca e salvamento, transporte, reabastecimento, lançamento de carga e de paraquedistas, evacuação médica, combate a incêndios florestais, entre outros.

Em 2014, foi assinado o contrato de produção de 28 aeronaves, adicionando-se mais duas unidades protótipo. O Programa KC-390 faz parte do Programa de Reaparelhamento da Força Aérea Brasileira e de fortalecimento da indústria nacional. Foi utilizada a modalidade de inexigibilidade de licitação, por não haver, no Brasil, outras empresas capazes de realizar tal encomenda, sendo este o tipo de modalidade utilizado em todos os outros programas que ocorreram entre o COMAER e a Embraer, já tratados nos capítulos anteriores.

Segundo os entrevistados, o desenvolvimento do KC-390 beneficiou-se em vários aspectos dos avanços ocorridos na aviação comercial, sobretudo na família 170 e 190, nos quais é marcante a filosofia de se reduzir custos de operação e de manutenção. A aeronave desenvolvida possui o menor custo de ciclo de vida disponível no mercado para essa categoria.

7.2 Impactos Tecnológicos sobre a Embraer

A Embraer é responsável pelo desenvolvimento, pela integração da aeronave e pela produção de uma série de itens e de produtos. A montagem estrutural e a final ocorrem na unidade de Gavião Peixoto (SP), na qual também existe uma fábrica de móveis produtos de cabine e de toalete. Na unidade de Eugênio de Melo (SP), são produzidas as cablagens elétricas e as tubulações da aeronave. Na de São José dos Campos, produzem-se peças em material composto. Em Portugal, a Embraer detém 65% da empresa Ogma⁶⁴ e os 35% restantes pertencem ao governo português, que criou uma empresa de engenharia para desenvolver os itens que a Ogma iria produzir. Nessa parceria, a Ogma, produz a seção central da fuselagem do avião, as protuberâncias nas duas laterais da fuselagem e o leme de profundidade. Já a fuselagem central coube à engenharia da Embraer.

Em Portugal, na cidade de Évora, a Embraer decidiu implantar dois centros de excelência: um de estruturas metálicas e um de estruturas em material composto. Esses dois centros participam do programa do KC, e agregam capacidade de produção de itens que a Embraer não tinha capacidade para fazer. Não existem empresas no Brasil com esse perfil de capacidade. É onde acontecem processos de usinagem em peças muito grandes e em alta velocidade, o maquinário utilizado tem capacidade de produção de peças de até 20 metros. Em Évora, são produzidos os painéis de revestimento das asas, as longarinas das asas, o caixão estrutural da empenagem vertical e o estabilizador horizontal de material composto (fibra de carbono). O restante da cadeia para processos especiais também se concentra em Évora, mas a engenharia permanece no Brasil. Tudo, então, é enviado para Gavião Peixoto, onde ocorre a integração e a montagem.

O desenvolvimento, a engenharia e a integração da aeronave KC-390 pela Embraer traduzem, segundo os entrevistados, o grande esforço de conteúdo local dessa aeronave. O esforço de integração envolve os parceiros internacionais e um grande número de

⁶⁴ Para maiores detalhes sobre os determinantes da aquisição da participação na Ogma pela Embraer, ver GOLDSTEIN e GODINHO (2010).

fornecedores de equipamentos e sistemas,⁶⁵ sob a coordenação técnica da Embraer. Vale ressaltar que a firma brasileira também subcontratou outras empresas, como Akaer, para o detalhamento do projeto de engenharia de algumas estruturas, gerando transbordamentos dessa capacidade dentro do Brasil.

Em termos da construção de capacidades técnicas novas para a empresa, ressalta-se que a Embraer desenvolveu inteiramente o sistema *Fly-by-Wire* para a aeronave KC-390, o que até então ainda não havia sido feito em programas anteriores. O tamanho da aeronave também foi um desafio para empresa, principalmente devido à alteração da arquitetura estrutural que estava acostumada a fazer, também alterou os ensaios e gerou nova capacitação. Em relação à integração dos sistemas da aeronave, o KC-390 caracteriza-se por uma maior integração entre o sistema de missão e o sistema de aviônica básica, sendo operacionalizado em um nível de maior profundidade em comparação aos programas anteriores. Em relação ao trem de pouso, que foi desenvolvido pela Eleb para suportar 84 toneladas, houve um grande salto de capacitação.

Foram cinco anos de trabalho para conceber, projetar, desenvolver, testar e produzir o conjunto de trens de pouso (trens principal e auxiliar) do KC-390.⁶⁶ Segundo os entrevistados, esse programa elevou a empresa a um novo patamar, sem ele, talvez a empresa levasse décadas para atingir o mesmo nível de desenvolvimento tecnológico e de qualidade, a partir de projetos em parceria com universidades e institutos. Os desafios estavam, especialmente, na usinagem de titânio e aço, as duas principais matérias-primas de alta densidade e resistência usadas na fabricação de cerca de 80% das novas peças, que têm dimensões muito maiores. Antes, para outras aeronaves de menor porte, predominava o uso de alumínio. Foi necessário rever processos e adquirir novas máquinas para a planta industrial. O tamanho das peças do KC-390 exigiu um novo forno para o tratamento que reforça a resistência do material. Esse tratamento foi realizado no Canadá.

⁶⁵ O Programa KC-390 também possui parceiros na Argentina e na República Tcheca, além de Portugal como já mencionado. Ribeiro (2015), em um estudo recente para o Instituto de Pesquisa e Economia Aplicada (IPEA), reuniu os principais fornecedores de equipamentos e sistemas do programa KC-390, dos quais apenas quatro eram fornecedores brasileiros. A Eleb desenvolveu e produziu os trens de pouso da aeronave. A Ael Sistemas desenvolveu o computador de missão e do HUD, desenvolveu também o *software* do computador de missão. A LHCOLus forneceu os pacotes de assentos e de macas para a aeronave. A Aerotron forneceu o pacote de proteção balística para o KC-390. Este estudo não analisou os cerca de 50 fornecedores nacionais subcontratados pela Embraer para produção de peças, subconjuntos e conjuntos usinados, gabaritos e ferramental, entre outros, sobretudo pequenas e médias empresas de capital nacional.

⁶⁶ O trem de pouso da família ERJ 145 suporta 24 toneladas.

Segundo os entrevistados, o conhecimento adquirido na usinagem em titânio em peças grandes para o KC-390 facilitou o desenvolvimento do trem de pouso da nova geração de jatos comerciais da Embraer, batizada de E2-190. O KC-390 desenvolveu capacidades tecnológicas que foram essenciais para o desenvolvimento da nova família de aeronaves. A solução foi criar um sistema inédito de distribuição do peso no trem de pouso principal, de forma a gerar uma patente, depositada nos Estados Unidos aguardando homologação, a qual prevê que, ao tocar o solo, a “viga balanço” (também chamada de balancim) distribua com uniformidade a carga nas rodas. Isso faz com que o impacto seja absorvido de maneira mais eficaz pelo trem de pouso, melhora a performance no pouso e na decolagem e também no deslocamento em pistas não preparadas.

A Eleb, então, se junta à americana Goodrich e à francesa Messier Dowty no pequeno grupo que domina todo o processo de desenvolvimento de trens de pouso de um avião. Cerca de 80% da produção da Eleb, hoje, é destinada à Embraer, atendendo à família de jatos E-145, Phenom 300, Legacy 500/600. A empresa também fabrica o trem de pouso para o helicóptero S-92 da Sikorsky, muito usado no Brasil para rotas *off shore*, do continente a plataformas de extração de petróleo no mar. A usinagem é realizada em centro de usinagem de cinco eixos, que permite trabalhar em três dimensões. As peças recebem, ainda, banhos de proteção química, que variam de acordo com o material. São realizados ainda ensaios não destrutivos em 100% da produção.

Os trens de pouso do KC-390 também inauguraram uma nova era de teste na Eleb. A empresa construiu uma nova máquina de queda livre de 17 metros de altura para reproduzir as condições do pouso. Os testes incluem ainda ciclos de exposição do equipamento por horas consecutivas a baixas e altas temperaturas, que simulam condições climáticas ultra severas encontradas nos trópicos. Os atuadores simulam também cargas e desgastes que equivalem a 30 anos de vida útil.

Por fim, as soluções de manufatura para produzir o KC-390 são diferentes das soluções usuais, o que também capacitou a Embraer e seus fornecedores subcontratados nacionais de usinagem. O grau de automação é superior para a produção de aeronaves maiores. Houve também transbordamentos de capacitação para as empresas de usinagem subcontratadas pela empresa brasileira, uma vez que as peças do KC-390 são muito grandes, com processos de usinagem bastante complexos, as programações são, então, mais complexas e os processos de usinagem exigem máquinas e ferramentas melhores.

7.3 Considerações Finais acerca da Parceria Bem-sucedida entre COMAER e Embraer nos Programas de Aquisição e Modernização de Aeronaves (AM-X, AL-X, F-5BR e KC-390)

A Embraer foi concebida dentro do Ministério da Aeronáutica (MAER) para a produção em série do Bandeirante, que foi desenvolvido no Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA). A aeronave Bandeirante foi criada em 1968, e a Embraer foi então criada em 1969. Ao longo de todos esses anos, estabeleceu-se uma forte parceria entre o Comando da Aeronáutica e a empresa. O COMAER desenvolveu uma capacidade muito robusta em termos de estabelecimento de requisitos, e a Embraer consolidou uma capacidade tecnológica para projeto, concepção, desenvolvimento de projetos e suporte de produtos, possibilitando que essa parceria seja operacionalizada com êxito.

O COMAER estabelece requisitos muito exigentes, e a Embraer, ao conseguir atender a esses requisitos, acaba por desenvolver um produto que é competitivo no mercado como um todo. O Programa Bandeirante, que originalmente era um projeto do MAER, resultou na venda de mais de 500 aviões. Foi o que colocou a empresa brasileira no mercado norte-americano, na década de 1970. O Tucano é um avião de treinamento, que foi inteiramente desenvolvido segundo os requisitos do COMAER para operação na Academia da Força Aérea (AFA). O Programa Tucano resultou em mais de 500 unidades vendidas pelo mundo. A partir dele foram criadas outras fábricas fora do Brasil. O Programa Super Tucano (AL-X) começou como uma evolução do Tucano e vendeu mais de 200 unidades pelo mundo até o momento. Atualmente, existe uma linha de montagem final nos EUA e uma encomenda para o governo desse país. Também foram desenvolvidas aeronaves, segundo os requisitos do COMAER, para o Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM), aviões de inteligência, sensoriamento e reconhecimento. A aeronave radar de controle de tráfego foi inicialmente desenvolvida para o SIVAM e depois gerou novas versões para serem comercializadas para o todo mundo.

O Programa KC-390 é o último exemplo desse mecanismo de parceria, no qual se combina a capacidade tecnológica da Embraer em engenharia e produção, com a capacidade do COMAER em traduzir a sua necessidade operacional em requisitos bem feitos. A Embraer então satisfaz uma necessidade do COMAER, que contribui para o cumprimento institucional da missão da Força Aérea Brasileira, e gera um produto inteiramente novo e competitivo no mercado. Esse é um modelo de parceria bem-sucedido ao longo dos últimos 40 anos –e foi bastante enfatizado pelos entrevistados.

O conhecimento que a Embraer detém hoje é resultado da continuidade dos desenvolvimentos de aeronaves ocorridos ao longo do tempo. Segundo um dos entrevistados, desenvolver o programa A, depois o B, depois o C, numa sequência ascendente, gera uma continuidade no desenvolvimento do conhecimento. A interrupção gera descontinuidade e perda de conhecimento, como o ocorrido no período pré-privatização, com a família 145. A parceria com o COMAER sempre trouxe resultados, mesmo com todos os desafios que cada programa apresentou. Desse modo, foi construída uma relação de confiança entre Embraer e COMAER, já que este conhece o potencial técnico daquela. A Embraer utiliza uma série de técnicas e instrumentos para mitigação do risco do negócio na fase de desenvolvimento. O grande benefício para a Embraer foi se manter desenvolvendo produtos inovadores e competitivos ao longo dos anos. Esse desenvolvimento resulta de a empresa ser contratada para desenvolver aeronaves. De acordo com os entrevistados, o desenvolvimento da Embraer em termos de *Offset* é menos relevante.⁶⁷

Cada programa da Embraer representou um degrau que a empresa foi subindo ao longo da história. Não existe uma direção definida para isso. As externalidades ocorrem do programa militar para o civil e do civil para o militar, ou seja, nos dois sentidos. A Embraer, que foi criada a partir dos protótipos do Bandeirante, não detinha o conhecimento da produção seriada. A parceria com o Ministério da Aeronáutica possibilitou que a empresa produzisse o Xavante sob licença da empresa italiana Aermacchi. Foi a produção sob licença do Xavante que desenvolveu a capacidade da produção seriada, de forma a possibilitar os avanços posteriores na aviação comercial. Com o programa AM-X, substituíram-se os equipamentos eletroeletrônicos pelos eletrônicos integrados em rede, com um computador no comando, ou seja, foi início da aviônica integrada para Embraer. A aviação civil e a militar trabalham nessa arquitetura, e essa capacitação se iniciou com o programa AM-X. O AM-X ainda foi a primeira aeronave a utilizar o sistema *Fly-by-Wire*. Também foi a própria Embraer que desenvolveu os comandos de voo daquela aeronave. Com a família 145, também muito foi

⁶⁷ A exceção é para o caso do Programa FX-2 (os Grippen da SAAB). Na nova versão da aeronave, há vários itens que serão desenvolvidos na própria Embraer, de modo que a empresa será uma beneficiária direta de *Offset*. Já o Programa AMX não era um *Offset*, era um caso de cooperação internacional, bilateral entre dois países. No AM-X não houve *Offset*, o que existiu foi o Programa de Industrial Complementar (PIC), conforme já descrito em capítulos anteriores. Era uma estratégia do Ministério da Aeronáutica para desenvolver, na cadeia nacional, alguns fornecedores de equipamentos. Das várias empresas que participaram do PIC, sobreviveram a Ael e a Celma. Segundo os entrevistados, a Celma foi a primeira empresa privatizada quando começou o programa. A empresa por meio do Programa obteve a licença de reprodução do motor, havia capacidade instalada para a produção, mas a empresa não produziu o motor, porque o tamanho do negócio não justificava os investimentos. Houve capacitação, mas esta não foi exercida, por falta de continuidade.

aprendido, uma vez que mais de 1000 unidades foram produzidas, e o conhecimento adquirido foi repassado aos outros programas. Os entrevistados citam também transbordamentos para os Programas Super Tucano, e as modernizações do F-5 e do AM-X. Nas famílias 170 e 190, o sistema *Fly-by-Wire* foi amplamente utilizado. No Legacy 500 e Legacy 450, houve uma evolução maior nesse sistema. No KC-390, o sistema foi inteiramente desenvolvido pela Embraer, o *software* foi escrito pela empresa – o que será aplicado nos próximos projetos.

8 EM DIREÇÃO A UM MODELO CONCEITUAL DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DE PROGRAMAS DE AQUISIÇÃO DE AERONAVES MILITARES EM EMPRESAS DE USINAGEM AERONÁUTICA

8.1 Critérios Gerais para Estruturação do Modelo Conceitual de Avaliação de Impactos e para o Modelo de Referência do Segmento em Estudo

Para realizar a avaliação de impactos de programas de aquisição de aeronaves militares em pequenas e médias empresas, fornecedoras de serviços de usinagem da cadeia aeronáutica brasileira, propõe-se nesta seção um modelo conceitual, a Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC), cujos critérios de concepção foram abstraídos do referencial teórico desta Tese. A ênfase do modelo é capturar os impactos dos programas de aquisição na acumulação de capacidades tecnológicas nas empresas fornecedoras de serviços de usinagem. Outros impactos decorrentes das aquisições militares já foram discutidos em capítulos anteriores. Assim, os critérios que norteiam a concepção do referido modelo conceitual são elucidados como segue:

1. É possível realizar a avaliação de ganhos em diversos tipos de capacidades. Na literatura de avaliação de impactos, os trabalhos de Bach (1992), Hasegawa (2005) e Furtado *et al* (2008) apontam a possibilidade de se realizar tal avaliação observando-se ganhos em vários tipos de capacidades.
2. É possível modelar conceitualmente uma matriz de avaliação dos impactos de aquisições de aeronaves militares sobre a acumulação das capacidades tecnológicas de pequenas e médias empresas do segmento aeronáutico brasileiro. Nesse sentido, considera-se que o modelo conceitual de avaliação de impactos decorrentes das aquisições militares, na rede de pequenos fornecedores aeronáuticos brasileiros, deve mostrar as funções tecnológicas que podem ser impactadas pela política de compras do Comando da Aeronáutica. O modelo conceitual também deve apresentar os impactos dessas compras sobre os níveis de complexidade tecnológica, os quais, a princípio, se elevam quando apoiados por processos de aprendizagem. Esse modelo

conceitual é denominado Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC).

3. Assim, a modelagem da MAVITEC envolve a investigação dos elementos constituintes intrínsecos de cada indústria, o que implica a necessidade de se analisar quais são as funções relevantes para as pequenas e médias empresas do setor aeronáutico brasileiro.
4. É possível capturar a acumulação de capacidades por meio de uma Matriz de Referência, ou seja, um Modelo de Referência desenvolvido exclusivamente para o segmento industrial em estudo. A MAVITEC é então adaptada às características do segmento em estudo e passa a ser denominada Modelo de Referência.
5. Desse modo, o Modelo de Referência é desenvolvido com base em múltiplos procedimentos metodológicos, de natureza interativa e iterativa.⁶⁸ São utilizados, procedimentos metodológicos como revisão da literatura acadêmica, e reuniões com especialistas e pesquisa de campo com entrevistas em empresas, para se identificar as funções relevantes, os níveis de complexidade de tecnológica do segmento em estudo, bem como as capacidades inerentes a cada nível de complexidade tecnológica.
6. A revisão da literatura acadêmica relevante e os resultados da pesquisa de campo realizados apontam na direção do Modelo Analítico que suporta esta Tese. Nesse modelo, os Programas de Aquisição de Aeronaves do COMAER se traduzem em encomendas realizadas diretamente à Embraer, a qual pode subcontratar empresas fornecedoras da cadeia produtiva nacional, desde que estejam em conformidade com os requisitos impostos pela empresa. Dessa maneira, pode-se argumentar que a subcontratação pode propiciar o desenvolvimento de novas capacidades tecnológicas e o aprofundamento no domínio de capacidades tecnológicas existentes, as quais podem alcançar níveis de complexidade mais elevados. Esses ganhos em capacidades ocorrem via processos de aprendizagem que propiciam a acumulação de capacidades

⁶⁸ Interativo: Ato de interagir entre seres ou objetos. Participar de uma interatividade. Iterativo: Diz-se do processo que se repete diversas vezes para se chegar a um resultado e a cada vez gera um resultado parcial que será usado na vez seguinte. (<http://www.dicionarioinformal.com.br> acesso em 15/11/2016)

tecnológicas, no âmbito das funções da firma e determinam a velocidade com que esses ganhos em capacidade ocorrem.

7. Isto posto, a partir da revisão da literatura acadêmica sobre acumulação de capacidades tecnológicas no âmbito da firma (Penrose, 1959; Nelson e Winter, 1982; Rosenberg, 1982; Winter, 1988; Nelson, 1991; Freeman, 1994; Bell e Pavitt, 1993 e 1995; Dosi *et al*, 1988; Hobday, 1995; Kim, 1997; Lee, 2000; Dutrénit, 2000; Ariffin, 2000; Figueiredo, 2001, 2002, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010, 2014; Bell e Figueiredo, 2012) percebe-se a oportunidade de adaptar o uso da Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas como instrumento de avaliação de impactos. A operacionalização desta adaptação é realizada em dois passos: a partir da modelagem conceitual da MAVITEC e, posteriormente, da sua adaptação ao segmento industrial de estudo.
8. É possível desenvolver um método de aplicação do Modelo de Referência para realizar a avaliação de impactos em um determinado conjunto de empresas de usinagem aeronáutica.

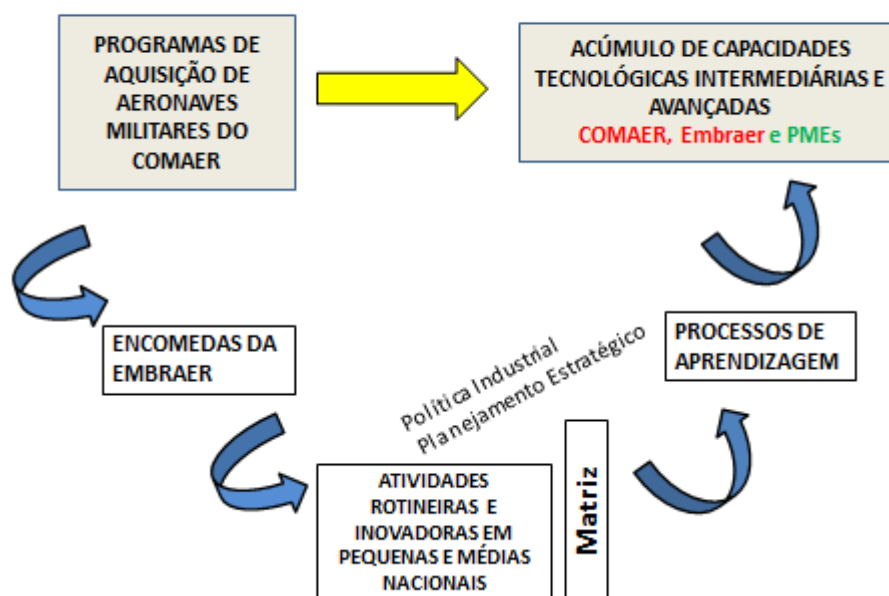
8.2 Modelo Analítico Básico da Tese: Impacto da Política de Compras do COMAER sobre o Processo de Acumulação de Capacidades Tecnológicas

O modelo analítico que dá suporte a esta Tese busca captar os impactos da política de compras do Comando da Aeronáutica (COMAER) sobre a rede de fornecedores locais (pequenas e médias empresas) em relação às aquisições de aeronaves militares que têm a Embraer como a principal contratada. Os Programas de Aquisição de Aeronaves do COMAER se traduzem em encomendas realizadas diretamente à Embraer, a qual pode subcontratar empresas fornecedoras da cadeia produtiva nacional, desde que estejam em conformidade com os requisitos impostos pela empresa. Desse modo, argumenta-se que a subcontratação pode propiciar o desenvolvimento de novas capacidades tecnológicas e o aprofundamento no domínio de capacidades tecnológicas existentes, as quais podem alcançar níveis de complexidade mais elevados.

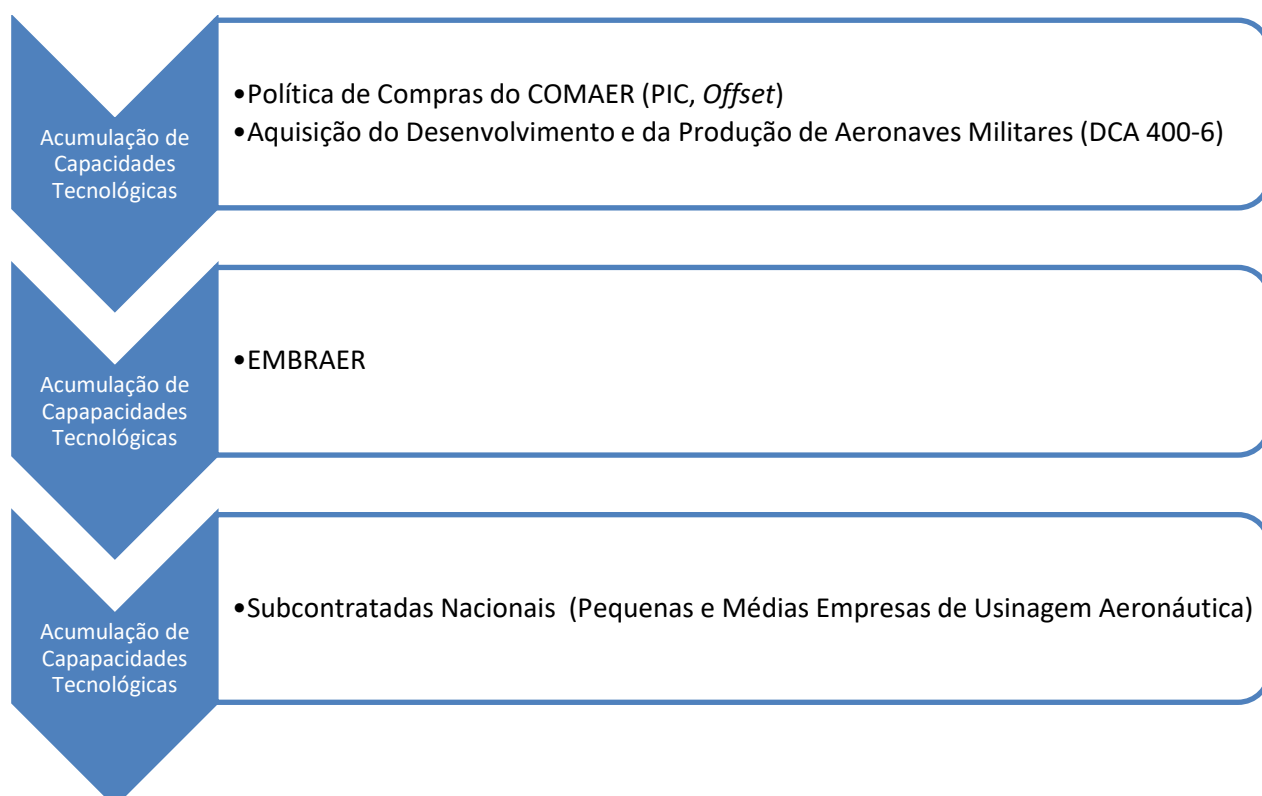
Assim, indiretamente, os programas de compras de aeronaves do Comando da Aeronáutica colaboram com o processo de acumulação de capacidades tecnológicas intermediárias e avançadas de pequenas e médias empresas. As empresas, ao se engajarem aos contratos com a empresa líder, iniciam uma série de atividades de capacitação técnica e

gerencial que as habilita a fornecer peças usinadas de maior complexidade à Embraer. Esses ganhos em capacidades ocorrem via processos de aprendizagem que propiciam a acumulação de capacidades tecnológicas, no âmbito das funções da firma e determinam a velocidade com que esses ganhos ocorrem. Também são percebidos impactos sobre o desenvolvimento de capacidades técnicas na Embraer e sobre o desenvolvimento de capacidades organizacionais de gerenciamento de programas complexos no COMAER.

Isto posto, a partir da revisão da literatura relevante sobre a acumulação de capacidades tecnológicas no âmbito da firma, avaliação de impactos tecnológicos, indústria aeronáutica e *Public Procurement for Innovation* (Nelson e Winter, 1982; Winter, 1988; Freeman, 1994; Bell e Pavitt, 1993 e 1995; Kim, 1997; Lee, 2000; Figueiredo, 2001, 2002, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010, 2014; Bell e Figueiredo, 2012; Lall, 1992; Bach, 1992; Bell e Pavitt, 1993 e 1995; Fleury e Fleury, 2003; Castro e Figueiredo, 2005; Oliveira, 2005; Hasegawa, 2005; Ribeiro, 2009; Marques, 2011; Yoruk e Yoruk, 2012; Borjesson *et al*, 2014; Furtado *et al*, 1999 e 2008; Furtado e Costa Filho, 2009; Urbina e Lima, 2009; Miranda, 2008; Yulek e Taylor, 2010; Edquist, *et al*, 2015) percebe-se a oportunidade de adaptar a Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas como instrumento de avaliação de impactos de programas de defesa. Essa adaptação requer o desenvolvimento de uma Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas, especialmente desenhada para o segmento estudado. Os quadros, a seguir, apresentam o modelo analítico completo e desdobrado, respectivamente.



Quadro 8.1 Modelo Analítico Básico da Tese: Impacto da política de compras sobre o processo de acumulação de capacidades tecnológicas.



Quadro 8.2 Desdobramento do Modelo Analítico Básico.

8.3 Critérios para a Modelagem Conceitual da Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC)

A partir da revisão da literatura da Teoria da Acumulação de Capacidades Tecnológicas (Penrose, 1959; Nelson e Winter, 1982; Rosenberg, 1982; Winter, 1988; Nelson, 1991; Freeman, 1994; Bell e Pavitt, 1993 e 1995; Dosi *et al*, 1988; Hobday, 1995; Kim, 1997; Lee, 2000; Dutrénit, 2000; Ariffin, 2000; Figueiredo, 2001, 2002, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010, 2014; Bell e Figueiredo, 2012) bem como das diversas aplicações da matriz em diferentes indústrias (Figueiredo, 2001, 2002, 2003, 2005, 2008; Tacla e Figueiredo, 2003; Castro e Figueiredo, 2005; Ribeiro, 2009; Iammarino *et al*, 2008; Cabral, 1987; Oliveira, 2005; Marques, 2011), modelamos conceitualmente a Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC) com elementos (funções tecnológicas) que consideramos vitais à elevação da complexidade tecnológica, a princípio, de qualquer indústria.

Tornamos explícito, na matriz, funções que a Teoria da Acumulação de Capacidades Tecnológicas aborda profundamente, mas não utiliza diretamente nos diversos modelos construídos, como as funções que propomos nesta Tese: Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas, Função *Networks* Formais de Desenvolvimento e Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados. Essas novas funções são denominadas Funções de Sustentação, porque são consideradas vitais ao gerenciamento estratégico da elevação da complexidade tecnológica de empresas de países de industrialização tardia. As empresas, primeiro, precisam adquirir conhecimento tecnológico no nível operacional, de modo que possam dominar a tecnologia e iniciar o processo de acumulação de capacidades, para que possam evoluir, ao longo dos anos, em termos de complexidade tecnológica.

A Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC) proposta nesta Tese fundamenta-se essencialmente na literatura evolucionária apresentada no capítulo 2, e nas matrizes e nos conceitos desenvolvidos por Lall (1992), Bach (1992), Bell e Pavitt (1993 e 1995), Fleury e Fleury (2003), Figueiredo (2001, 2004, 2008, 2009 e 2014), Castro e Figueiredo (2005), Oliveira (2005), Hasegawa (2005), Marques (2011), Yoruk e Yoruk (2012), Borjesson *et al* (2014). Essa complementação frente à literatura permitiu agregar novas funções à matriz original de Lall (1992) consideradas vitais ao desenvolvimento da indústria aeronáutica.

Nas colunas da MAVITEC, são dispostas as principais funções que as empresas devem dominar para que desempenhem sua função comercial com sucesso no nível de complexidade em que estão. Foram elencadas nove funções principais, que não esgotam todas as possibilidades de funções existentes:

- a) **Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas;**
- b) **Engenharia de Manufatura (Processos e Equipamentos);**
- c) **Gestão de Produção;**
- d) **Gestão de Projetos;**
- e) **Gestão da Cadeia de Suprimentos;**
- f) **Gestão da Inovação;**
- g) **Desenvolvimento de Produto;**
- h) **Função Diversificação - Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados;**
- i) **Networks Formais de Desenvolvimento;**

Tais funções são agrupadas segundo sua natureza: técnica, organizacional e de sustentação.

- i) As **funções técnicas**, assim como no modelo tradicional de Lall (1992) e nos modelos mais recentes de Figueiredo (2001, 2002, 2004, 2005, 2008, 2010), abarcam atividades técnicas relacionadas à principal atividade da empresa e aos seus respectivos processos. É onde a empresa deve concentrar maestria, é o que a define enquanto empresa. São elas Função Engenharia da Manufatura (Processos e Equipamentos) e Função Desenvolvimento de Produto. **A Função Engenharia de Manufatura** relaciona as atividades de Engenharia de Processo de uma empresa de usinagem (corte, fresamento, torneamento, montagem mecânica, retífica, ajuste mecânico, etc.) e as particularidades relacionadas aos equipamentos utilizados (tornos e fresadoras de 2, 3, 4 e 5 eixos, multitarefas). **A Função Desenvolvimento de Produto** inclui as atividades relacionadas ao desenvolvimento de novos produtos ou serviços a serem fornecidos. É a área responsável por gerar capacidades no ambiente interno da firma que possibilitam a inovação incremental ou radical a médio ou longo prazo.
- ii) As **funções organizacionais** abarcam as atividades que possibilitam o uso eficiente dos recursos, como a Função Gestão de Projetos e a Função Gestão da Produção, a promoção da inovação, com a Função Gestão da Inovação, e a

gestão da cadeia na função Gestão da Cadeia de Suprimentos. As duas primeiras são apenas variações do que já se observou nos vários modelos da literatura, Lall (1992); Figueiredo (2001, 2002, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010); Tacla e Figueiredo (2003); Castro e Figueiredo (2005) e Marques (2011). A **Função Gestão de Projetos** ocupa-se com as rotinas de projetos para atender prazos, solicitações de clientes, procedimentos, com vistas à melhoria da coordenação dos projetos dentro da organização. A **Função Gestão da Produção** relaciona-se às atividades de organização e gerenciamento da produção, controle de qualidade e melhoramento contínuo de processos (*Lean*). Refere-se à necessidade de gestão eficiente da produção, ou seja, a capacidade tecnológica da empresa na esfera produtiva, por meio da racionalização e da otimização dos processos de produção com vistas à eliminação dos desperdícios com consequente redução de custos e concomitante preparação da empresa para operar em um nível de maturidade superior. A **Função Gestão da Inovação** foi incluída dada a sua explícita relevância, no sentido de possibilitar à empresa um comportamento inovador sustentável a longo prazo. Tal função de gerenciamento é sugerida pela literatura, mas não foi trazida para dentro da matriz (Figueiredo 2001, 2002, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010; Tacla e Figueiredo, 2003; e Castro e Figueiredo, 2005). A **Função Gestão da Cadeia de Suprimentos** foi sugerida durante a validação da matriz por um especialista em desenvolvimento de fornecedores de uma *Tier 1*. Concentramos atenção essencialmente nos processos que necessitam de certificação especial, pois são requisitos para que empresas possam exportar para os grandes *players* da cadeia aeronáutica internacional.⁶⁹

⁶⁹ Por Gestão da Cadeia de Suprimentos entendemos os elementos (empresas) que colaboram (agregam valor) no atendimento do cliente final, independente desses elementos estarem a montante ou a jusante da empresa foco, sobretudo na área de gestão da produção para além dos limites físicos da empresa foco. Dentre os obstáculos para implantação da Gestão da Cadeia de Suprimentos, estão a falta de procedimentos para orientar a criação de alianças com as empresas parceiras, resistência organizacional e falta de comprometimento da alta direção. (PIRES, 2004)

O Conselho de Profissionais da Gestão da Cadeia de Suprimentos (em inglês, *Council of Supply Chain Management Professionals - CSCMP*) define, em seu glossário, a Gestão da Cadeia de Suprimentos como “o planejamento e a gestão de todas as atividades associadas à logística interna e interorganizacional, bem como a coordenação e colaboração entre todos os parceiros da cadeia, sejam eles fornecedores, prestadores de serviço ou consumidores”. (https://pt.wikipedia.org/wiki/Gest%C3%A3o_da_cadeia_de_suprimentos, acessado em 23 janeiro de 2016).

Processos especiais: um processo em que a conformidade do produto resultante não pode ser prontamente ou economicamente verificada. Ou seja, processos cujos resultados não podem ser plenamente

- iii) As **funções de sustentação** abarcam atividades consideradas vitais ao desenvolvimento tecnológico das empresas em termos da acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras, a saber: Função Gerenciamento da Acumulação das Capacidades Tecnológicas, Função *Networks* Formais de Desenvolvimento e a Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em outros Mercados. A **Função Gestão da Acumulação das Capacidades Tecnológicas** permite à empresa criar mecanismos para aquisição de conhecimento interno, aquisição de conhecimento externo, socialização e codificação do conhecimento. Foi inspirada em Figueiredo (2001), no entanto ele não traz a função para o interior da matriz como uma função que a empresa deva concentrar esforços em se aprimorar.⁷⁰ Essa função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas foi baseada em Yoruk e Yoruk (2012), que modelou uma variável que resumiu os principais canais de aquisição de tecnologia de firmas de países em desenvolvimento: *Arms's Length Relations* (como forma de acessar o conhecimento externo codificado do fornecedor), os Acordos de Colaboração (como maneira de acessar o conhecimento externo tácito de agentes específicos), as Atividades Endógenas, o esforço a partir do qual a firma desenvolve a sua própria capacidade de evolução tecnológica (atividades para resolução de problemas, pesquisa e desenvolvimento), e o nível de qualificação e de experiência dos empregados da firma. Reforçando o que a literatura evolucionista chama a atenção: o esforço constante da empresa para resolução dos seus problemas diários como motor de evolução tecnológica (KIM, 2000). A **Função *Networks* Formais de Desenvolvimento** está alinhada com a função anterior, no entanto o foco está sobre os instrumentos formais (e não no vasto leque de atividades diárias e intermitentes) que possibilitam o relacionamento da empresa com organizações externas a ela, sejam elas outras empresas e/ou instituições de pesquisa e/ou o

verificados por meio de subsequente inspeção e ensaio do produto e nos quais as deficiências do processo podem se tornar aparentes somente depois que o produto estiver em uso. (ISO 9000, 2005)

Sobre a certificação NADCAP de processos especiais acessar <http://br.p-r-i.org/nadcap/about-nadcap/> (acessado em agosto de 2015).

⁷⁰ Vários autores evolucionistas (Kim, 2000; Nelson, Lall, 2000; Lee, 2000; Katz, 2000; entre outros) trabalharam a questão do aprendizado como variável chave para a construção das capacidades tecnológicas inovadoras. Em um estudo para o setor aeronáutico, Marques (2011) também incorporou os fatores estratégicos internos de aprendizagem, passivos e ativos, ressaltando a importância dessa variável para o desenvolvimento da capacidade de inovação.

governo, vai além da função “Ligações com a Economia” desenvolvida por Lall (1992) e a função “Atividade de Ligação” desenvolvida por Bell (1995). Foi expandida a partir das atividades descritas nas matrizes técnicas de Oliveira (2005), da importância da criação de fluxos de conhecimento para o desenvolvimento tecnológico e do conceito contemporâneo de redes de colaboração formais,⁷¹ embora não tenhamos a intenção de modelar as relações a partir do referencial matemático que a *Social Network Methods* propõe.⁷² **A Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados** enfatiza a capacidade de diversificação da empresa em outros mercados, sobretudo no exterior, e, em outras indústrias afins no país, que poderiam ser atendidas com base nos recursos existentes. É o que em última instância permite que a empresa se mantenha em um processo constante de acumulação financeira, que se reflete na expansão das suas operações. Essa função é de origem evolucionária, pois busca captar os efeitos indiretos ou *spinoffs* (Bach, 1992; Furtado *et al*, 1999)⁷³ ou impactos ou *outcomes* (Figueiredo, 2014)⁷⁴ do processo de acumulação de capacidades tecnológicas de produção e de inovação da empresa ao longo de sua trajetória.

Em última instância, estamos buscando o caminho pelo qual é sustentada a construção das capacidades de inovação, e isso requer a criação de um sistema sustentável de

⁷¹ Está fora do escopo desta Tese mapear as relações informais que podem acontecer durante o processo de desenvolvimento tecnológico dentro e fora da firma, embora sejam de extrema relevância para o processo de inovação. Por questões de viabilidade do trabalho, o foco está sobre o que a empresa pode formalizar em termos de colaboração tecnológica com os parceiros externos.

⁷² “The basic idea of a social network is very simple. A social network is a set of actors (or points, or nodes, or agents) that may have relationships (or edges, or ties) with one another. Networks can have few or many actors, and one or more kinds of relations between pairs of actors. To build a useful understanding of a social network, a complete and rigorous description of a pattern of social relationships is a necessary starting point for analysis. That is, ideally we will know about all of the relationships between each pair of actors in the population. The amount of information that we need to describe even small social networks can be quite great. Managing these data, and manipulating them so that we can see patterns of social structure can be tedious and complicated. All of the tasks of social network methods are made easier by using tools from mathematics. For the manipulation of network data, and the calculation of indexes describing networks, it is most useful to record information as matrices. For visualizing patterns, graphs are often useful”. Robert A. Hanneman and Mark Riddle, Introduction to social network methods http://faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext/C2_Formal_Methods.html (acessado 28/05/2015).

⁷³ Efeitos indiretos: “The indirect effects fall outside the original scope of the programme, and include intangible effects which are more difficult to quantify, such as technology transfer and managerial gains. (...) This type of approach has some support in the economic literature, since it is not always possible to access the indirect effect using traditional approaches, because of their uncertainty and the difficulty of evaluating them in monetary terms. This kind of outcome has been called a spin-off or spillover, depending on whether it affected the sectorial or the firm level (Griliches, 1979).” (FURTADO *et al*, 1999, p. 156)

⁷⁴ “Quais os resultados, além do *catching up* tecnológico, as empresas podem alcançar por meio da acumulação de capacidades inovadoras?” (FIGUEIREDO, 2014, p. 76).

aprendizado dentro da organização: com o efetivo compartilhamento de conhecimento interno, a transferência de conhecimento, o aprendizado por meio da experiência, o desenvolvimento de rotinas dinâmicas para geração de aprendizado tecnológico e a colaboração de atores externos (BORJESSON *et al*, 2014). Este estudo muda o foco de desenvolver a habilidade de aprender e gerar conhecimento e inovação em uma área específica para a habilidade de aprender como aprender em um sustentável sistema de capacitação para inovação.

Tabela 8.1 Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC)

Níveis de Complexidade Tecnológica	Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC)								
	Funções Técnicas		Funções de Sustentação			Funções Organizacionais			
	Desenvolvimento de Produto	Engenharia de Manufatura (Processos e Equipamentos)	Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas	Diversificação - Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados	Networks Formais de Desenvolvimento	Gestão da Produção	Gestão de Projetos	Gestão da Inovação	Gestão da Cadeia de Suprimentos
Capacidades Tecnológicas Inovadoras									
Avançado									
Intermediário									
Capacidades Tecnológicas Rotineiras									
Pré-Intermediário									
Básico nível 3									
Básico nível 2									
Básico nível 1									

Formulação própria a partir da revisão da literatura e da pesquisa de campo.

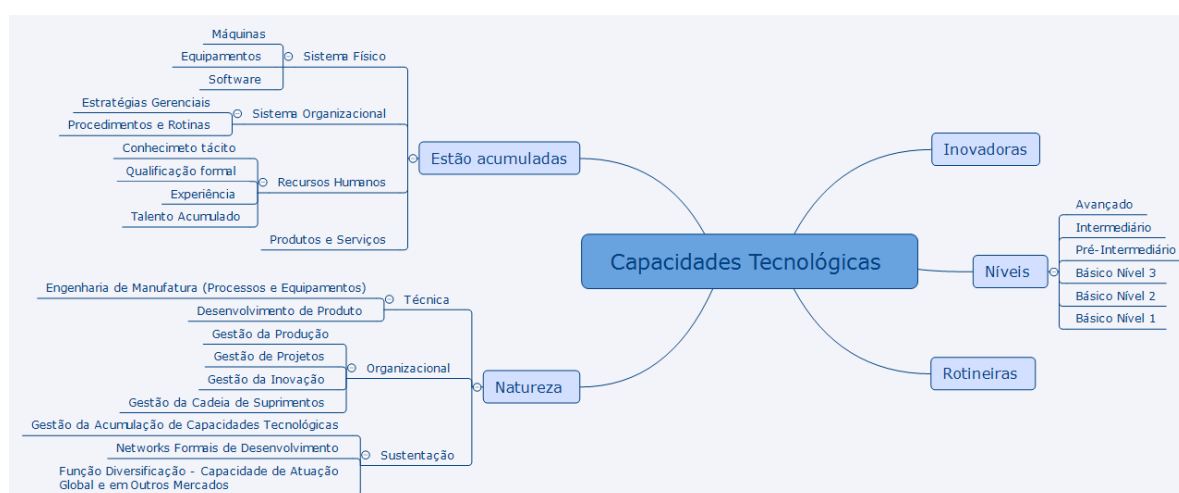
Partimos do reconhecimento de que as capacidades tecnológicas estão acumuladas na organização e nos seus integrantes, dividem-se entre capacidades tecnológicas rotineiras e capacidades tecnológicas inovadoras e apresentam naturezas distintas que se reforçam mutuamente, conforme figura a seguir. São acumuladas nos capitais físico, organizacional e humano, em produtos e em serviços. Traduz-se na capacidade da firma para criar, adaptar, gerir e gerar esses quatro componentes e a interação entre eles, é o que, de fato, segundo Figueiredo (2009), de forma mais visível, denomina-se capacidade tecnológica ao nível da firma. É essencialmente uma variável de estoque e pode ser caracterizada como um:

“Reservatório de recursos que permite a empresa realizar atividades de produção e de inovação, e de inovação em diferentes graus.” (Transcrição da argumentação do Prof. Paulo N. Figueiredo, na Banca de Qualificação da Autora, em 12/12/2013).

Diferencia-se do conceito de capacitação tecnológica que se refere:

“Ao acúmulo de conhecimento para se gerar as capacidades tecnológicas que são acumuladas e incorporadas nos indivíduos e sistemas organizacionais.” (Transcrição da argumentação do Prof. Paulo N. Figueiredo, na Banca de Qualificação da Autora, em 12/12/2013).

As capacidades de inovação envolvem a mobilização dos recursos da empresa para as atividades de inovação. As capacidades de produção se restringem à mobilização dos recursos para se produzir bens industriais a um nível dado de eficiência e insumos (equipamentos, habilidades, especificações, métodos e sistemas organizacionais). Acumular capacidades tecnológicas é a tarefa mais crítica para as economias de industrialização tardia, uma vez que elas iniciam suas atividades a partir da tecnologia importada.



Quadro 8.3: Conceito de Capacidade Tecnológica a partir de Lall (1992), Bell (1995), Figueiredo (2004) e da Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC).

A MAVITEC foi validada por cinco especialistas do setor aeronáutico brasileiro: 1) o engenheiro gerente sênior da Engenharia de Sistemas, especialista em controles de voo de uma grande empresa do setor aeronáutico, com mais de 29 anos de experiência no setor, 2) o engenheiro com mestrado pelo ITA, coordenador da Área de Projetos, Pesquisa e Desenvolvimento de uma empresa de usinagem, 3) O engenheiro especialista no Desenvolvimento de Fornecedores de uma grande multinacional no Brasil e 4) o engenheiro diretor executivo de uma empresa de soluções de engenharia, com 25 anos de experiência no setor aeronáutico.

8.4 Premissas da Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC)

A premissa que orienta a investigação foi baseada em Figueiredo (2001 e 2002), Marques (2011) e Yoruk e Yoruk (2012). Espera-se que o gerenciamento estratégico e sistemático de funções consideradas de sustentação ao processo de acumulação de capacidades tecnológicas aliado a uma trajetória de participação em programas de defesa, forneçam as linhas mestras para a evolução da maturidade tecnológica de empresas pequenas e médias historicamente fadadas a níveis de complexidade básicos. Foram consideradas como funções de sustentação as funções que priorizam: a) as atividades internas que levam à aquisição externa de conhecimento, à aquisição interna de conhecimento, à socialização de conhecimento e à codificação desse conhecimento, b) as atividades internas da firma orientadas para a busca sistemática por novos mercados a partir dos recursos existentes e para a pesquisa por oportunidades tecnológicas latentes, c) relações formais com outras organizações públicas ou privadas (empresas, instituições de pesquisa, laboratórios, universidades, etc.) em atividades ou projetos de desenvolvimento ou mesmo em atividades anteriores ao desenvolvimento, mas com a intenção explícita de capacitar para desenvolver algo autonomamente.

Em termos de representação gráfica, é possível comparar a fundamentação conceitual da MAVITEC com a construção de uma edificação de dois andares, no qual se observa que existem pilares essenciais apoiados na fundação que são capazes de suportar a elevação do edifício. Uma firma pode operar sem esses pilares em um ambiente de baixa complexidade tecnológica e sem perspectivas de evolução. Para evoluir, conforme o Modelo sugere, é preciso investir no desenvolvimento das Funções Tecnológicas de Sustentação e em atividades de desenvolvimento de produto. A seguir, a representação estrutural das funções tecnológicas da MAVITEC, na qual se enfatiza a possibilidade de elevação do nível de complexidade da firma, por meio do gerenciamento estratégico das funções de sustentação.

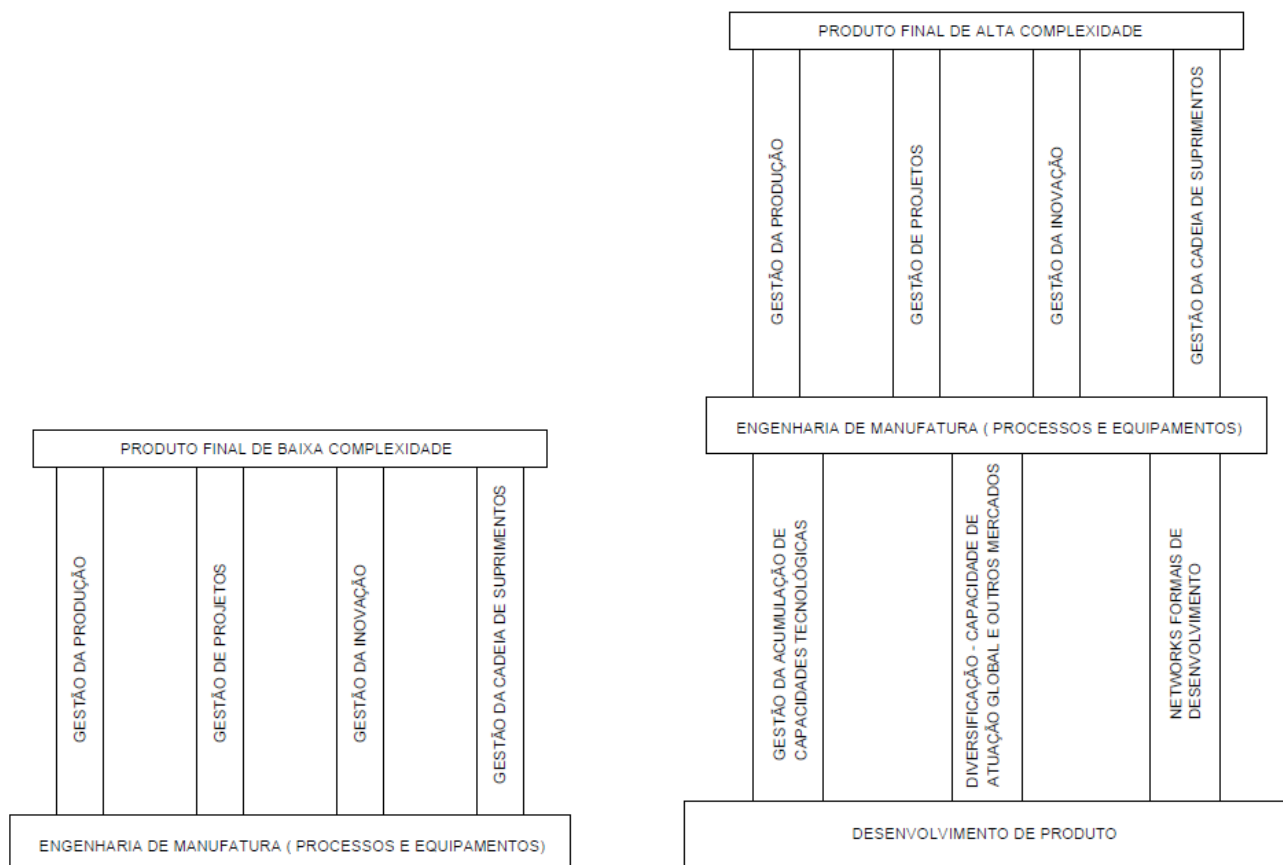


Figura 8.1 Representação estrutural das Funções Tecnológicas da MAVITEC para elevação do nível de complexidade tecnológica da firma.

Simplificadamente, temos:

Gerenciamento Estratégico das Funções de Sustentação:

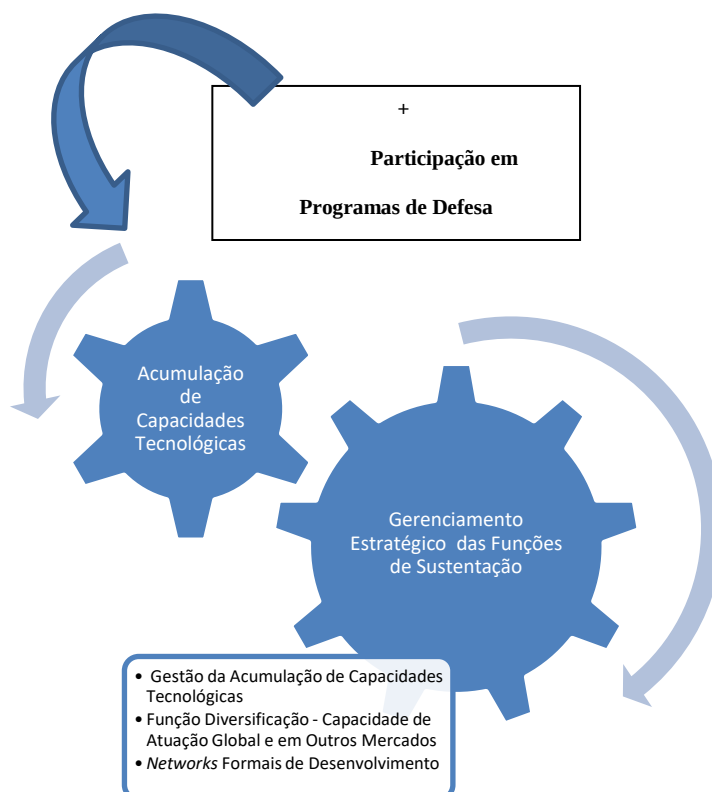
I) Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas; **II)** Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados; **III)** *Networks* Formais de Desenvolvimento

+

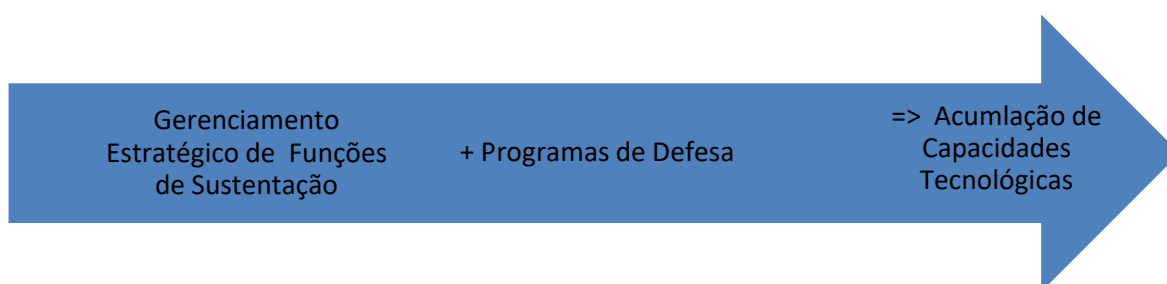
Participação em Programas de Defesa



Acúmulo de Capacidades Tecnológicas de Inovação



Quadro 8.4 Premissas baseadas em baseado em Figueiredo (2001), Marques (2011) e Yoruk e Yoruk (2012).



Quadro 8.5 Desdobramento das premissas.

Fundamentalmente, interessa-nos investigar a trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas de empresas que participaram de programas de defesa. No caso do segmento de usinagem aeronáutica brasileiro, vislumbram-se oportunidades para a nacionalização de serviços de usinagem ainda não realizados no Brasil e um grande número de inovações de processo e organizacional, que embora não sejam inovações para o mercado internacional, configuram inovações do ponto de vista interno da firma, relevantes para empresas de industrialização tardia. Assim, por meio da Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC) e do seu desdobramento em Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica, é possível visualizar as atividades rotineiras e inovadoras que ocorrem na base organizacional da firma. Isso fornece informações

importantes para o planejamento estratégico da empresa e para a formulação de políticas industriais que tenham alcance no nível da firma.

8.5 Critérios para a Estruturação do Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica

A partir da modelagem conceitual da Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC), foi realizada uma adaptação à realidade das empresas da indústria aeronáutica brasileira, sobretudo àquelas pequenas e médias, que primeiro precisam absorver tecnologia de um ambiente exterior à empresa. Foram realizadas entrevistas com vários especialistas, com empresas diversas do setor aeronáutico e com a empresa piloto, com a qual foi realizada a pesquisa piloto. Assim, foram modelados os níveis de complexidade do Modelo de Referência, listados a seguir: Básico Nível 1, Básico Nível 2, Básico Nível 3, Pré-Intermediário, com as atividades consideradas de rotina, e os níveis Intermediário e Avançado, com as atividades de inovação.

Nas linhas da MAVITEC, são então dispostos esses seis níveis de complexidade tecnológica. O que norteia a diferenciação desses distintos níveis é a capacidade de a firma passar de uma situação de replicação de especificações (nos níveis mais básicos) para uma situação de aprimoramento e/ou proposição de novas especificações nos níveis mais avançados, alcançando no último nível as inovações incrementais e/ou radicais de produto e/ou processo. Em detalhes, temos:

- 1) Básico Nível 1:** Esse nível é caracterizado por empresas que realizam pequenas adaptações e aprimoramentos eventuais e sistemáticos nos processos de usinagem de peças. Possuem centros de usinagem de três e quatro eixos, e/ou um único centro de usinagem de cinco eixos. A usinagem é de baixa complexidade. As empresas não possuem engenharia para desenvolvimento de produto, nem têm condições de acessar outras indústrias. Não possuem parcerias formais e informais com empresas e universidades. As empresas entendem a importância de questões relacionadas à gestão da inovação, mas não há processos sistematizados. Há baixo nível de aquisição de conhecimento externo codificado e tácito.

- 2) **Básico Nível 2:** Esse nível é caracterizado por empresas que realizam desenvolvimento de novos processos (para a empresa) de usinagem de peças. Possuem centros de usinagem de três e quatro eixos, mas a usinagem é de baixa complexidade. As empresas não possuem engenharia para desenvolvimento de produto, no entanto têm condições de acessar outras indústrias a partir da especificação do cliente. Possuem parcerias informais com empresas para adaptação de operações com novos equipamentos. Essas firmas entendem a importância de questões relacionadas à gestão da inovação, mas não há processos sistematizados. Ao menos um nível médio para as atividades de aquisição de conhecimento externo codificado e/ou tácito.⁷⁵
- 3) **Básico Nível 3:** Esse nível é caracterizado por empresas que realizam desenvolvimento de novos processos (para a empresa) de usinagem de peças. Possuem até cinco centros de usinagem de cinco eixos. A usinagem ainda é de baixa complexidade. As empresas não possuem engenharia para desenvolvimento de produto, entretanto têm condições de acessar outras indústrias, a partir da engenharia reversa e dos requisitos do produto. Não possuem parcerias formais com empresas e universidades, mas possuem parcerias informais com universidades (apenas contatos e participação informal em alguns projetos específicos). Contam com equipes de melhoria contínua trabalhando em inovação de processos para melhoria da eficiência. Ao menos dois níveis médios para as atividades de aquisição de conhecimento externo codificado e/ou tácito.
- 4) **Pré-Intermediário:** Esse nível caracteriza-se por empresas que realizam desenvolvimento de novos processos (para a empresa) de usinagem de peças. Possuem centros de usinagem de cinco eixos – a usinagem é de média complexidade. As empresas não possuem engenharia para desenvolvimento de produto, contudo têm condições de acessar outras indústrias com engenharia reversa e requisitos do produto. Não possuem parcerias formais com as empresas e as universidades, mas possuem parcerias informais as empresas. As empresas possuem estrutura formal de busca e

⁷⁵ No apêndice A, é apresentado um exemplo de como os dados foram trabalhados para se chegar à categorização do nível de complexidade tecnológica para a função Gestão da Acumulação das Capacidades Tecnológicas. Nos demais apêndices, também são apresentados exemplos das outras funções.

avaliação de inovação: Programa Boas Ideias, Comitê de Inovação, reuniões regulares da diretoria e líderes, laboratório para experimentos, escritório de projetos. Pesquisa baseada em conhecimento para tecnologia e fornecedores.

- 5) **Intermediário:** Tal nível caracteriza-se por empresas que realizam desenvolvimento de novos processos (para a empresa) de usinagem de peças. Possuem dez ou acima de dez centros de usinagem de cinco eixos, e duas ou mais unidades de máquinas multitarefa. A usinagem é de média e alta complexidade. As empresas possuem engenharia para desenvolvimento de produto, além de terem condições de acessar outras indústrias sem especificação prévia. Possuem parcerias formais com universidades e equipe de engenharia e laboratório de P&D. Fazem ainda pesquisa baseada em conhecimento para tecnologia e fornecedores, e mais de 10% dos empregados são engenheiros.

- 6) **Avançado:** esse nível é caracterizado por empresas que realizam desenvolvimento de novos processos de usinagem de peças para o segmento de usinagem aeronáutica no Brasil – usinagem de alta complexidade. As empresas possuem engenharia para desenvolvimento de produto. Desenvolvem produtos próprios para acessar novos mercados, como a área de prótese para saúde médica. Possuem parcerias formais com empresas, estrutura de P&D, presença da função gerente de inovação, times de inovação, envolvimento de toda a organização nas questões relacionadas à inovação. Projetos de P&D e de inovação. Suas ferramentas de inovação são discussões, fóruns, seminários, salas de inovação. Há a aquisição contínua de conhecimento externo codificado e tácito, bem como atividades endógenas para aquisição do conhecimento que refletem o esforço da firma. Ainda podem ser verificadas relações do tipo matriz-filial, *join ventures*, etc.

Na sequência, passou-se ao estudo de áreas de conhecimento relevantes ao segmento de usinagem aeronáutica, a partir da verificação empírica de sua importância para as empresas. Foram realizadas entrevistas com os especialistas que procederam à validação da MAVITEC e com a empresa piloto. As atividades descritas nesta seção possibilitaram a construção do questionário que aplica diretamente a MAVITEC às empresas selecionadas.

A seguir, o Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica no Brasil.

Tabela 8.2 Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica no Brasil detalhamento das Funções Técnicas.

Níveis de Complexidade Tecnológica	Funções Técnicas	
	Desenvolvimento de Produto	Engenharia de Manufatura (Processos e Equipamentos)
Capacidades Tecnológicas Inovadoras		
Avançado	Nível 5: Possui engenharia para desenvolvimento de produto. Desenvolve produtos próprios para acessar novos mercados.	Desenvolvimento de novos processos de usinagem de peças para o segmento de usinagem aeronáutica no Brasil. Usinagem de alta complexidade.
Intermediário	Nível 4: Possui engenharia para desenvolvimento de produto. Tem condições de acessar outras indústrias sem especificação prévia.	Desenvolvimento de novos processos (para a empresa) de usinagem de peças. 10 ou acima de 10 centros de usinagem de 5 eixos. Duas ou mais de duas unidades de máquinas multitarefa. Usinagem de média e alta complexidade.
Capacidades Tecnológicas Rotineiras		
Pré-Intermediário	Nível 3: Não possui engenharia para desenvolvimento de produto. Tem condições de acessar outras indústrias com engenharia reversa e requisitos do produto.	Desenvolvimento de novos processos (para a empresa) de usinagem de peças. Centros de usinagem de cinco eixos. Usinagem de média complexidade.
Básico Nível 3	Nível 3: Não possui engenharia para desenvolvimento de produto. Tem condições de acessar outras indústrias com engenharia reversa e requisitos do produto.	Desenvolvimento de novos processos (para a empresa) de usinagem de peças. Até cinco centros de usinagem de cinco eixos. Usinagem de baixa complexidade.
Básico Nível 2	Nível 2: Não possui engenharia para desenvolvimento de produto. Tem condições de acessar outras indústrias com especificação do cliente.	Desenvolvimento de novos processos (para a empresa) de usinagem de peças. Centros de usinagem de três e quatro eixos. Usinagem de baixa complexidade.
Básico Nível 1	Nível 1: Não possui engenharia para desenvolvimento de produto. Não tem condições de acessar outras indústrias.	Pequenas adaptações e aprimoramentos eventuais e sistemáticos nos processos de usinagem de peças. Centros de usinagem de três e quatro eixos. Um centro de usinagem de cinco eixos. Usinagem de baixa complexidade.

Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa de campo.

Tabela 8.3 Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica no Brasil detalhamento das Funções de Sustentação.

Níveis de Complexidade Tecnológica	Função de Sustentação		
	Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas	Diversificação - Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados	Networks Formais de Desenvolvimento
Capacidades Tecnológicas Inovadoras			
Avançado	Nível 6: Aquisição contínua de conhecimento codificado e tácito do exterior. <i>Join Ventures</i> , subsidiárias (relação matriz-filial, multinacional), aporte de Investimento Direto Estrangeiro. Atividades endógenas contínuas para aquisição de conhecimento (atividades <i>in house</i> para resolução de problemas, engenharia reversa, projetos de P&D). Base de conhecimento da firma (recursos humanos capazes de gerar, acumular e potencializar o fluxo de conhecimento tecnológico). Esforços internos contínuos para internalizar o conhecimento tecnológico (pesquisas baseadas em conhecimento para tecnologias e fornecedores). Atividades de P&D ativa. Atividades de <i>design</i> não triviais. Existência de processos para identificar, adquirir e gerenciar tecnologia. Gestão do conhecimento. Faz gestão do conhecimento. Mais de 10% dos funcionários são engenheiros.	Nível 5: Exporta 30% da sua produção. Possui departamento dedicado à busca de novos mercados. Desenvolvem produtos e serviços próprios para acessar novos mercados.	Nível 6: Possui parcerias formais com empresas.
Intermediário	Nível 5: Relação matriz-filial como parceria estratégica para aquisição de conhecimento externo codificado e tácito. Pesquisa baseada em conhecimento para tecnologia e fornecedores. Não faz gestão do conhecimento. Mais de 10% dos funcionários são engenheiros. Equipe de engenharia e laboratório de P&D.	Nível 4: Exporta mais de 5% da sua produção aeronáutica. Possui uma pessoa dedicada à busca de novos mercados. Tem condições de acessar outras indústrias sem especificação prévia.	Nível 5: Possui parcerias formais com universidades.
Capacidades Tecnológicas Rotineiras			
Pré-Intermediário	Nível 4: Nível baixo ou médio de aquisição de conhecimento codificado. Nível baixo ou médio de aquisição de conhecimento tácito. Nível baixo ou médio de atividades endógenas de aquisição de conhecimento tácito. Ao menos dois níveis médio para os itens anteriores. Pesquisa baseada em conhecimento para tecnologia e fornecedores. Não recebe capital do exterior. Não faz gestão do conhecimento. Menos de 10% dos funcionários são engenheiros. Possui laboratório para experimentos.	Nível 4: Exporta até 5% da sua produção aeronáutica. Possui uma pessoa dedicada à busca de novos mercados. Tem condições de acessar outras indústrias, a partir da engenharia reversa e dos requisitos do produto.	Nível 4: Não possui parcerias formais com as empresas e as universidades, mas possuem parcerias informais com outras empresas.

(Continuação)

Capacidades Tecnológicas Rotineiras			
Básico Nível 3	Nível 3: Nível baixo ou médio de aquisição de conhecimento codificado. Nível baixo ou médio de aquisição de conhecimento tácito. Nível baixo ou médio de atividades endógenas de aquisição de conhecimento tácito. Ao menos dois níveis médio para os itens anteriores. Pesquisa simples para tecnologias e fornecedores. Não recebe capital do exterior. Não faz gestão do conhecimento. Menos de 10% dos funcionários são engenheiros.	Nível 3: 70 % da produção para a indústria aeronáutica. 30 % para outros mercados nacionais (óleo e gás, automobilístico, ferramental, etc). 75% da produção aeronáutica para a Embraer, 25% para outras empresas aeronáuticas localizadas no Brasil. Tem condições de acessar outras indústrias, a partir da engenharia reversa e dos requisitos do produto.	Nível 3: Não possui parcerias formais com empresas e universidades, mas possuem parcerias informais com universidades (apenas contatos e participação informal em alguns projetos específicos).
Básico Nível 2	Nível 2: Nível baixo ou médio de aquisição de conhecimento codificado. Nível baixo ou médio de aquisição de conhecimento tácito. Nível baixo ou médio de atividades endógenas de aquisição de conhecimento tácito. Ao menos um nível médio para os itens anteriores. Pesquisa simples para tecnologias e fornecedores. Não recebe capital do exterior. Não faz gestão do conhecimento. Menos de 10% dos funcionários são engenheiros.	Nível 2: 95 % da produção para a indústria aeronáutica brasileira. 95% da produção aeronáutica para a EMBRAER. 5% para outros mercados nacionais (petróleo e gás, por exemplo). Não possui pessoal dedicado à busca de novos mercados. Tem condições de acessar outras indústrias a partir da especificação do cliente.	Nível 2: Possui parcerias informais com empresas para adaptação de operações com novos equipamentos.
Básico Nível 1	Nível 1: Nível baixo de aquisição de conhecimento codificado - abaixo de 5 atividades. Nível baixo de aquisição de conhecimento tácito - abaixo de cinco atividades. Nível baixo de atividades endógenas de aquisição de conhecimento tácito - uma atividade. Pesquisa simples para tecnologias e fornecedores. Não recebe capital do exterior. Não faz gestão do conhecimento. Menos de 10% dos funcionários são engenheiros.	Nível 1: 100 % da produção para a indústria aeronáutica brasileira. 100% da produção para a Embraer. Não possui pessoal dedicado à busca de novos mercados. Não tem condições de acessar outras indústrias e outros mercados.	Nível 1: Não possui parcerias formais e informais com empresas e universidades.

Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa de campo.

Tabela 8.4 Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica no Brasil detalhamento das Funções de Organizacionais.

Níveis de Complexidade Tecnológica	Funções Organizacionais			
	Gestão da Produção	Gestão de Projetos	Gestão da Inovação	Gestão da Cadeia de Suprimentos
Capacidades Tecnológicas Inovadoras				
Avançado	Nível 6: Mais de 50 mapeamentos de fluxo de valor realizados. <i>Lean</i> completo.	Nível 5: Melhoria contínua – é aproveitada a informação aprendida, advinda do nível anterior (<i>benchmarking</i>) para implementar as mudanças necessárias visando ao melhoramento contínuo nos processos de gerenciamento de projetos. A empresa apresenta-se madura e pratica a transferência de conhecimento entre seus projetos por meio das lições aprendidas.	Nível 5: Estrutura de P&D, presença da função gerente de inovação, times de inovação, envolvimento de toda a organização. Projetos de P&D e de inovação. Ferramentas de inovação: discussões, fóruns, seminários, salas de inovação.	Nível 3: Existem processos estruturados de gestão, a empresa está empenhada em atuar conjuntamente com seus fornecedores para redução de custos e aumento da qualidade. Há um gerente dedicado à função. Gestão sistemática dos fornecedores com foco em processos, qualidade, performance e custo. Possui capacidade gerencial para compra direta de matéria-prima. Possui planta de processos especiais com certificação NADCAP.
Intermediário	Nível 5: Mais de 50 mapeamentos de fluxo de valor realizados. <i>Lean</i> parcial.	Nível 4: <i>Benchmarking</i> – processo contínuo de comparação das práticas de gerenciamento de projetos desenvolvidas com outras organizações de referência. Objetiva-se obter informações que levem a organização a melhorar seu desempenho e a desenvolver as melhores práticas. Existe a estrutura do escritório de projetos.	Nível 4: Equipe de engenharia e laboratório de P&D. Não há a função de gerente de inovação.	Nível 3: Existem processos estruturados de gestão, a empresa está empenhada em atuar conjuntamente com seus fornecedores para redução de custos e aumento da qualidade. Há um gerente dedicado à função. Gestão sistemática dos fornecedores com foco em processos, qualidade, performance e custo. Possui planta de processos especiais sem certificação NADCAP.
Capacidades Tecnológicas Rotineiras				
Pré-Intermediário	Nível 4: Mais de 30 mapeamentos de fluxo de valor realizados. <i>Lean</i> parcial.	Nível 3: Metodologia singular – a organização reconhece a possibilidade de obter sinergia a partir da combinação de várias metodologias dentro de uma única, sendo que seu eixo central é a gestão de projetos. Os processos possuem integração. Há treinamento contínuo em gerenciamento de projetos, apoio da diretoria e a presença marcante de um gerente de projetos.	Nível 3: Estrutura formal de busca e avaliação de inovação: Programa Boas Ideias, Comitê de Inovação, reuniões regulares da diretoria e líderes, laboratório para experimentos, escritório de projetos.	Nível 2: Existem processos básicos de gestão mais aprofundados e detalhados. Não há gerente dedicado à função. Possui capacidade gerencial para a compra de matéria-prima.

(Continuação)

	Capacidades Tecnológicas Rotineiras			
Básico Nível 3	Nível 3: ERP customizado status de execução de 4 a 5, equipe de TI na gestão do ERP, carregamento automático da lista de priorização do portal da Embraer uso de ferramentas <i>Lean</i> acima de 14 (total 17), <i>Lean</i> parcial, uso de ferramentas avançadas da qualidade acima de 10 (total 13). Mais de 10 mapeamentos de fluxo de valor.	Nível 2: Processos comuns – existe o reconhecimento da organização da necessidade de estabelecimento de processos comuns para projetos. Os processos comuns visam repetir o sucesso obtido de um projeto para todos os outros na organização. Há a implementação de algumas técnicas referente a escopo, custo e prazo. Há a função de gerente de projetos.	Nível 2: Equipe de melhoria contínua trabalhando inovação em processos para melhoria da eficiência.	Nível 2: Existem processos básicos de gestão mais aprofundados e detalhados. Não há gerente dedicado à função.
Básico Nível 2	Nível 2: ERP customizado status de execução de 0 a 3, carregamento manual da lista de priorização do portal da Embraer, uso de ferramentas <i>Lean</i> de 8 a 13 (total 17), <i>Lean</i> parcial, uso de ferramentas avançadas da qualidade de 7 a 10 (total 13). Até três mapeamentos de fluxo de valor realizados.	Nível 1: Linguagem comum – a organização reconhece a importância do gerenciamento de projetos e percebe a necessidade de ter um bom entendimento e conhecimento básico na disciplina. Possui condições, ao menos, para estabelecer uma terminologia. Não há a função de um gerente de projetos e o uso da função é apenas esporádico. Não existem processos instituídos.	Nível 1: Entende a importância do assunto, mas não há processos de gestão da inovação sistematizados.	Nível 2: Existem processos básicos de gestão, e a empresa interfere <i>in loco</i> no fornecedor para trabalhar algum aspecto crítico. Não há gerente dedicado à função. O acompanhamento dos fornecedores ocorre por meio de métricas de prazo, qualidade, custo, certificações, auditorias realizadas, etc. A empresa, no nível 2, vai acumulando capacidades gestão mais aprofundadas e detalhadas e assim evolui ao Básico Nível 3, até que se torne apta para a capacidade gerencial de compra direta de matéria-prima e assim é elevada ao nível de pré-intermediário.
Básico Nível 1	Nível 1: Planilhas isoladas, <i>software</i> próprio, sequenciador de atividades. Sem equipe dedicada à gestão do software. Uso de ferramentas <i>Lean</i> até 7 (total 17). Uso de ferramentas avançadas da qualidade até seis (total 13). Até um mapeamento de fluxo de valor.	Nível 1: Linguagem comum – a organização reconhece a importância do gerenciamento de projetos e percebe a necessidade de ter um bom entendimento e conhecimento básico na disciplina. Possui condições, ao menos, para estabelecer uma terminologia. Não há a função de um gerente de projetos e o uso da função é apenas esporádico. Não existem processos instituídos.	Nível 1: Entende a importância do assunto, mas não há processos de gestão da inovação sistematizados.	Nível 1: A seleção de fornecedores é feita com base na lista de fornecedores homologados pela Embraer. O acompanhamento dos fornecedores é realizado a partir de elementos chaves, como custo e prazo. Não há um gerente dedicado à função. O controle ocorre por meio de uma planilha de cadastro de fornecedores.

Fonte: Elaboração própria a partir da pesquisa de campo.

8.5.1 Considerações sobre o Teste Piloto para a Construção do Modelo de Referência

Realizamos o teste piloto da pesquisa de campo em duas fases com a empresa “E”. A partir de um questionário preliminar iniciamos a primeira fase desse teste. Da primeira fase, surgiram inúmeras necessidades de adaptação e de aprofundamento. Os questionários foram, então, desdobrados para verificação de elementos importantes que precisavam ser captados em cada função. Foram investigadas, por meio da literatura disponível e de especialistas, áreas de conhecimento vitais ao desenvolvimento do segmento de usinagem aeronáutica, como a Gestão Manufatura (Processos e Equipamentos), Gestão da Produção e Gestão da Cadeia de Suprimentos, seguidas de áreas consideradas pela literatura importantes para elevação da complexidade tecnológica, como a Função Desenvolvimento de Produto e a Função Gestão da Inovação.

Foi também realizada, nessa etapa da pesquisa, a separação definitiva entre as atividades gerenciais rotineiras e as atividades gerenciais inovadoras, uma vez que o Modelo de Referência apresentava inúmeras atividades que, a princípio, encontravam-se muito mescladas (“misturadas”) dentro da firma. Para facilitar a investigação, foi necessário separá-las definitivamente. Assim, foi construído o Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica, a partir da validação e do teste piloto da MAVITEC. Com esse modelo definido, realizamos a segunda fase do teste piloto com a empresa “E”, com um questionário extremamente modificado e robusto para a identificação dos elementos constituintes de cada função tecnológica do MAVITEC, foram realizados mais alguns ajustes, adaptações e eliminações de duplicidades de questões.

Desse modo, a primeira fase do piloto possibilitou a identificação de pontos que poderiam ser melhorados e a reestruturação radical do questionário. A segunda fase possibilitou melhora na fluidez e no detalhamento das questões, o que foi explicitamente mencionado pelo entrevistado que notou a melhoria e a elevação do foco das questões. Finalizado o teste piloto, iniciamos as atividades de pesquisa de campo com a amostra de empresas selecionadas.

8.6 Método de Pesquisa: Estudo de Caso Detalhado e Comparativo

Os Casos de Estudos contribuem para promover conhecimento de um indivíduo ou de um grupo e são indicados quando se deseja compreender um fenômeno social complexo, como processos organizacionais e gerenciais, bem como o nível de maturidade de uma indústria. São muito utilizados na Psicologia, Sociologia, Ciência Política e Economia. São,

em essência, métodos exploratórios, mas também podem ser descritivos e explanatórios. Três condições definem a melhor estratégia a ser escolhida pelo pesquisador: o tipo de questão de pesquisa (como e por quê), o nível de controle que o observador tem sobre os eventos e a ênfase em eventos contemporâneos (YIN, 2003).

Para a presente pesquisa, optou-se pelo Estudo de Caso⁷⁶ exploratório a partir de um grupo de empresas selecionadas, pois considera-se que ele satisfaz os condicionantes propostos por Yin (2003). Esse tipo de estudo é adequado para a investigação aprofundada e detalhada de fenômenos que não foram amplamente analisados pela literatura. Esta Tese visa contribuir para o entendimento de dois fenômenos, em particular, para um segmento específico da indústria aeronáutica pouco estudado pela literatura. O primeiro é o processo de acumulação de capacidades tecnológicas de empresas de usinagem aeronáutica – elas compõem a realidade das pequenas e médias da indústria aeronáutica brasileira. O segundo é a influência dos programas de defesa nesse processo de acumulação. O foco do trabalho é a generalização analítica voltada para o entendimento das questões da pesquisa.

8.7 Caracterização das Empresas do Estudo de Caso a partir de Trabalhos Anteriores

O Modelo de Referência do Segmento de Usinagem Aeronáutica foi aplicado às empresas fornecedoras de serviços de usinagem aeronáutica, ou seja, a empresas responsáveis pelo fornecimento de peças e conjuntos baseados em serviços de usinagem em materiais tradicionais (aço, alumínio, titânio, etc.), preponderantemente sediadas na região de São José dos Campos, onde se situa a grande maioria das empresas do setor aeronáutico brasileiro.⁷⁷ Essas empresas caracterizam-se por significativa dependência em relação à Embraer, fragilidade financeira, preponderância em atividades rotineiras de produção e escassez de atividades de desenvolvimento de produto (OLIVEIRA, 2005; QUADROS, 2009). Assim, os impactos tecnológicos de Programas de Aquisição de Aeronaves do Comando da Aeronáutica sobre o nível de capacitação da indústria aeronáutica é analisado à luz da trajetória da firma.

Bernardes e Pinho (2002) identificaram o perfil econômico e tecnológico das micro, pequenas e médias empresas (MPMEs, segundo a categorização do SEBRAE) da indústria

⁷⁶ O Estudo de Caso como uma estratégia de pesquisa incorpora a *logic design*, técnicas de coletas de dados e abordagens específicas para análises dos dados, não constituindo uma simples tática de coleta de dados. (YIN, 2003)

⁷⁷ Não é alvo desta pesquisa analisar a literatura de Arranjos Produtivos Locais e de *Cluster*, embora o assunto permeie seu tema.

aeronáutica da região de São José dos Campos. Os autores levantaram 33 empresas a partir do cadastro da Associação da Indústria Aeroespacial Brasileira (AIAB) para o ano de 2002 e de informações da Embraer. Das 33 empresas selecionadas no estudo, inclusive a Embraer, 21 empresas aceitaram ser entrevistadas, e apenas 11 responderam ao questionário.

No ano 2000, a indústria aeronáutica e aeroespacial auferiu um faturamento de US\$ 3,2 bilhões, 95% desse desempenho deveu-se ao segmento aeronáutico. Entre 80% e 90% das receitas das MPMEs estão atreladas à demanda da Embraer. A receita em relação à exportação é marginal. Na década de 1980, havia cerca de 100 empresas. Em 2000, o número de fornecedores foi reduzido à metade, restando cerca de 40 empresas na área de operações de manufatura, usinagem e materiais compostos e 10 de engenharia de projetos, ferramentais, informática e sistemas eletrônicos. Na região de São José dos Campos, concentravam-se cerca de 30 firmas, as quais respondiam por atividades de transformação industrial e pelo fornecimento de serviços de engenharia e informática de conteúdo tecnológico variado. A origem do capital era preponderantemente nacional (BERNANDES e PINHO, 2002).

Dos 13.800 postos de trabalhos existentes em 2000, cerca de 1.800 (13%), segundo dados da AIAB, correspondiam às MPMEs. As atividades eram pouco intensivas em capital físico e muito intensivas em trabalho qualificado, “com processos produtivos praticamente artesanais, escalas técnicas reduzidas e baixo grau de automação” (BERNANDES e PINHO, 2000, p. 6). As empresas recebiam matéria-prima e desenhos e forneciam serviços de transformação industrial. Em 1999, as operações de usinagem respondiam 80% da carga de subcontratação das atividades produtivas da Embraer e a de material composto respondiam a 9% da subcontratação, os dois maiores índices (BERNANDES e PINHO, 2002).

A pesquisa de campo de Bernardes e Pinho (2002) evidenciou fragilidades competitivas no âmbito empresarial, como limitada capacidade gerencial, reduzido empreendedorismo, desconhecimento de novos mercados e precariedade de *marketing*. No tocante às oportunidades das MPMEs nacionais, os serviços de usinagem de peças com quatro ou cinco eixos, banhos químicos superficiais e de conformação foram considerados pela Embraer como os de maior potencial de expansão, haja vista o aumento no número de produção de aeronaves. O que reforça nosso objetivo de se debruçar sobre a realidade de empresas de usinagem e material compósito.

Quadros *et al* (2009) realizou um mapeamento da cadeia produtiva aeronáutica (dados de 2004). As empresas brasileiras fornecedoras de aeroestruturas foram divididas em quatro grandes grupos: bens industriais, ferramental, processos industriais e serviços

técnicos e engenharia. Na categoria bens industriais, foram levantadas sete empresas, das quais quatro (Cenic, Ciel, PK Circuitos Impressos, PRL Fonseca EPP) realizavam atividades de baixo valor agregado, como por exemplo, peças de reposição, acabamento interno e placas de circuitos impressos, etiquetas autoadesivas, peças em material composto e peças da ponta da asa do Ipanema. E três empresas desempenhavam funções de alto valor agregado: Inbra Aerospace (portas blindadas para família EMB 170/190 e material composto), Digicon e Aeromot (motoplanadores), mas também sem conteúdo tecnológico relevante ou estratégico. Na categoria ferramental, as cinco empresas (Aisys Automação, Graphic projetos, Mecânica e Usinagem Soriani, Modelação Flórida e Tracker) com receita anual mais elevada possuíam capacidades de projeto, montagem de dispositivos e fabricação de ferramental.

Na categoria de processos industriais, foram levantadas 12 empresas (Basimet, Finetornos, Globo Central de Usinagem, Graúna Usinagem, Lanmar, Massucato, Metalúrgica Industrial Jooense, Mirage, Oficina Mecânica Astra Usinagem, ThyssenKrupp Autômeta, Toyo Matic, Winstal), das quais dez prestavam serviços de usinagem, algumas combinavam com montagem, e duas combinavam com tratamento artificial e também operavam no setor automotivo. Na categoria serviços técnicos e engenharia, foram levantadas seis firmas (Akaer, Compoende, Exata Master, Fibraforte Engenharia, Mectron Engenharia, Serco Engenharia) cujas atividades concentravam o fornecimento de soluções tecnológicas e de projetos (atividade de maior valor agregado por funcionário). Vale ressaltar um maior potencial de exportação e de diversificação de fornecimentos para os parceiros de risco localizados no Brasil.

Houve o predomínio de micro e pequenas empresas, apenas duas eram de grande porte, com 1.100 vagas de emprego aproximadamente e o faturamento que advinha do setor aeronáutico era baixo. As empresas de engenharia apresentaram o maior faturamento anual. Quadros *et al* (2009) ressaltou a sobreposição de atividades nas empresas consultadas, uma vez que as elas não atuavam unicamente no setor aeronáutico (47 atividades listadas). Os fornecedores locais se caracterizavam pela fragilidade econômico-financeira, tecnológica, gerencial e mercadológica. Tais fragilidades impactavam diretamente a cadeia. Os fornecedores ainda possuem gargalos relacionados à defasagem de equipamentos, pouca competência para montar subconjuntos e produtos mais acabados, ao acesso a serviços de tratamento térmico, além de limitações de capital e de competência na importação de matéria-

prima, insuficiência de capital de giro e limitações nas competências em gestão. Ressaltam-se também alguns pontos destacados pelos autores: a trajetória virtuosa da Eleb era uma possibilidade de adensamento, a necessidade de se facilitar a importação de máquinas e equipamentos para o setor, mesmo que usados, o estabelecimento de contratos longos entre a Embraer e seus fornecedores locais, a possibilidade de adensamento nos serviços de engenharia, entre outros (QUADROS *et al*, 2009).

Oliveira (2005) realizou um estudo sobre a cadeia de fornecedores de aeroestruturas da Embraer, localizados no Brasil, para o modelo EMB 170 e mapeou as empresas segundo os respectivos níveis de capacitação, dados do ano de 2005. Oliveira (2005) dividiu as empresas em quatro grupos: Fabricantes de peças (Autômata, Termoplas, Aeroserv, Altec, Melbo, Metinjo, Polycad, Tecplas, SPU, Leg), montadores de subconjuntos (Graúna, Aeroserv, Akaer, Mirage, Compoende), montadores de estruturas e componentes (Embraer e parceiros de risco, C&D, Sobraer, ELEB) e serviços ou produtos tecnológicos (*software* embarcado). Das empresas consultadas, sete foram categorizadas como nível de capacitação básico, oito como nível de capacitação intermediário e oito como nível de capacitação avançado. Aquelas categorizadas nos níveis básico e intermediário são, na sua maioria, empresas nacionais, com exceção de uma empresa que possui a Embraer como coproprietária. As empresas avançadas são todas parceiras de risco da Embraer e de capital estrangeiro.

Marques (2011) realizou uma pesquisa baseada no caso de nove empresas (pequenas e médias) do setor aeronáutico brasileiro com intuito de investigar se elas estavam desenvolvendo a capacidade para inovação e quais os fatores influenciavam esse desenvolvimento. Utilizou como modelo analítico a matriz de capacitação tecnológica suportada por fatores estratégicos internos (esforços de aprendizagem passivos e ativos) e externos (relações na cadeia de valor e participação em programas governamentais). Incorporou à análise o impacto do *Offset* na trajetória da firma, mas não foi além dos estudos existentes em termos da proposição de um modelo analítico para o setor aeronáutico brasileiro.

Nos estudos apresentados, chama a atenção o número de empresas de capital nacional que se dedicam às operações de usinagem convencional, a sua relevância em relação às demandas da Embraer e o fato desse subgrupo de empresas refletir a realidade de inexistência e de subdesenvolvimento das capacidades tecnológicas de inovação de outras empresas de diversas indústrias no Brasil, que também se ocupam preponderantemente de atividades rotineiras de produção e que carecem de atividades de desenvolvimento de produtos. Desse

modo, é necessário refletir sobre a realidade do setor aeronáutico brasileiro a partir das suas características essenciais que são restritivas do ponto de vista tecnológico, a fim de que se possa propor um modelo analítico evolucionário que concentre as principais funções que este espectro de empresas possa dominar.

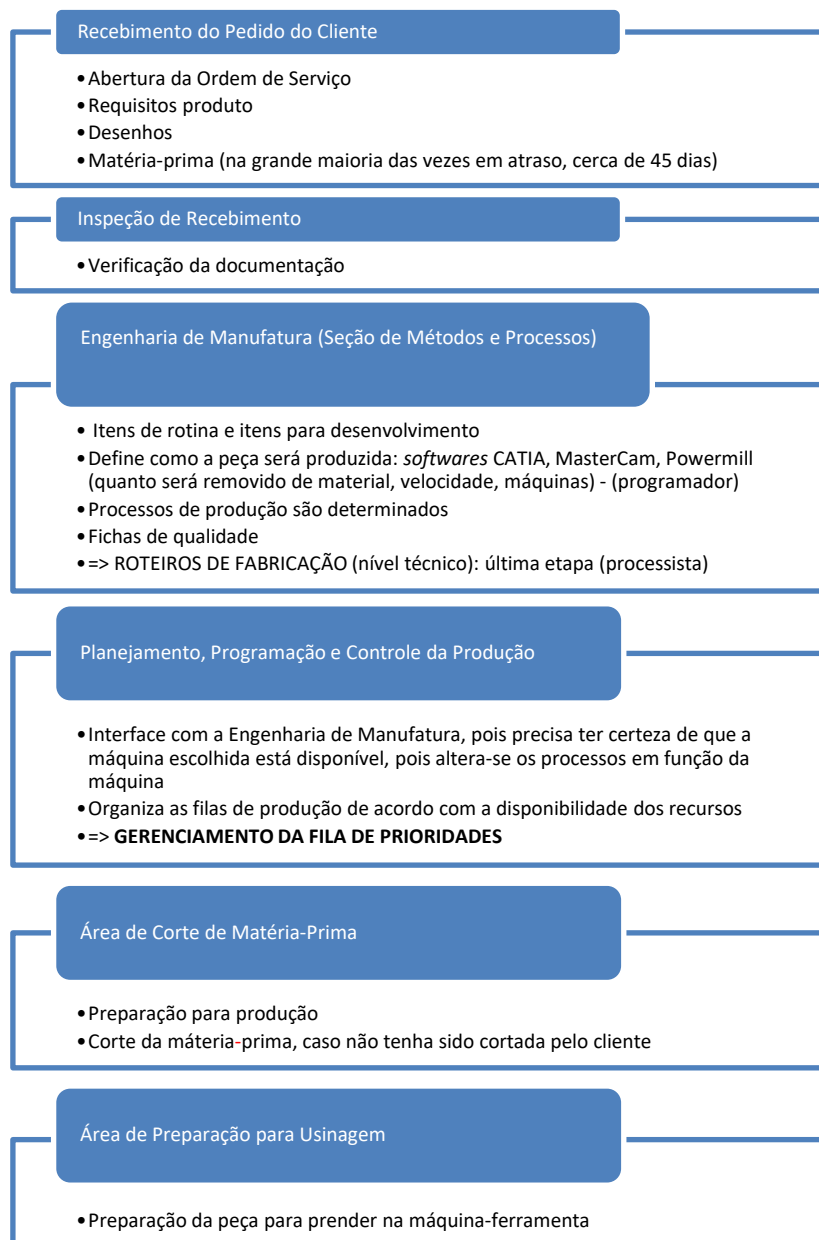
8.8 Principais Processos de uma Empresa de Usinagem Aeronáutica a partir da Pesquisa de Campo

Uma empresa de usinagem ocupa-se com os seguintes processos: no centro de usinagem são realizadas as fases de remoção de material; as peças são então levadas para o processo de ajustagem para remoção das rebarbas, quebra dos cantos e acabamento de furos; na sequência as peças são direcionadas à área de inspeção e depois para os ensaios não destrutivos de líquido penetrante. O próximo processo é o jateamento e depois a anodização para melhoria da resistência à corrosão (processos especiais, muito vezes realizados fora da firma). E finalmente, o polimento, a cromatização que consiste na conversão química da superfície de alumínio pela aplicação de Alodine, as montagens mecânica e elétrica, quando for o caso. O fluxo de trabalho encerra com a inspeção final. (SOUZA, 2015)

A seguir, apresentamos um quadro com o fluxo dos principais processos de uma empresa de usinagem, validado durante a pesquisa de campo realizada em empresas de usinagem de peças aeronáuticas. De maneira geral, o cliente envia as especificações do produto, a empresa de usinagem recebe ou compra matéria-prima, a Engenharia de Manufatura desenvolve os roteiros de fabricação do produto e as fichas de qualidade, o programa de controle da produção (PPCP) determina os recursos que são utilizados na produção (os equipamentos e as velocidades adequados), também organiza as filas de produção de forma otimizada, criando filas de produtos similares. As peças usinadas são direcionadas às empresas que realizam processos especiais. O controle de qualidade acontece ao longo dos processos e 100% das peças são inspecionadas antes da expedição ao cliente final.

Vale ressaltar que a Engenharia da Manufatura, que elabora a parte técnica, e o PPCP, que planeja a produção, trabalham em separado e, em algumas empresas, em paralelo. Quando o item for recorrente, o PPCP pode ser ativado no mesmo dia – e a Manufatura e o PPCP podem operar num mesmo dia. Quando o item é novo, a Engenharia de Manufatura

precisa desenvolver o modo como a peça será produzida. O pedido do cliente não vem acompanhado da matéria-prima, a qual geralmente demora 45 dias para chegar à empresa.



Centro de Usinagem / Fresadeiras (3, 4, 5 eixos)

- Fresamento: processo de usinagem destinado à obtenção de quaisquer superfícies por meio do movimento de rotação e translação de uma ferramenta multicortante - peça fixa e movimento da ferramenta.
- => 2 a 3 operações

1ª PEÇA: 1ª Operação

- Processo de usinagem

Inspeção *In Process*: Controle da Qualidade

- Verificação da peça

Centro de Usinagem / Fresadeiras (3, 4, 5 eixos)

- Fresamento: processo de usinagem destinado à obtenção de quaisquer superfícies por meio do movimento de rotação e translação de uma ferramenta multicortante - peça fixa e movimento da ferramenta.
- => 2 a 3 operações

1ª PEÇA: 2ª Operação e assim por diante

- Processo de usinagem

Inspeção *In Process*: Controle de Qualidade e assim por diante

- Verificação da peça

Área de Ajustagem: Bancada

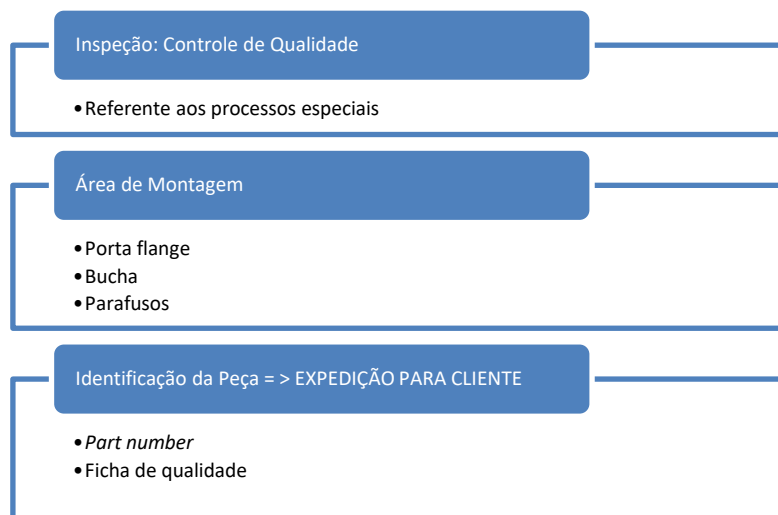
- Ajustes
- Rebarbação
- Furação manual

Inspeção: Controle de Qualidade

- Relatório dimensional da peça
- Aprovação da peça

Expedição para Processos Especiais

- Pintura
- Tratamento térmico
- Tratamentos superficiais: anodização, aplicação de cádmio, metalização
- Revestimento
- *Shot Peening; Flap Peening*
- Ensaios não destrutivos
- Galvanoplastia



Quadro 8.6 Fluxo padrão dos processos de uma empresa de usinagem.
Fonte: Pesquisa de campo.

A seguir, algumas imagens de peças usinadas produzidas pelas empresas analisadas.



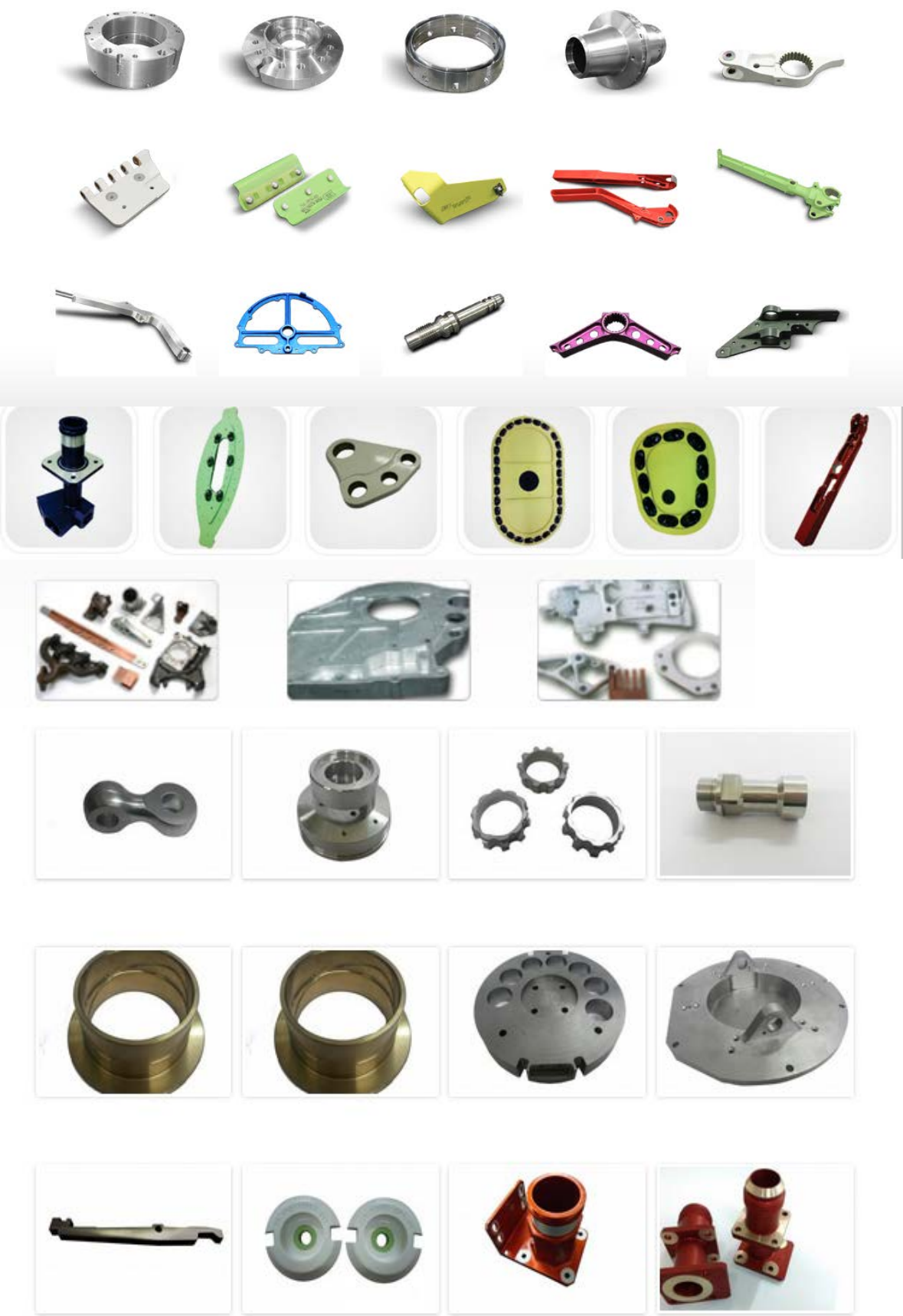




Figura 8.2 Peças aeronáuticas usinadas nas empresas analisadas.
Fonte: Pesquisa de campo.

8.9 Método de Aplicação do Modelo de Referência

A partir da construção da Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC), apresentada nas seções anteriores, passou-se à operacionalização da sua adaptação ao segmento de usinagem aeronáutica, dando origem ao Modelo de Referência para o segmento em análise. A seguir, são apresentados os passos que permitiram essa adaptação ao segmento de usinagem:

Passo 1: Trabalho exploratório “A” – primeiros contatos diretos com empresas e especialistas do setor aeronáutico brasileiro, bem como participação em eventos do setor. O objetivo foi o de realizar os primeiros contatos com os fornecedores em conversas não agendadas formalmente e levantar as principais características dos diversos segmentos da indústria, suas principais dificuldades e os desafios no relacionamento com a Embraer.

Passo 2: Trabalho exploratório “B” – levantamento das informações gerais das empresas do setor aeronáutico brasileiro e a identificação das empresas participantes de programas de aquisição de aeronaves militares. Essa atividade mostrou-se mais complicada, haja vista a falta de informações disponíveis.

Passo 3: Trabalho exploratório “C” – levantamento detalhado de empresas pré-selecionadas segundo critérios específicos. Essa atividade mostrou-se mais complicada por falta de informações disponíveis.

Passo 4: Trabalho exploratório “D” – seleção de um segmento aeronáutico específico para aplicação da Modelo de Referência. Dada a grande variedade de empresas existentes, foi preciso escolher um segmento para aplicar o modelo. Orientou a escolha o particular interesse em analisar as empresas mais antigas do setor aeronáutico brasileiro que surgiram com os programas de aquisição de aeronaves militares do COMAER, sobretudo com anos de fundação nas décadas de 1970, 1980 e 1990, preponderantemente de capital nacional e com histórico de baixa maturidade tecnológica.

Passo 5: Trabalho exploratório “E” – seleção das empresas do segmento escolhido para a pesquisa de campo.

Passo 6: Pesquisa piloto – aplicação dos questionários completos a uma empresa. Fase 1: seleção de uma empresa para aplicação completa do questionário – versão inicial. Fase 2: aplicação do questionário – versão final da mesma empresa selecionada na fase 1.

Passo 7: Pesquisa de campo, ou seja, aplicação dos questionários das funções do Modelo de Referência nas empresas selecionadas.

Passo 8: Instrumentos de análise: construção de planilhas individuais e integração de dados do segmento de usinagem aeronáutica.

Passo 9: Diagnóstico do segmento – análise das capacidades tecnológicas das empresas pesquisadas e categorização segundo os níveis de complexidade tecnológica.

Passo 10: Análise dos impactos dos programas de aquisição de aeronaves militares sobre a acumulação de capacidades tecnológicas das empresas estudadas.

8.9.1 Contato inicial com as empresas e os especialistas do setor aeronáutico

Durante os meses de agosto, setembro, outubro e dezembro de 2014 e fevereiro, março, abril e julho de 2015, foram realizadas visitas ao CECOMPI, a três empresas do setor aeronáutico da região de São José dos Campos/São Paulo, a pesquisadores do setor aeronáutico e aeroespacial, ao fundador da Embraer, Ozires Silva, e a especialistas internacionais da área de pesquisa de avaliação de impactos de grandes programas tecnológicos.

Também foram realizadas participações, como ouvinte, nos seguintes eventos do CECOMPI: Oportunidades em *Offset* e Programas da FAB com a palestra do Brigadeiro Crepaldi, Comandante da COPAC, sobre as demandas do COMAER, e com a APEX-Brasil, sobre o Projeto Setorial Aeroespacial - Incentivo à exportação de produtos e soluções aeroespaciais, em 19/08/2014, Encontro de Cooperação Universidades, ICTs e Empresas em

14/10/2014, *Workshop* de Planejamento Participativo em 21/10/2014, Visita do CECOMPI ao IFI em 23/04/2015, Reunião Bimestral do *Cluster* em 30/06/2015. Tais atividades tinham o objetivo de realizar contato direto com os fornecedores do *cluster* e compreender seus principais desafios.

Foram realizadas entrevistas nas empresas ThyssenKrupp Autômata em 20/10/2014 (a entrevista foi gravada), na Eurobrás também em 20/10/2014 e na Alltec em 27/10/2014 (nessas duas, a entrevista não foi gravada). A ThyssenKrupp Autômata é especializada no fornecimento de serviços de usinagem. A Aerobrás é uma especializada em projeto e fabricação de cablagem, módulos, caixas elétricas e simuladores de tiro. E a Alltec é especializada no desenvolvimento e na fabricação de produtos e estruturas em materiais compósitos. Tais entrevistas visavam conhecer a realidade das empresas, sua trajetória, e os programas de defesa de que participaram.

Em 13/10/2014, foi entrevistado o Prof. Dr. Davi Nakano, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, o qual participou diretamente da pesquisa de mapeamento do setor aeronáutico brasileiro que deu origem ao livro *Cadeia Produtiva Aeronáutica Brasileira – Oportunidades e Desafios*, um trabalho financiado pelo BNDES (MONTORO e MIGON, 2009). A entrevista que, não foi gravada, teve o objetivo de levantar as dificuldades na execução da pesquisa de campo e o método utilizado para contato com fornecedores e levantamento de informações. Também em 13/10/2014, foi entrevistado o fundador da Embraer, Sr. Ozires Silva, que nos concedeu informações acerca da história da fundação da empresa, os desafios do seu desenvolvimento e os contornos do programa AM-X, Tucano, Super Tucano e KC-390. O Sr. Ozires Silva forneceu valiosos *insights* acerca do modelo de compras públicas para o setor aeronáutico brasileiro. A entrevista com o fundador da Embraer foi gravada.

Em 08/12/2014, foi entrevistado o Prof. Dr. Laurent Bach, da Universidade de Strasbourg (França), especialista e referência internacional em avaliação de programas espaciais da Europa, para apresentação da proposta, escopo e dificuldades da Tese, sobretudo acerca das funções da MAVITEC. O Prof. Bach analisou com profundidade os problemas e as oportunidades da matriz proposta nesta Tese e sugeriu a inclusão de outras funções a partir do método de avaliação de programas utilizado no BETA. A reunião com o Prof. Bach foi parcialmente gravada. Em 10/02/2014, a Profa. Dra. Rosane Argou Marques foi entrevistada por *Skype*. Ela desenvolveu a tese de doutorado (Marques, 2011) sobre a indústria aeronáutica brasileira a partir do referencial teórico utilizado nesta Tese. Foram discutidas as dificuldades

de adequação do referencial teórico à pesquisa e as impressões verificadas na pesquisa piloto que dificultavam a implementação da de campo nos moldes inicialmente previstos.

De 09/03/2015 a 13/03/2015, foi viabilizada a participação da autora no *Executive Course on Evaluation of Science, Technology and Innovation and Programs* organizado pelo GEOPI (Grupo de Estudos sobre a Organização da Pesquisa e da Inovação da UNICAMP) na FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) para analistas da FINEP, BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social) e MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação). O curso foi ministrado pelos professores estrangeiros Nicholas Vonortas, da *George Washington University*, e Laurent Bach, da *Strasbourg University*, pelos professores brasileiros Sérgio Salles e Adriana Bin, da UNICAMP, além de outros professores, como Fernando Colugnati, da Universidade Federal de Juiz de Fora, e Sergio Fipo, da Fundação Getúlio Vargas do Rio de Janeiro. Foi uma oportunidade ímpar para abordar os capítulos do *Handbook on the Theory and Practice of Program Evaluation* de Link e Vonortas (2013), apresentado no capítulo 2 desta Tese.

Em 27/10/2015, em Porto Alegre, foi realizada uma visita na empresa Ael Sistemas, que se tornou referência no desenvolvimento e na produção de aviônicos no Brasil, após a participação no Programa AM-X. Foi entrevistado o diretor de Tecnologia da Ael, que está na empresa desde seu início. A empresa Digicon também foi visitada, na cidade de Gravataí, próxima a Porto Alegre. O gerente do Sistema de Qualidade, que está na empresa desde a década de 1980, foi entrevistado. A Digicon diferencia-se das demais do segmento por ser uma empresa com produtos diversificados e por ter sido alvo de uma política de desenvolvimento de fornecedores de uma empresa estadolindense. Atualmente ela fornece para grandes *players* internacionais na indústria aeronáutica. As entrevistas foram gravadas.

Essas atividades ajudaram a elucidar o emaranhado de relações e dificuldades que precisaram ser transpostas para executar com sucesso a pesquisa de campo. Vale ressaltar que as contribuições e os alertas concedidos – por ocasião do Exame de Qualificação da autora, em 12 de dezembro de 2013 – pelo Professor Dr. Paulo Negreiros Figueiredo, da Escola de Administração da Fundação Getúlio Vargas do Rio de Janeiro (EBAPE/FGV-RJ), professor e pesquisador com trabalho reconhecido internacionalmente no tema desta pesquisa (Figueiredo, 2001, 2002, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010 e 2014), Professor Dr. Luiz Guilherme Oliveira da Universidade de Brasília (UNB), professor e pesquisador com Tese de doutorado inédita para indústria aeronáutica (Oliveira, 2005), pelo então Reitor do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Professor Dr. Carlos Américo Pacheco, com reconhecido

conhecimento sobre a indústria aeronáutica nacional, foram essenciais para o planejamento e o desempenho das atividades posteriores. O exame de qualificação foi gravado.

8.9.2 Material analisado para a seleção das empresas da pesquisa de campo

Durante o ano 2013 (de março a agosto), foram realizadas negociações para o levantamento da base de fornecedores do Programa AL-X na Embraer. Depois de várias rodadas de negociações junto à empresa, a lista de fornecedores foi negada pela Diretoria de Defesa. Foram então iniciadas negociações junto à COPAC, especificamente junto ao Gerente do Programa AL-X do ano 2013, que assumiu as negociações junto à Embraer e foi responsável por viabilizar que a lista de fornecedores fosse entregue para esta pesquisa. Adicionamos à lista entregue pela COPAC, a de fornecedores da indústria aeronáutica nacional da ANAC disponível na internet no endereço http://www2.anac.gov.br/certificacao/Organizacao/Protudos/ListaFornecedoresNacionaisI_OrgCodi_000332.pdf. Essas duas listas foram a base para o início do levantamento das informações gerais das empresas que poderiam ser analisadas na pesquisa de campo.

Para o levantamento das informações gerais da empresa, foi utilizado o Catálogo de Empresas do Setor Aeroespacial do Brasil (CESAER), um cadastro geral de empresas do setor aeronáutico brasileiro, gerenciado pelo IFI, que possibilita identificar os principais produtos, serviços e contatos gerais das firmas. Disponível no endereço http://www.ifi.cta.br/sites/default/files/ifi/documentos/produtos-servicos/cesaer/catalogo_cesaer.pdf. Pesquisaram-se também as informações disponíveis nos sites das empresas, como data de fundação, número de funcionários, principais certificações e participação em programas militares, quando disponível. As informações referentes aos principais produtos, serviços, principais certificações e contatos foram complementadas pelo catálogo de fornecedores do CECOMPI, disponível no endereço eletrônico <http://issuu.com/fmorgado/docs/catalogo?e=0>.

Durante o ano de 2014 e 2015, foram realizadas negociações junto à Divisão de Desenvolvimento Industrial e à Subdivisão de Análise Empresarial do IFI para o levantamento de contatos diretos com os fornecedores, e foi identificada a possibilidade de trabalhar com os Questionários de Análise Empresarial (QAE). Assim, obtemos mais uma lista com os contatos diretos dos fornecedores que estão habituados a dialogar com o IFI. Nos meses de setembro e outubro de 2014 e janeiro e abril de 2015, realizamos uma imersão nos Questionários de Análise Empresarial (QAE) arquivados em papel na Subdivisão de Análise

Empresarial, depois de concedida a autorização formal do IFI. Esses questionários contêm informações detalhadas sobre as empresas e possibilitaram aprofundar nosso conhecimento das empresas que seriam verificadas na pesquisa de campo. O questionário tem o propósito de conhecer os principais processos produtivos e a capacidade técnica da empresa e contém as seguintes categorias de questionamentos: caracterização geral da empresa, detalhamento dos produtos, mercado de atuação, tecnologia empregada, gestão da qualidade, detalhamento da matéria-prima utilizada, detalhamento dos equipamentos e processos da produção e aspectos estratégicos e organizacionais.

A partir da análise das diversas listas de fornecedores e de conversas não agendadas formalmente com os funcionários do IFI, do CECOMPI e com vários fornecedores, foi possível selecionar um grupo de empresas relevantes para o estudo do segmento de usinagem. Assim, nossa amostra foi inicialmente composta por uma lista de 25 empresas.⁷⁸ Os critérios utilizados para a seleção delas foram estes: e/ou empresas que responderam ao QAE nos últimos dez anos, e/ou empresas que possuem mais de 70% do seu faturamento proveniente do setor aeronáutico, aquelas com data de fundação nos anos de 1970, 1980 e 1990, as que têm preponderância de capital nacional, e/ou empresas participantes de programas de aquisição de aeronaves militares (contratação direta com o COMAER ou indireta pela Embraer), aquelas com certificação relevante para o setor aeronáutico, e/ou empresas com histórico de desenvolvimento de novos produtos, e/ou empresas com histórico de desenvolvimento de ferramental próprio, e/ou empresas da lista da COPAC como fornecedoras de peças e componentes para a aeronave AL-X.

Nem todas as empresas apresentaram os critérios mencionados, mas possuíam as características que as qualificaram para a investigação. As entrevistas da pesquisa de campo foram agendadas com o presidente ou diretor da empresa, duraram cerca de três horas e meia, foram gravadas e as respostas foram anotadas na versão impressa do questionário.

8.10 Considerações Finais

Nos capítulos anteriores, foram apresentados, de maneira bastante ampla, os impactos tecnológicos dos programas de defesa sobre o Comando da Aeronáutica e sobre a Embraer. Neste capítulo, apresentamos a principal contribuição desta Tese, a modelagem conceitual da Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC) e

⁷⁸ Durante a pesquisa de campo, foram consultadas dez empresas dessa amostra de vinte e cinco.

o Modelo de Referência do Segmento de Usinagem Aeronáutica, além dos passos para aplicação do Modelo de Referência às empresas de usinagem aeronáutica. No próximo capítulo, são apresentados os resultados da aplicação do Modelo de Referência nas empresas selecionadas.

9 ANÁLISE DAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DAS EMPRESAS DO SEGMENTO DE USINAGEM AERONAÚTICA

A Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC) foi modelada conceitualmente com as principais funções tecnológicas que as empresas do setor aeronáutico brasileiro deveriam considerar para elevar seu nível de complexidade tecnológica. O modelo foi então adaptado ao segmento de usinagem aeronáutica de modo a fornecer um modelo de referência para o segmento. A aplicação desse modelo, nas empresas selecionadas, gerou os resultados que são analisados neste capítulo. Os resultados foram agrupados segundo o nível de complexidade de cada função e serão apresentados segundo gráficos em radar, que permitem visualizar como a empresa está quando comparada às outras do mesmo segmento industrial.

Foram entrevistadas as seguintes empresas: Pan Metal, ThyssenKrupp Autômata, Mirage, Utec, Globo Usinagem, Finetornos, Magnaghi Friulli Aerospace, Lanmar, Planifer e Usimaza. A empresa Fast Work não aceitou realizar a entrevista. A pesquisa de campo foi encerrada com dez empresas, porque se observou que aquelas consultadas representavam bem os diferentes perfis existentes no segmento de usinagem aeronáutica, uma vez que as respostas ao questionário começaram a ficar repetitivas e sem novidades. Nas análises a seguir, não foram identificados os nomes das empresas, mas sim foram utilizadas as letras do alfabeto para designar cada uma: A, B, C, D, E, F, G, H, I, e J.

9.1 Perfil Geral das Empresas Analisadas

Primeiramente, é apresentado perfil geral comparativo das empresas entrevistadas, a partir da comparação do ano de fundação das empresas; da quantidade de máquinas multitarefa, de centros de usinagem de 5 eixos e de centros de usinagem de 3 e 4 eixos; do número de funcionários e do número de engenheiros; do número de engenheiros em relação total de funcionários, da estimativa de faturamento bruto anual; e da porcentagem dessa estimativa de faturamento que se deve ao setor aeronáutico. Apresentaremos também uma categorização para o nível de complexidade de produção da peça, ou seja, usinagem de baixa, média e elevada complexidade.

Buscou-se selecionar empresas com maior longevidade, sobretudo com data de fundação na década de 1970, 1980 e 1990, e que pudessem ter passado por uma série de programas de defesa, como, Programa AM-X, Programa Tucano, Programa Super Tucano, Programa de Modernização de F5, Programa de Modernização do AM-X e Programa KC-390. Abaixo, tabela com o ano de fundação das empresas pesquisadas.

Tabela 9.1 Ano de fundação das empresas pesquisadas

Empresa	Ano Fundação
A	1977
B	1993
C	1976
D	1986
E	1985
F	1976
G	1987
H	1973
I	1988
J	2007

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

Quatro empresas possuem ano de fundação na década de 1970, outras quatro empresas possuem ano de fundação em 1980, uma empresa possui ano de fundação na década 1990, e apenas uma nos anos 2000. 80% da amostra desta pesquisa foram fundadas na década de 1970 e 1980, de modo que se aumenta a probabilidade de que tenham participado de uma série de programas de defesa.

Também é apresentado a quantidade de centro de usinagem existente nas empresas, pois o tipo de máquina utilizado determina o nível de complexidade que a empresa pode alcançar em termos da geometria das peças. As máquinas multitarefas e os centros de usinagem 5 eixos configuram alteração de patamar tecnológico frente aos centros de usinagem de 4 e 3 eixos. Empresas com estes equipamentos estão mais aptas a fornecerem ao mercado aeronáutico brasileiro e internacional.

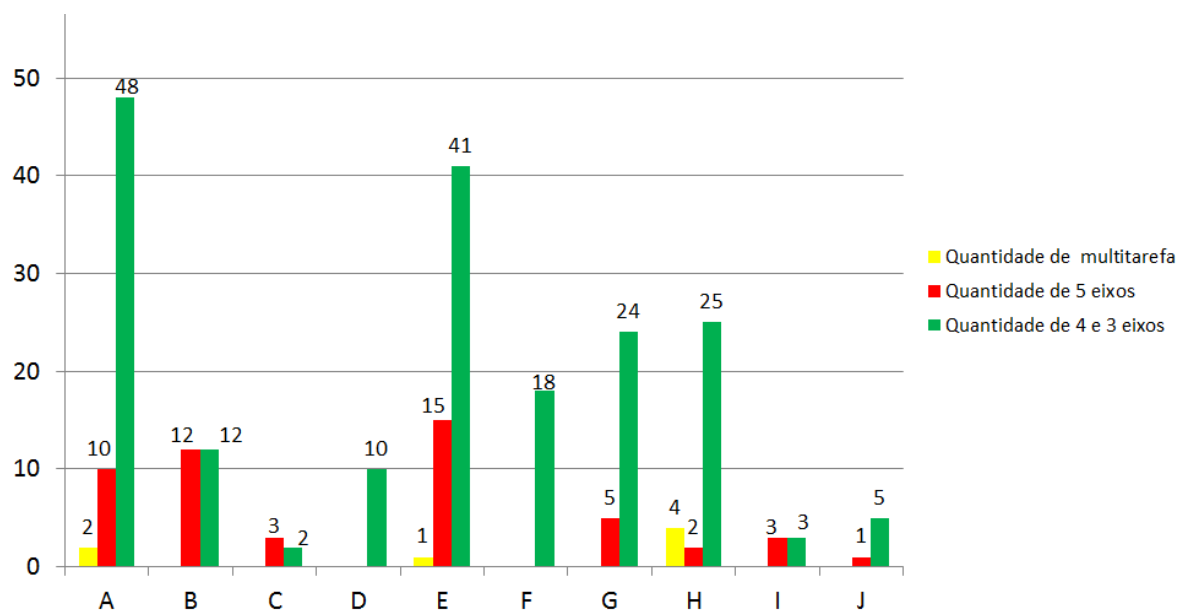


Gráfico 9.1 Quantidade de centro de usinagem (multitarefa, 5 eixos, 3 e 4 eixos) das empresas pesquisadas.
Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

Somente três empresas apresentaram equipamentos multitarefa, o que caracteriza grande potencial para elevação do nível de complexidade das peças usinadas. Das empresas consultadas, apenas uma delas está usando o equipamento multitarefa de forma mais intensiva, dado as encomendas da EMBRAER de peças de maior complexidade tecnológica. Duas empresas apresentaram somente centros usinagem 3 e 4 eixos, o que as limita em termos de potencial para elevar seu nível de complexidade tecnológica. Três empresas apresentaram a quantidade igual ou acima de dez centro de usinagem 5 eixos, o que caracteriza grande vantagem em relação as demais empresas. Tais empresas estão entre as que possuem maior capacidade tecnológica em usinagem. O restante das empresas apresentaram cinco ou abaixo de cinco centros de usinagem 5 eixos.

Os dois gráficos abaixo apresentam o tamanho da empresa segundo o número de funcionários, e segundo a estimativa de faturamento bruto da empresa para o ano de 2016 (com impostos). Empresas que possuíam filiais tiveram seus empregados somados à quantidade de empregados da empresa matriz.

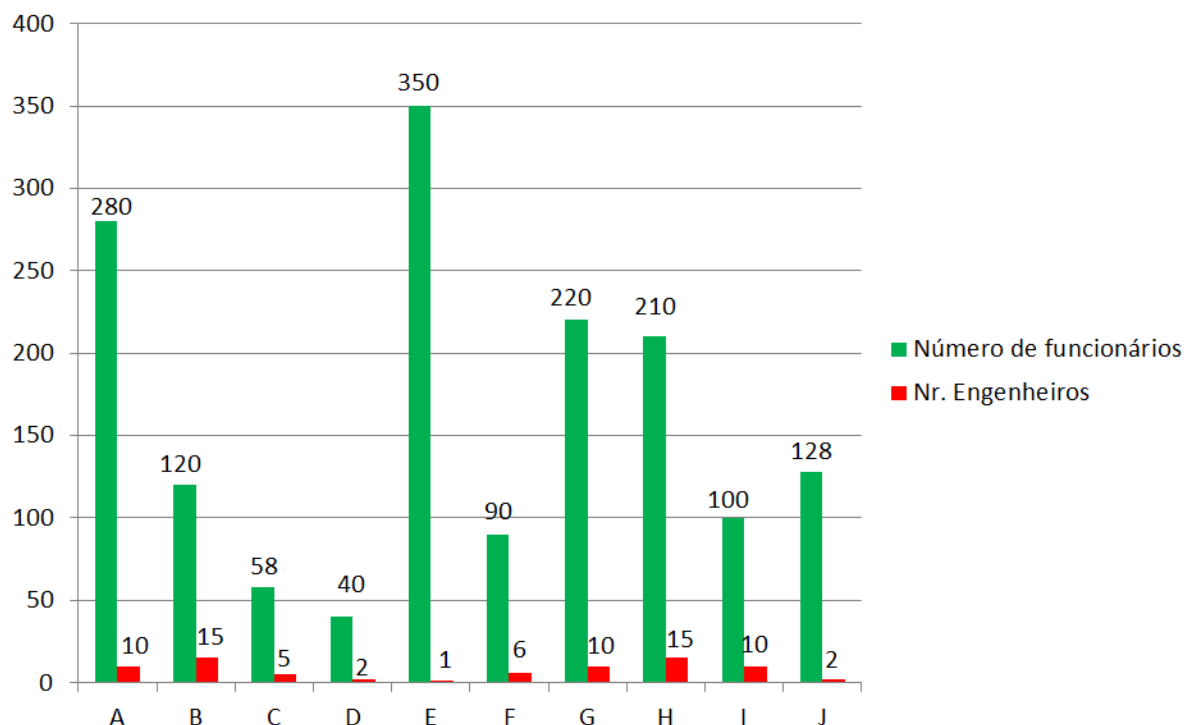


Gráfico 9.2 Quantidade total de empregados e de engenheiros das empresas pesquisadas.

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

Duas empresas possuem menos de 60 empregados. Quatro empresas possuem entre 90 e 130 empregados. Três empresas apresentam 210, 220 e 280 empregados respectivamente. Apenas uma empresa apresenta possui mais de 300 empregados, vale ressaltar que cerca de 100 funcionários do total de 350 empregados encontra-se em uma segunda planta.

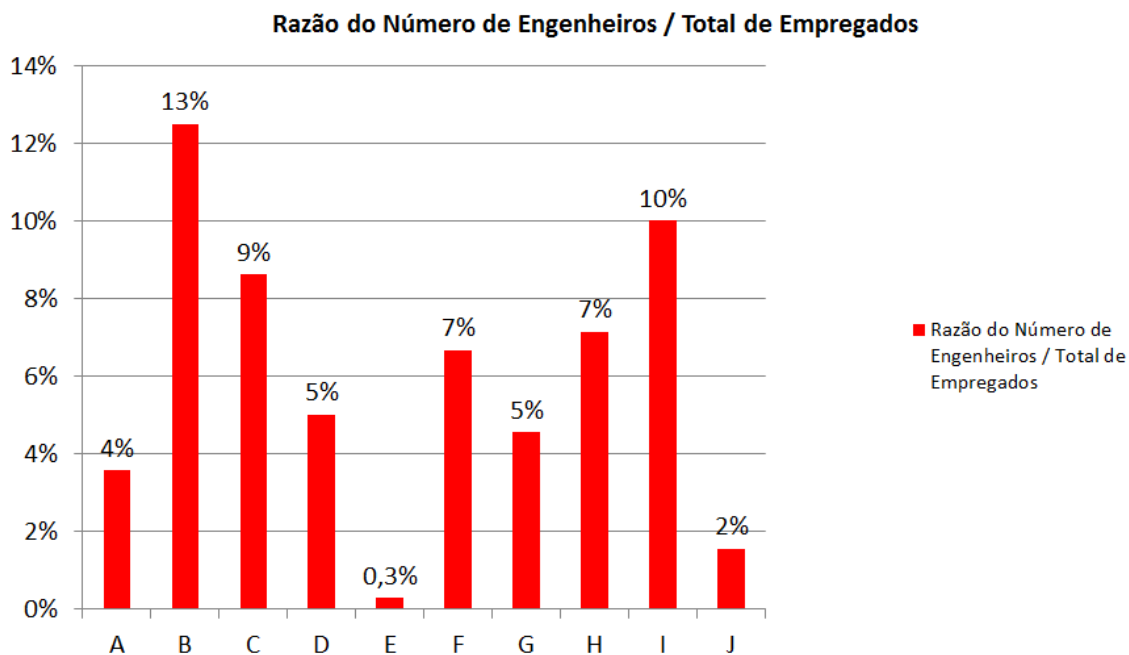


Gráfico 9.3 Proporção de Engenheiros no total de empregados, em porcentagem.
Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

Apenas duas empresas possuem 13% e 10% de engenheiros em seu quadro de empregados. Cinco empresas possuem até 5% de engenheiros no total de empregados, inclusive. Três empresas possuem entre 7% e 9% de engenheiros no total de empregados.

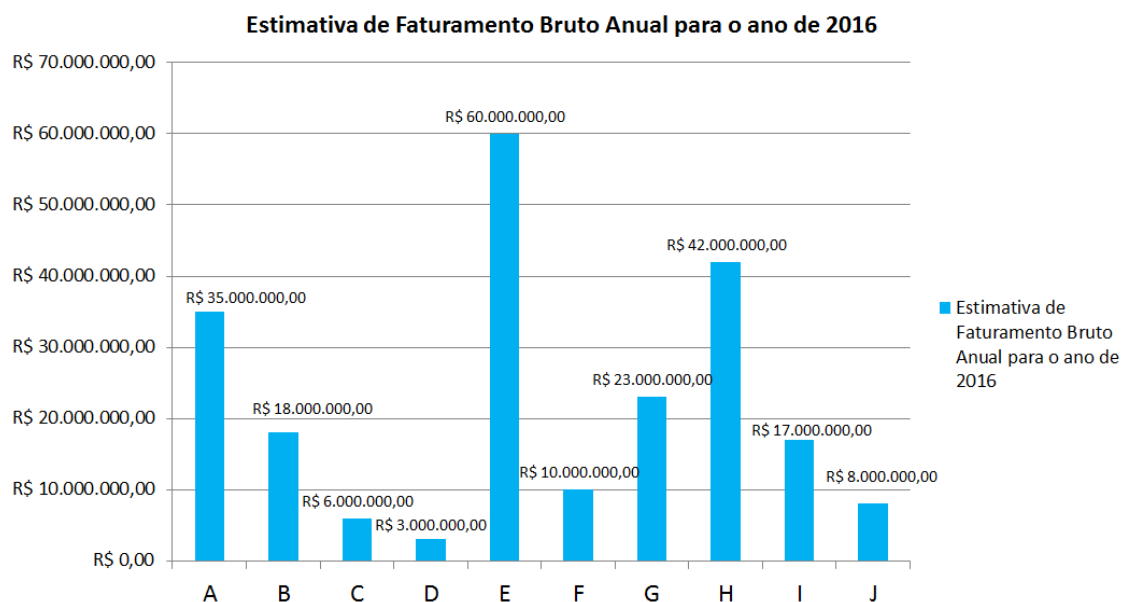


Gráfico 9.4 Estimativa de Faturamento Bruto Anual para o ano de 2016, segundo os entrevistados, em reais (com ICMS, em reais).
Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

Foi utilizada a variável estimativa de faturamento bruto anual para ano de 2016, pois se entendeu que ela reflete melhor a situação atual das empresas. Os dados mencionados para os anos anteriores mostraram-se bem diferentes da situação atual, em função de alterações significativas no mercado de petróleo e gás e no volume de exportações realizadas, em alguns casos. Vale ainda mencionar que foi utilizado o valor bruto, pois as empresas do setor aeronáutico possuem o benefício de redução do ICMS de 18% para 4%. Este benefício é regulado pelo IFI. Empresas cadastradas no IFI (catálogo Cesaer) e que estão em dia com o preenchimento do Questionário de Análise Empresarial (QAE) recebem este benefício. Apenas uma empresa consultada não tinha conhecimento deste benefício. Vale ressaltar que as informações prestadas ao IFI não são direcionadas à Receita Federal e servem unicamente para informar ao IFI sobre a capacidade tecnológica da empresa (Convênio ICMS 75, de 5 de dezembro de 1991).⁷⁹

Apenas uma empresa possui estimativa de faturamento bruto abaixo de R\$ 5.000.000,00. Três empresas possuem estimativa de faturamento bruto entre R\$6.000.000,00 e R\$ 10.000.000,00. Duas empresas possuem estimativa de faturamento de R\$ 17.000.000,00 e de R\$ 18.000.000,00. As três maiores estimativas de faturamento estão nas empresas A, E, H; R\$ 35.000.000,00; R\$ 42.000.000,00 e R\$ 60.000.000,00. A empresa G possui uma estimativa de faturamento de R\$ 23.000.000,00. Abaixo apresentamos quanto desse faturamento deve-se ao setor aeronáutico, já que estas empresas podem atuar em outros mercados.

⁷⁹ A seção do IFI que coleta essa informação é a CDI, no entanto, não há processos de análise crítica do QAE. As informações são arquivadas sem comporem um banco de dados de informações estratégicas sobre as empresas brasileiras pequenas e médias, empresas estas que poderiam receber *Offset* na área de usinagem. OS fornecedores ao preencherem o QAE também não o fazem completamente, muitas questões não são respondidas e são deixadas em branco.

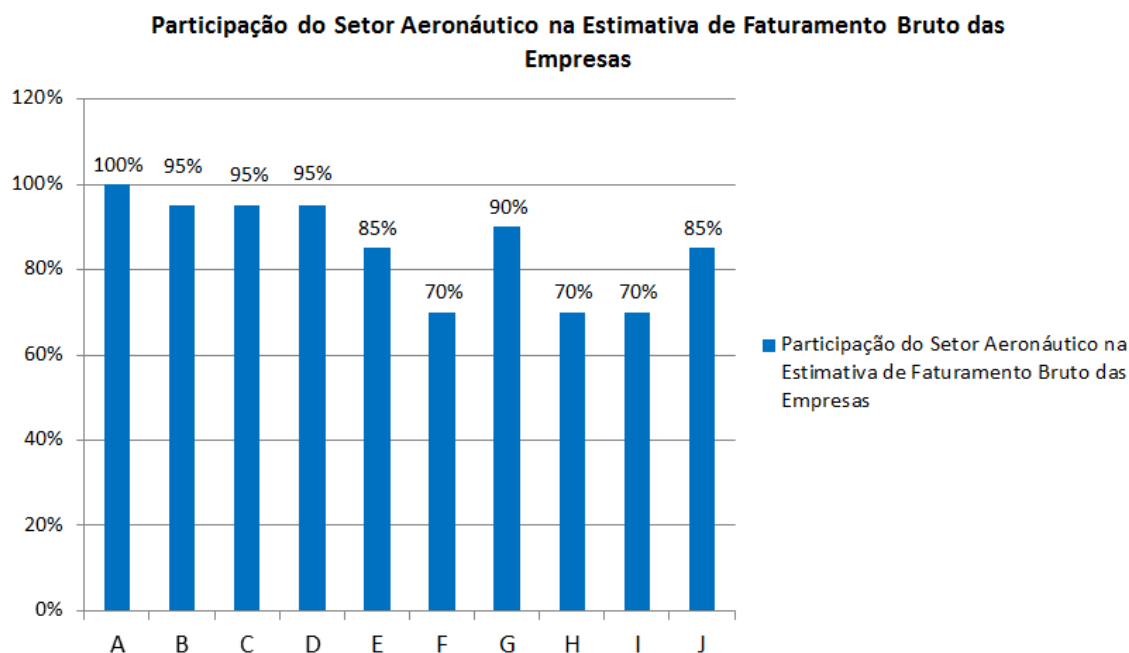


Gráfico 9.5 Participação do Setor Aeronáutico na Estimativa de Faturamento das Empresas, em porcentagem.
Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

Das empresas pesquisadas, apenas 3 possuem 70% do seu faturamento bruto advindo do setor aeronáutico (empresas F, H e I). Estas empresas possuem um maior grau de diversificação da sua produção, sobretudo para o mercado automobilístico e de ferramental. As demais empresas possuem acima de 80% do seu faturamento oriundo do setor aeronáutico. A EMBRAER é a principal cliente de todas as empresas pesquisadas. Várias empresas informaram que tendem a concentrar-se no mercado aeronáutico, porque as demais indústrias, como a automobilística, não é capaz de pagar pelo custo de uma empresa aeronáutica.

É apresentada abaixo a categorização do nível de complexidade tecnológica do processo de usinagem que é realizado pela empresa, a partir da análise das peças que são usinadas, buscando seguir um conceito bastante utilizado pela EMBRAER. Segundo tal conceito, as empresas de maior complexidade, são empresas que estão habilitadas a operar com uma grande quantidade de matéria-prima e assim usinam peças de maior complexidade tecnológica. As empresas de baixa complexidade operam com um volume reduzido de matéria-prima e assim usinam peças de menor complexidade tecnológica.

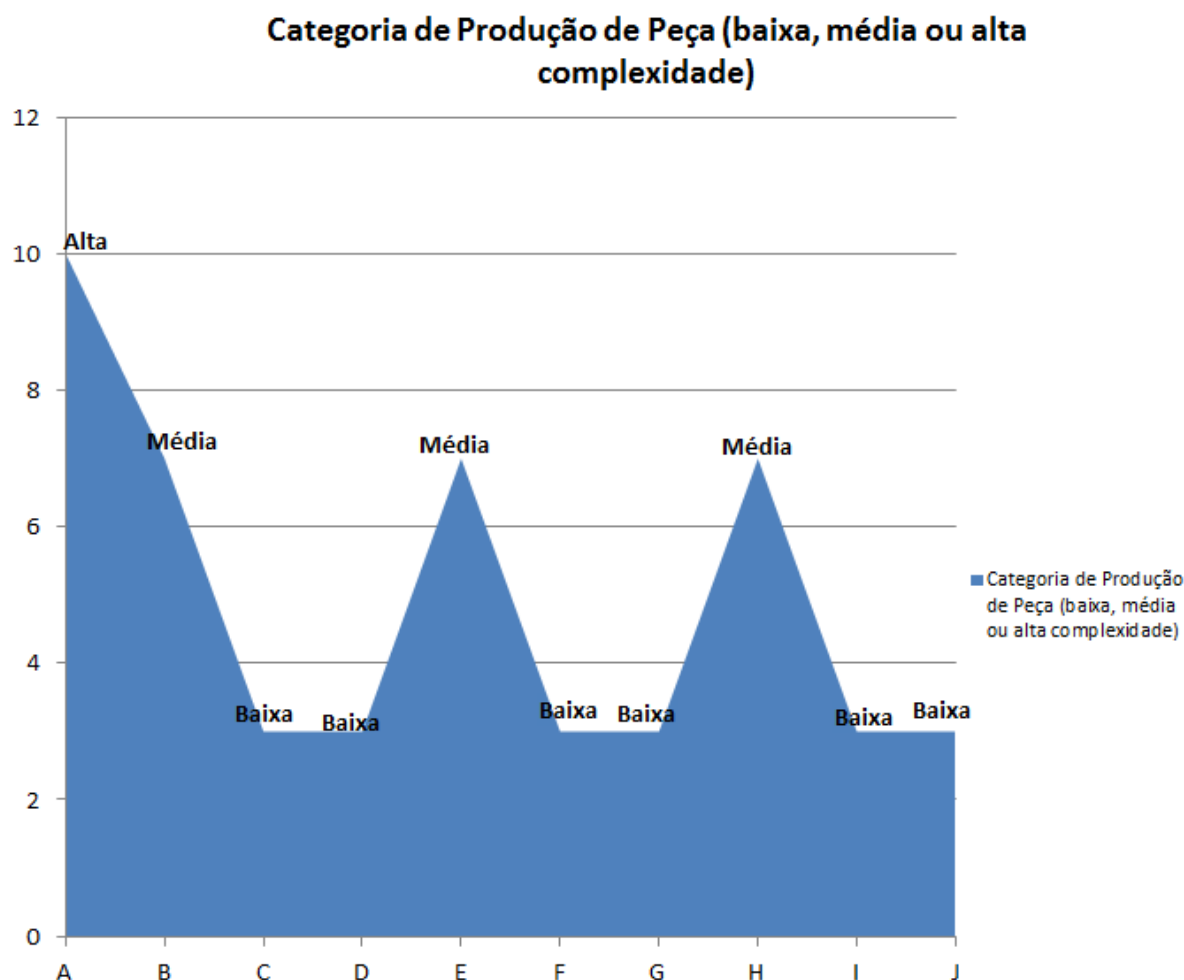


Gráfico 9.6 Categoria de Produção de Peça (baixa, média e alta complexidade).

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas e da pesquisa documental.

Somente a empresa A foi classificada na categoria de produção de alta complexidade. As empresas B, E e H foram classificadas na categoria de produção de média complexidade. As demais empresas foram classificadas na categoria de baixa complexidade, pois a maioria de suas peças usinadas compõem-se de peças muito simples, como buchas, pinos, ferragens, longarinas, etc, ou seja, peças que servem de conexão para estruturas maiores.

Nas próximas seções, são apresentados os resultados das empresas para cada função da Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas em gráfico em radar, para permitir uma comparação visual rápida entre as empresas. Os níveis de complexidade foram definidos segundo as notas que foram estabelecidas para as respostas do questionário. Para cada função foi construído um quadro sintético que resume os critérios estabelecidos para a categorização do nível de complexidade. As notas variam de 0,5 a 10,0 pontos e foram operacionalizadas segundo parâmetros intuitivos estabelecidos no questionário de acordo com o perfil das empresas estudadas. *A priori*, por exemplo, sabia-se que a empresa A e a empresa I não

poderiam fazer parte do mesmo grupo de empresas e isso norteou a criação dos critérios de cada função.

Também foi criada uma tabulação de níveis base, para algumas funções, o que facilitou a transposição dos conceitos em pontuação para o estabelecimento dos níveis de complexidade. O detalhamento dos elementos existentes em cada função para cada nível de complexidade tecnológica é encontrado na descrição da MAVITEC e do Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica apresentados no capítulo 8. Nos apêndices A, B, C, D, E, F, G, H, I são apresentados exemplos para a tabulação da pontuação final de cada função estudada. Nos apêndices J, L, M são apresentados partes dos questionários relevantes para a pontuação final.

9.2 Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas

A Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas buscou captar a existência de processos para a captação de conhecimento tecnológico novo, codificado e tácito, para a empresa, a partir de atividades externas com organizações mais maduras, de atividades internas para a resolução de problemas e de pesquisa e desenvolvimento, e da base de conhecimento interno obtido pela qualificação de seus recursos humanos. O quadro abaixo resume como foram agregadas as informações para a classificação do nível de complexidade. As empresas foram agrupadas a partir de seis níveis estabelecidos: nível 1, nível 2, nível 3, nível 4, nível 5 e nível 6. E depois reagrupadas segundo os níveis de complexidade da Matriz: Básico Nível 1, Básico Nível 2, Básico Nível 3, Pré-Intermediário, Intermediário e Avançado.

Tabela 9.2 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas

Níveis de Complexidade	Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas	Nota
Avançado	Nível 6: Alta aquisição de conhecimento codificado externo. Alta aquisição de conhecimento tácito externo. Recebe capital do exterior. Alta atividade interna para aquisição de conhecimento. Pesquisabaseada em conhecimento. Faz gestão do conhecimento. Mais de 10% dos funcionários são engenheiros.	10
Intermediário	Nível 5: Relação matriz-filial como parceria estratégica para aquisição de conhecimento externo codificado e tácito. Pesquisa baseada em conhecimento. Não faz gestão do conhecimento. Mais de 10% dos funcionários são engenheiros.	8
Pré-intermediário	Nível 4: Qualquer dos itens de aquisição de conhecimento: 2 Médios. Pesquisa baseada em conhecimento. Não recebe capital do exterior. Não faz gestão do conhecimento. Menos de 10% dos funcionários são engenheiros.	6
Básico nível 3	Nível 3: Qualquer dos itens de aquisição de conhecimento: 2 Médios. Pesquisa simples. Não recebe capital do exterior. Não faz gestão do conhecimento. Menos de 10% dos funcionários são engenheiros.	4
Básico nível 2	Nível 2: Qualquer dos itens aquisição de conhecimento: 1 Médio. Pesquisa simples. Não recebe capital do exterior. Não faz gestão do conhecimento. Menos de 10% dos funcionários são engenheiros.	2,5
Básico nível 1	Nível 1: Baixa aquisição de conhecimento codificado externo. Baixa aquisição de conhecimento tácito externo. Baixa atividade interna para aquisição de conhecimento. Pesquisa simples. Não recebe capital do exterior. Não faz gestão do conhecimento. Menos de 10% dos funcionários são engenheiros.	0,5

Fonte: Formulação própria a partir das entrevistas.

No gráfico em radar, observa-se que apenas uma empresa apresentou nota 7, se localizando em um ponto de transição entre o nível de complexidade Intermediário e o Pré-Intermediário. Três empresas apresentaram nota 2,5; no Básico Nível 2. E as restantes apresentaram a nota mínima 0,5; no nível de complexidade Básico Nível 1, demonstrando um baixo nível de aquisição de conhecimento externo e de atividades internas para aquisição e desenvolvimento desse conhecimento.

Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas

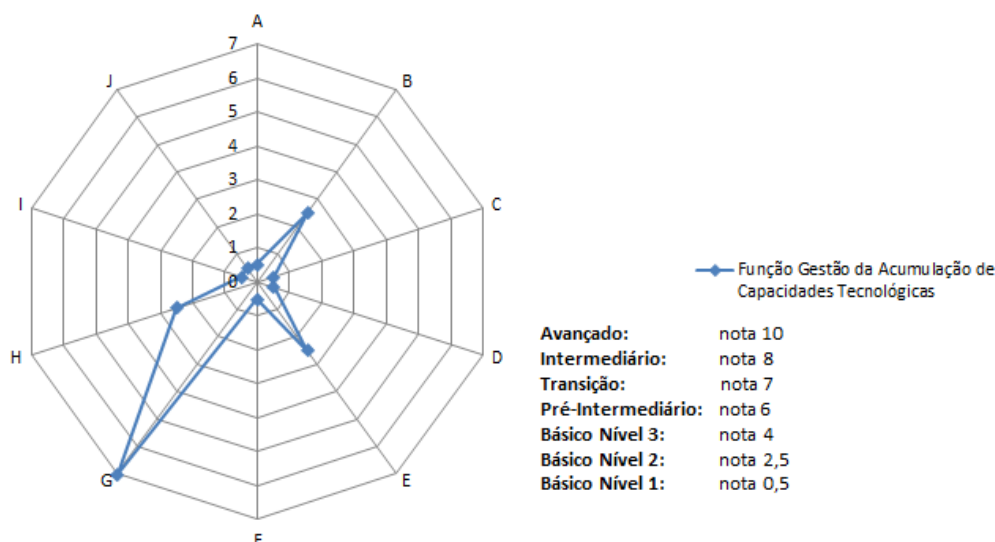


Gráfico 9.7 Gráfico em radar da Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas.

Fonte: Fonte: Formulação própria a partir das entrevistas.

9.3 Função Engenharia da Manufatura (Processos e Equipamentos)

A Função Gestão Engenharia da Manufatura busca captar o nível de complexidade tecnológica da empresa, em termos da complexidade das peças que são produzidas, do potencial de seu maquinário e da sua capacidade de desenvolver processos de usinagem inteiramente novos para a empresa e/ou para a indústria. O quadro abaixo resume como foram agregadas as informações para a classificação do nível de complexidade. As empresas foram diretamente agrupadas segundo os níveis de complexidade da Matriz: Básico Nível 1, Básico Nível 2, Básico Nível 3, Pré-Intermediário, Intermediário e Avançado.

Tabela 9.3 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Engenharia da Manufatura

Níveis de Complexidade	Função Engenharia da Manufatura	Nota
Avançado	Desenvolvimento de novos processos de usinagem de peças para o segmento de usinagem aeronáutica no Brasil. Usinagem de alta complexidade.	10
Intermediário	Desenvolvimento de novos processos (para a empresa) de usinagem de peças. 10 ou acima de 10 centros de usinagem de 5 eixos. 2 ou mais de 2 unidades de máquinas multitarefa. Usinagem de média e alta complexidade.	8
Pré-intermediário	Desenvolvimento de novos processos (para a empresa) de usinagem de peças. Centros de usinagem de 5 eixos. Usinagem de média complexidade.	6
Básico nível 3	Desenvolvimento de novos processos (para a empresa) de usinagem de peças. Até 5 centros de usinagem de 5 eixos. Usinagem de baixa complexidade.	4
Básico nível 2	Desenvolvimento de novos processos (para a empresa) de usinagem de peças. Centros de usinagem de 3 e 4 eixos. Usinagem de baixa complexidade.	2,5
Básico nível 1	Pequenas adaptações e aprimoramentos eventuais e sistemáticos nos processos de usinagem de peças. Centros de usinagem de 3 e 4 eixos. 1 centro de usinagem de 5 eixos. Usinagem de baixa complexidade.	0,5

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

Apenas uma empresa alcançou a nota 8, nível de complexidade Intermediário. Outra empresa apresentou a nota intermediária 7, sendo considerada em um ponto de transição entre o Pré-Intermediário e o Intermediário. Uma empresa apresentou a nota 6, Pré-Intermediário. Três empresas apresentaram nota 4, alcançando o nível de complexidade Básico Nível 3. Outras três empresas apresentaram nota 2,5; alcançando o nível de complexidade Básico Nível 2. Apenas uma empresa alcançou a nota mínima 0,5; pois não desenvolve processos novos.

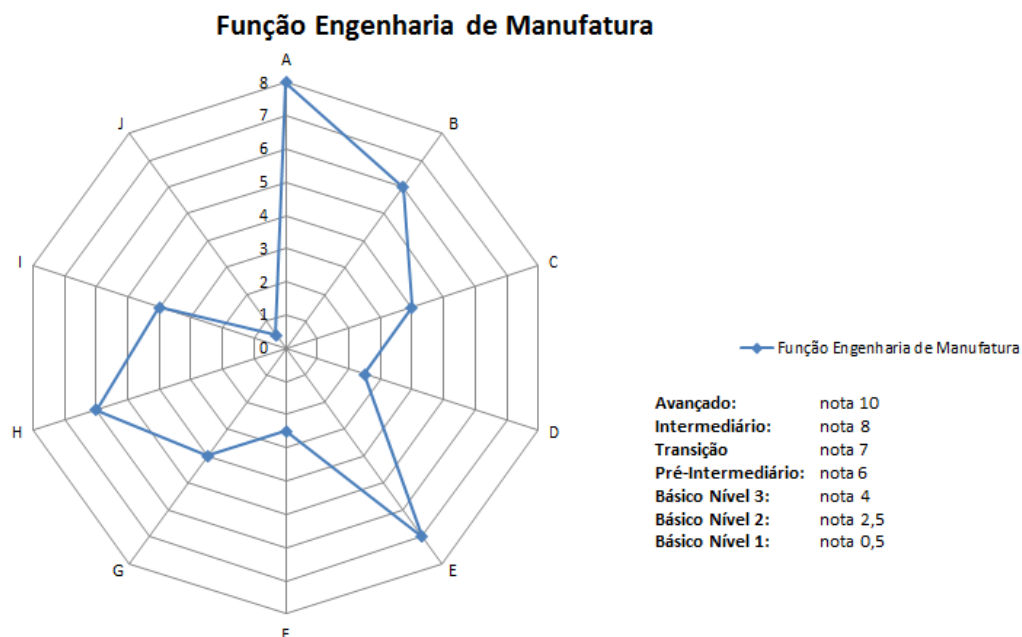


Gráfico 9.8 Gráfico em radar da Função Engenharia da Manufatura.
Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

9.4 Função Gestão da Produção

A Função Gestão da Produção busca captar a existência de processos de gestão maduros, sobretudo quanto à existência de um ERP (*Enterprise Resource Planning*) com um bom status de execução, ao uso contínuo de ferramentas *lean*, ao uso contínuo de ferramentas avançadas da qualidade, ao uso contínuo do mapeamento de fluxo de valor, entre outros pontos verificados no questionário. O quadro abaixo resume como foram agregadas as informações para a classificação do nível de complexidade. As empresas foram agrupadas a partir de seis níveis estabelecidos: nível 1, nível 2, nível 3, nível 4, nível 5 e nível 6. E depois reagrupadas segundo os níveis de complexidade da Matriz: Básico Nível 1, Básico Nível 2, Básico Nível 3, Pré-Intermediário, Intermediário e Avançado.

Tabela 9.4 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Gestão da Produção

Níveis de Complexidade	Função Gestão da Produção	Nota
Avançado	Nível 6: Mais de 50 mapeamentos de fluxo de valor realizados. Lean completo.	10
Intermediário	Nível 5: Mais de 50 mapeamentos de fluxo de valor realizados. Lean parcial.	8
Pré-intermediário	Nível 4: Mais de 30 mapeamentos de fluxo de valor realizados. Lean parcial.	6
Básico nível 3	Nível 3: ERP customizado status de execução de 4 a 5, equipe de TI na gestão do ERP, carregamento automático da lista de priorização do portal da EMBRAER, uso de ferramentas Lean acima de 14 (total 17), Lean parcial, uso de ferramentas avançadas da qualidade acima de 10 (total 13). Mais de 10 mapeamentos de fluxo de valor.	4
Básico nível 2	Nível 2: ERP customizado status de execução de 0 a 3, carregamento manual da lista de priorização do portal da EMBRAER, uso de ferramentas Lean de 8 a 13 (total 17), Lean parcial, uso de ferramentas avançadas da qualidade de 7 a 10 (total 13). Até 3	2,5
Básico nível 1	Nível 1: Planilhas isoladas, software próprio, sequenciador de atividades. Sem equipe dedicada à gestão do software. Uso de ferramentas Lean até 7 (total 17). Uso de ferramentas avançadas da qualidade até 6 (total 13). Até 1 mapeamento de fluxo de valor.	0,5

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

Apenas uma empresa alcançou a nota 8, no nível Intermediário, pois além de agregar o conteúdo do nível de complexidade Básico Nível 3, também realiza continuamente o mapeamento do fluxo de valor em todas as suas células. Foi a única empresa que já realizou mais de 50 vezes o mapeamento de fluxo de valor em suas operações. Nesta função, são encontrados vários valores intermediários de notas, pois cada item do questionário recebeu uma nota, e a nota final foi construída a partir da média aritmética simples destas notas obtidas. Seguem as notas, juntamente com a classificação de nível de complexidade:

Tabela 9.5 Pontuação das empresas pesquisadas para a Função Gestão da Produção

Empresas	Nível de complexidade da função: Avançada (10); Intermediária (8); Pré-Intermediário (6); Básico Nível 3 (4); Básico Nível 2 (2,5); Básico Nível 1 (0,5)	Função Gestão da Produção
A	Intermediário	8
B	Básico Nível 2 => Básico Nível 3: transição (menos de 1 ponto para o próximo nível)	3,36
C	Básico Nível 1 => Básico Nível 2: transição	1,86
D	Básico Nível 1 => Básico Nível 2: transição	1,64
E	Básico Nível 1	0,5
F	Básico Nível 2	2,5
G	Básico Nível 1	1,07
H	Básico Nível 2 => Básico Nível 3: transição (menos de 1 ponto para o próximo nível)	3,36
I	Básico Nível 1	0,5
J	Básico Nível 2 => básico nível 3: transição (menos de 1 ponto para o próximo nível)	3,07

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

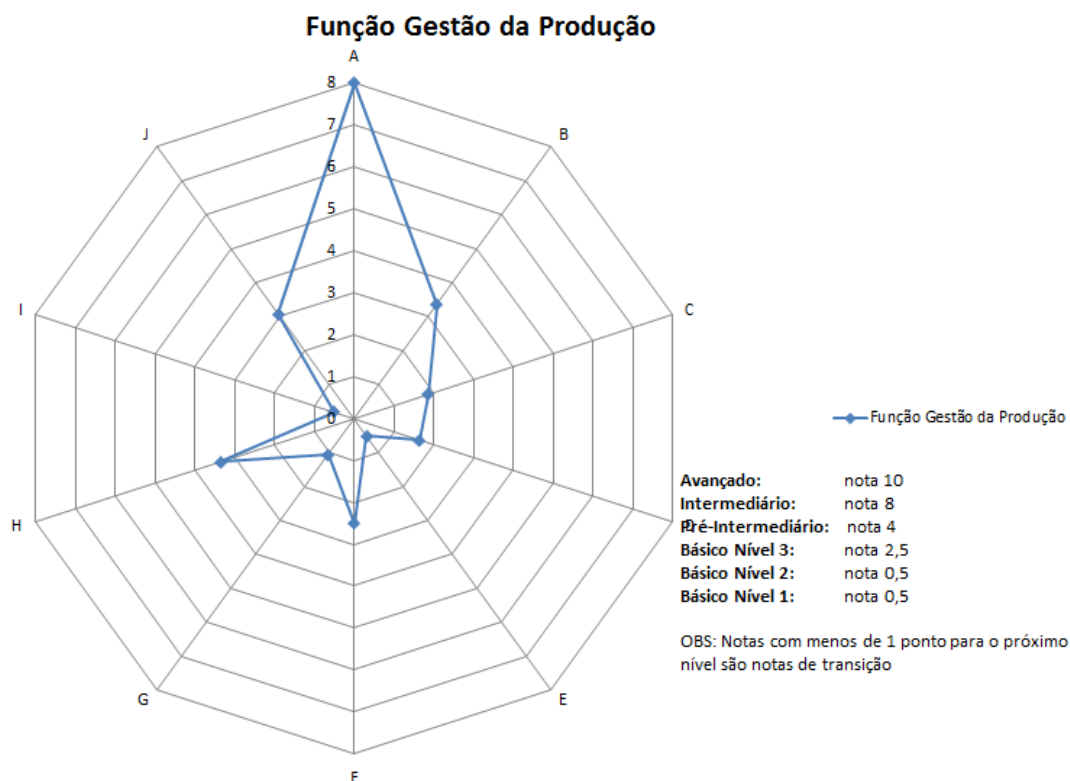


Gráfico 9.9 Gráfico em radar da Função Gestão da Produção.
Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

9.5 Função Gestão de Projetos

A Função Gestão de Projetos busca captar a existência de uma estrutura de gerenciamento de projetos dentro da empresa, a partir da identificação dos processos de gestão de projetos existentes na empresa e da quantidade de pessoal alocado para a função, bem como seu nível de qualificação formal. O quadro abaixo resume como foram agregadas as informações para a classificação do nível de complexidade. As empresas foram agrupadas a partir de cinco níveis estabelecidos: nível 1, nível 2, nível 3, nível 4 e nível 5. E depois reagrupadas segundo os níveis de complexidade da Matriz: Básico Nível 1, Básico Nível 2, Básico Nível 3, Pré-Intermediário, Intermediário e Avançado.

Tabela 9.6 Critérios estabelecidos para a pontuação da Função Gestão de Projetos

Níveis de Complexidade	Função Gestão de Projetos	Nota
Avançado	Nível 5: Melhoramento contínuo, empresa madura, prática de transferência de conhecimento entre seus projetos através das lições aprendidas.	10
Intermediário	Nível 4: Benchmarking, melhora do desempenho a partir da comparação com melhores práticas.	8
Pré-intermediário	Nível 3: Metodologia singular, processos integrados, treinamento contínuo, presença marcante do gerente de projetos.	6
Básico nível 3	Nível 2: Processos comuns, uso de algumas técnicas referente a escopo, custo, prazo, retorno de investimentos. Há a função gerente de projetos.	4
Básico nível 2	Nível 1: Linguagem comum, uso esporádico. Não há a função gerente de projetos.	0,5
Básico nível 1	Nível 1: Linguagem comum, uso esporádico. Não há a função gerente de projetos.	0,5

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

No gráfico em radar, é possível visualizar que apenas duas empresas alcançaram o nível pré-intermediário, nota 6, pois possuem uma metodologia singular para gestão de projetos. Outra empresa apresentou nota 4 e alcançou o Básico Nível 3, o que demonstra que a empresa possui uma estrutura preliminar de gestão de projetos. No caso da empresa em questão, existe um setor de coordenação de projetos e de P&D que já a diferencia das demais, existe um engenheiro mestre nesta coordenação que trouxe uma linguagem mais técnica para projetos e a necessidade de estruturação de processos de gestão de projetos para dentro da organização. Este setor é responsável por gerenciar projetos que envolvem conhecimentos novos para a empresa, e que estão fora das atividades de rotina. As demais empresas estão no nível apenas da linguagem comum e não possuem processos de gestão de projetos instituídos, embora estejam aptas a gerenciar projetos isolados a partir da indicação de um responsável do projeto. No caso da proposição de projetos para órgão de fomento, como a FINEP, uma das entrevistadas contratou um escritório especializado neste tipo de projeto. Vale ressaltar que ainda neste nível de linguagem comum foi encontrada uma empresa que se destacou das demais em função de ter realizado um projeto em parceria com a Embraer.

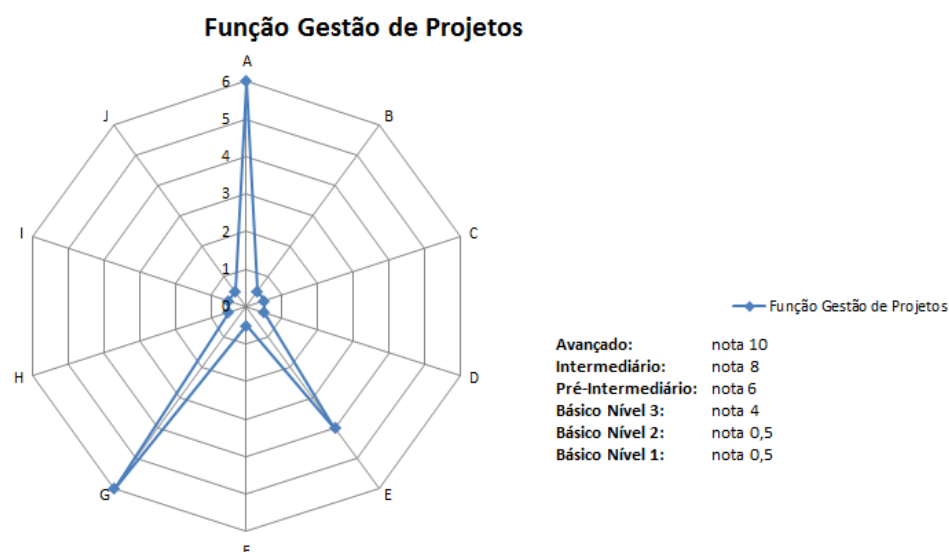


Gráfico 9.10 Gráfico em radar da Função Gestão de Projetos.
Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

9.6 Função da Cadeia de Suprimentos

A Função Gestão da Cadeia de Suprimentos busca captar a existência de uma estrutura de gestão da rede de suprimentos que dá suporte à empresa. No entanto, por tratar-se de pequenas e médias empresas, sabe-se que não existem eventos na mesma dimensão que preconizam a literatura, a qual geralmente trata de grandes empresas com vários fornecedores em diferentes níveis (camadas). A realidade das pequenas e médias, analisadas nesta pesquisa, é muito diferente. Chamou bastante atenção o interesse dessas empresas em dominar as operações relacionadas aos processos especiais que fazem parte da produção da peça usinada. Assim, percebe-se uma tendência à verticalização desses processos para aumentar a competitividade e a confiabilidade dos serviços prestados. A Embraer está aumentando a cobrança em relação à certificação de processos especiais, por meio da certificação NADCAP, e já estabeleceu critérios para que as empresas somente utilizem processos certificados. Esse tipo de certificação habilita a empresa a acessar mercados internacionais. Nesse sentido, as empresas estão mobilizando-se para buscar a certificação NADCAP.

Por Gestão da Cadeia de Suprimentos entende-se que uma empresa pode colocar-se à frente dos demais concorrentes no mercado, reduzindo custos operacionais, aproximando-se dos fornecedores para a busca de melhorias na qualidade dos serviços prestados e reduzindo o conflito de informações ao longo da cadeia. Tem como foco o aumento da lucratividade e a excelência nas operações, por intermédio da gestão dos elementos (empresas) que colaboram

(agregam valor) no atendimento do cliente final, independente desses elementos estarem a montante ou a jusante da empresa. Uma empresa de usinagem que possui processos especiais verticalizados e certificação NADCAP possui uma boa gestão da cadeia de suprimentos, pois, a montante, gerencia a compra de materiais com processos bem integrados com seus fornecedores, e a jusante, pode-se dizer que tem uma boa integração dos seus processos industriais e comerciais com a Embraer, de modo a atender os requisitos do produto que agregam valor ao cliente. A certificação NADCAP envolve um relacionamento mais próximo com a Embraer na medida em que requisitos mais sofisticados do ponto de vista tecnológico devem ser atendidos.

O quadro abaixo resume como foram agregadas as informações para a classificação do nível de complexidade dessa função.

Tabela 9.7 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Gestão da Cadeia de Suprimentos

Níveis de Complexidade	Função Gestão da Cadeia de Suprimentos	Nota
Avançado	Nível 3: Processos estruturados de gestão, há gerente dedicado. Possui planta de processos especiais, com NADCAP.	10
Intermediário	Nível 3: Processos estruturados de gestão, há gerente dedicado. Possui planta de processos especiais, sem NADCAP.	8
Pré-intermediário	Nível 2: Processos básicos de gestão mais aprofundados e detalhados, não há gerente dedicado. Capacidade gerencial para compra de matéria-prima.	6
Básico nível 3	Nível 2: Processos básicos de gestão mais aprofundados e detalhados, não há gerente dedicado.	4
Básico nível 2	Nível 2: Processos básicos de gestão, não há gerente dedicado.	2,5
Básico nível 1	Nível 1: Planilha de cadastro com informações básicas, não há gerente dedicado.	0,5

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

As empresas foram agrupadas a partir de três níveis estabelecidos – nível 1, nível 2 e nível 3 –, que depois foram reagrupados segundo os níveis de complexidade da Matriz: Básico Nível 1, Básico Nível 2, Básico Nível 3, Pré-Intermediário, Intermediário e Avançado. No nível 1, não existem processos estruturados de gestão da rede de fornecedores, a empresa seleciona fornecedores com base na lista de fornecedores homologados pela Embraer e acompanha elementos chaves, como custo e prazo. Não há um gerente dedicado à função, assim o controle ocorre por meio de uma planilha de cadastro de fornecedores. No nível 2,

existem processos básicos de gestão, e a empresa interfere *in loco* no fornecedor para trabalhar algum aspecto crítico. Também não há um gerente dedicado à função. O acompanhamento dos fornecedores é realizado por meio de métricas de prazo, qualidade, custo, certificações, auditorias realizadas pela própria empresa no fornecedor, etc. A empresa, no nível 2, vai acumulando capacidades até que se torne apta para a capacidade gerencial de compra direta de matéria-prima, o que a eleva, em termos da categorização, do Nível Básico 3 para o nível Pré-Intermediário.⁸⁰

No nível 3, existem processos estruturados de gestão, a empresa está empenhada em atuar conjuntamente com seus fornecedores para redução de custos e aumento da qualidade. Há um gerente dedicado à função e uma gestão sistemática dos fornecedores com foco em processos, qualidade, performance e custo. Existe ainda uma pressão sobre os fornecedores para que possuam processos certificados de qualidade e de processos especiais. Se a empresa possui algum tipo de processo especial, ela deve estar empenhada em certificar-se com a NADCAP. A empresa ainda possui capacidade gerencial para compra direta de matéria-prima.

Nas entrevistas, verificou-se que várias empresas possuem interesse em internalizar a planta de processos especiais, de modo que se pode ressaltar uma tendência à verticalização dos processos especiais em empresas de usinagem de peças aeronáuticas.

⁸⁰ O nível 2 foi fixado, na tabela de critérios, no Básico Nível 2, Básico Nível 3 e Pré-Intermediário. A diferenciação entre os níveis ocorre por meio do grau de profundidade com o que os processos básicos de gestão são estabelecidos, processos mais aprofundados e detalhados são verificados na medida em que a organização vai evoluindo. A empresa no nível Pré-Intermediário possui processos básicos de gestão mais definidos do que as empresas do Básico Nível 2 e 3, por isso a nota também é crescente.

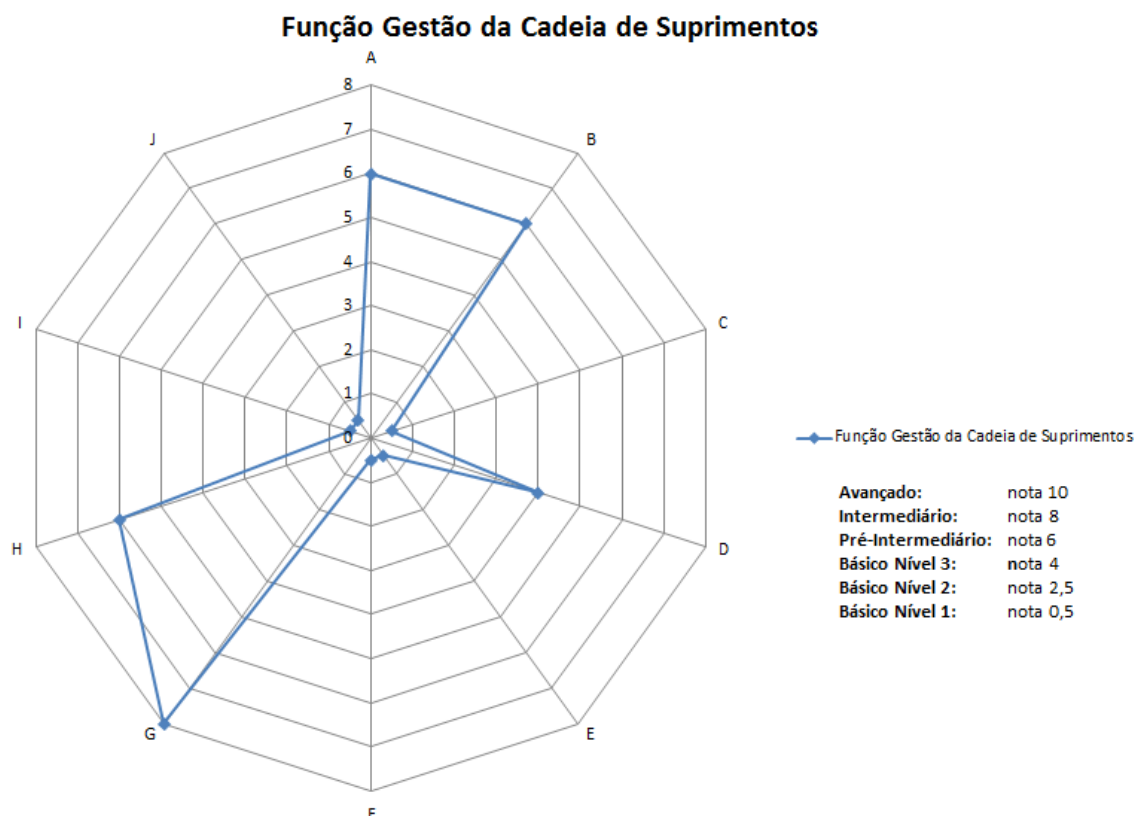


Gráfico 9.11 Gráfico em radar para Função Gestão da Cadeia de Suprimentos.
Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

No gráfico em radar, é possível visualizar que apenas uma empresa alcançou o nível de complexidade Intermediário, nota 8. Isso significa que ela possui uma estrutura de operações de processos especiais bastante madura, embora sem certificação NADCAP até o momento desta pesquisa. A empresa também não possui uma estrutura de gestão de cadeia de suprimentos como preconiza a literatura. No entanto, ao conseguir realizar internamente processos que seriam feitos fora, a empresa diferencia-se enormemente das demais que desejam internalizá-los. A empresa ainda conta com uma estrutura externa para compra de matéria-prima, pois atualmente foi vendida a um grupo no exterior, o que facilita o seu acesso ao mercado internacional e a diversificação da sua rede de produtos, que é reforçada pela existência de uma equipe de engenharia de produto. Por tais motivos, tal empresa alcançou a nota máxima entre as demais.

Cinco empresas foram classificadas como Básico Nível 1, o que significa que elas não possuem processos de gestão de fornecedores estruturados e também não possuem os processos especiais listados estabelecidos em sua planta. Uma empresa foi classificada como Básico Nível 3, e outras três foram classificadas como nível de complexidade Pré-Intermediário, pois possuem capacidade gerencial para compra de matéria-prima.

9.7 Função Gestão da Inovação

A Função Gestão da Inovação busca captar a existência de uma estrutura de gestão da inovação que dá suporte ao desenvolvimento de novos produtos e novos processos dentro da empresa. O quadro abaixo resume como foram agregadas as informações para a classificação do nível de complexidade. As empresas foram agrupadas a partir de cinco níveis estabelecidos: nível 1, nível 2, nível 3, nível 4 e nível 5. Depois reagrupadas segundo os níveis de complexidade da Matriz: Básico Nível 1, Básico Nível 2, Básico Nível 3, Pré-Intermediário, Intermediário e Avançado.

Tabela 9.8 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Gestão da Inovação

Níveis de Complexidade	Função Gestão da Inovação	Nota
Avançado	Nível 5: Estrutura de P&D, presença da função gerente de inovação, times de inovação, envolvimento de toda a organização. Projetos de P&D e de inovação. Ferramentas de inovação: discussões, fóruns, seminários, salas de inovação.	10
Intermediário	Nível 4: Equipe de engenharia e laboratório de P&D.	8
Pré-intermediário	Nível 3: Estrutura formal de busca e avaliação de inovação: Programa Boas Ideias, Comitê de Inovação, reuniões regulares da diretoria e líderes, laboratório para experimentos, escritório de projetos.	4
Básico nível 3	Nível 2: Equipe de melhoria contínua trabalhando inovação em processos para melhoria da eficiência.	2,5
Básico nível 2	Nível 1: Entende a importância do assunto, mas não há processos de gestão da inovação.	0,5
Básico nível 1	Nível 1: Entende a importância do assunto, mas não há processos de gestão da inovação.	0,5

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

No gráfico em radar, é possível visualizar que apenas uma empresa alcançou o nível de complexidade Intermediário, nota 8, o que significa que esta empresa possui uma estrutura de engenharia e de laboratório de P&D para buscar inovações em produto. Outras duas empresas apresentaram nota 4, pois possuem uma estrutura básica de busca e de seleção de ideias de inovação. As demais empresas foram classificadas como Básico Nível 3, pois não apresentaram processos estruturado para a gestão da inovação, mas apresentam uma estrutura de melhoria contínua bem sedimentada dentro da empresa que persegue por melhorias nos processos continuamente.

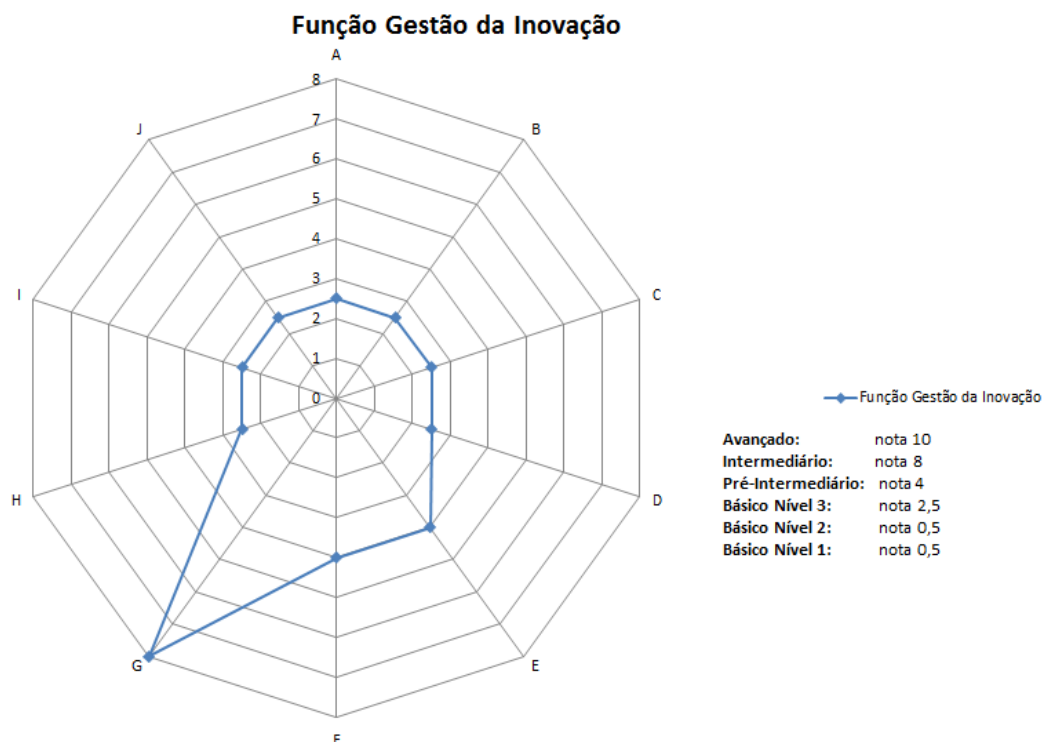


Gráfico 9.12 Gráfico em radar da Função Gestão da Inovação.
Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

9.8 Função Desenvolvimento de Produto

A Função Desenvolvimento de Produto busca captar a existência de uma estrutura de desenvolvimento de novos produtos e as formas pelos quais a empresa habilita-se para acessar outros mercados. O quadro abaixo resume como foram agregadas as informações para a classificação do nível de complexidade. As empresas foram agrupadas a partir de cinco níveis estabelecidos: nível 1, nível 2, nível 3, nível 4 e nível 5. E depois reagrupadas segundo os níveis de complexidade da Matriz: Básico Nível 1, Básico Nível 2, Básico Nível 3, Pré-Intermediário, Intermediário e Avançado. As empresas categorizadas no Pré-intermediário diferenciam-se das empresas categorizadas no Básico Nível 3 por apresentar potencial de acessar um número maior de indústrias, por isso a nota é crescente, embora tenha sido fixado o nível 3.

Tabela 9.9 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Desenvolvimento de Produto

Níveis de Complexidade	Função Desenvolvimento de Produto	Nota
Avançado	Nível 5: Possui engenharia para desenvolvimento de produto. Desenvolve produtos próprios para acessar novos mercados, como a área de saúde.	10
Intermediário	Nível 4: Possui engenharia para desenvolvimento de produto. Tem condições de acessar outras indústrias sem especificação prévia.	8
Pré-intermediário	Nível 3: Não possui engenharia para desenvolvimento de produto. Tem condições de acessar outras indústrias com engenharia reversa e requisitos do produto.	6
Básico nível 3	Nível 3: Não possui engenharia para desenvolvimento de produto. Tem condições de acessar outras indústrias com engenharia reversa e requisitos do produto.	4
Básico nível 2	Nível 2: Não possui engenharia para desenvolvimento de produto. Tem condições de acessar outras indústrias com especificação do cliente.	2,5
Básico nível 1	Nível 1: Não possui engenharia para desenvolvimento de produto. Não tem condições de acessar outras indústrias.	0,5

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

No gráfico em radar, é possível visualizar que apenas uma empresa alcançou o nível de complexidade Intermediário, nota 8, o que significa que esta empresa possui uma estrutura de engenharia e de laboratório de P&D para buscar inovações em produto. Outras duas empresas apresentaram nota 4, pois tem condições de acessar outras indústrias partir da engenharia reversa e dos requisitos do cliente. As restantes foram classificadas como Básico Nível 2, pois acessam outros mercados a partir da especificação do cliente. Vale ressaltar que uma dessas empresas está compondo um Plano de Desenvolvimento de Produtos, que pode abrir novos mercados para a empresa, o que pode vir a diferenciá-la das demais empresas no futuro.

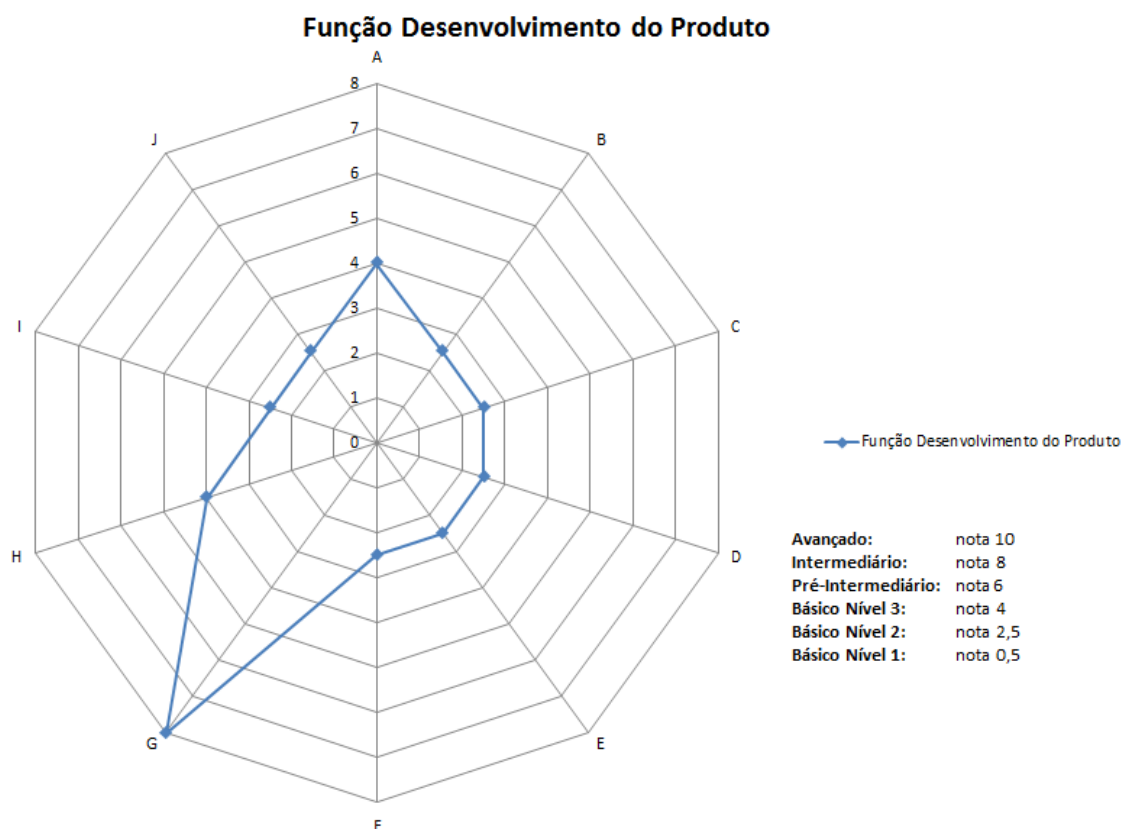


Gráfico 9.13 Gráfico em radar para a Função Desenvolvimento de Produto.
Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

9.9 Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados

A Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados busca captar a existência de uma estrutura para a busca sistemática de novos mercados e novas oportunidades dentro e fora do Brasil, na indústria aeronáutica ou em outras indústrias. Foram encontradas oportunidades para as empresas de usinagem aeronáutica na indústria de gás e petróleo, ferramental, aerogeradores, termogeradores, indústria farmacêutica, ferroviário, componentes de submarinos, indústria automobilística, motocicletas, ônibus e caminhões, bem como em outras empresas do setor aeronáutico, além da EMBRAER, no Brasil e no exterior. Não foram levantados os critérios específicos para acesso a cada indústria e mercado, apenas foram listados as indústrias e os mercados informados pelas empresas.⁸¹

O quadro abaixo resume como foram agregadas as informações para a classificação do nível de complexidade. As empresas foram agrupadas a partir de quatro níveis estabelecidos: nível 1, nível 2, nível 3, nível 4 e nível 5. E depois reagrupadas segundo os níveis de

⁸¹ Não fazia parte do escopo da Tese e demandaria um esforço de pesquisa extra.

complexidade da Matriz: Básico Nível 1, Básico Nível 2, Básico Nível 3, Pré-Intermediário, Intermediário e Avançado.

Tabela 9.10 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados

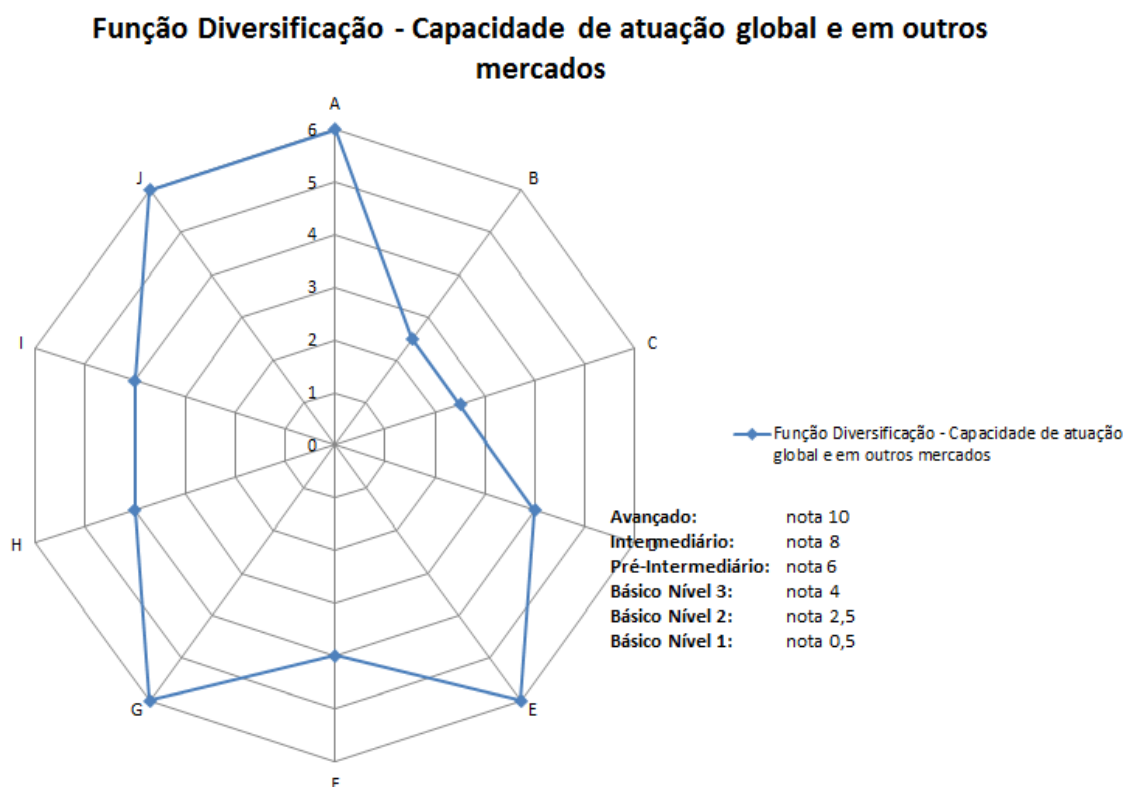
Níveis de Complexidade	Função Diversificação - Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados	Nota
Avançado	Nível 5: Exporta 30% da sua produção. Possui departamento dedicado à busca de novos mercados.	10
Intermediário	Nível 4: Exporta mais de 5% da sua produção aeronáutica. Possui uma pessoa dedicada à busca de novos mercados.	8
Pré-intermediário	Nível 4: Exporta até 5% da sua produção aeronáutica. Possui uma pessoa dedicada à busca de novos mercados.	6
Básico nível 3	Nível 3: 70 % da produção para a indústria aeronáutica. 30 % para outros mercados nacionais (óleo e gás, automobilístico, ferramental, etc) .75% da produção aeronáutica para a EMBRAER, 25% para outras empresas aeronáuticas localizadas no Brasil.	4
Básico nível 2	Nível 2: 95 % da produção para a indústria aeronáutica brasileira. 95% da produção aeronáutica para a EMBRAER. 5 % para outros mercados nacionais (petróleo e gás, por exemplo). Não possui pessoal dedicado à busca de novos mercados.	2,5
Básico nível 1	Nível 1: 100 % da produção para a indústria aeronáutica brasileira. 100% da produção para a EMBRAER. Não possui pessoal dedicado à busca de novos mercados.	0,5

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

Quatro empresas alcançaram a nota 6, no nível de complexidade Pré-Intermediário, pois são empresas que estão iniciando suas exportações e possuem uma pessoa dedicada à busca de novas oportunidades. Outras quatro empresas alcançaram a nota 4, no nível de complexidade Básico Nível 3, pois possuem uma diversificação para outras indústrias no Brasil de cerca de 30% da sua produção total e/ou ainda fornecem para outras empresas além

da EMBRAER. E duas empresas alcançaram a nota 2, nível de complexidade Básico Nível 2, pois cerca de 95% da sua produção destina-se à indústria aeronáutica brasileira e à Embraer.

Gráfico 9.14 Gráfico em radar para a Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados



Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

9.10 Networks Formais de Desenvolvimento

A Função Networks Formais de Desenvolvimento busca captar a existência de contratos formais de atividades de desenvolvimento de novos processos e/ou novos produtos com organizações que se encontram em níveis de complexidades mais elevados em relação à empresa, e que possam agregar algum conhecimento novo capaz de gerar vantagem competitiva à empresa. Nas relações informais, buscou-se investigar se há algum tipo de contato, mesmo que eventual, com organizações de nível de complexidade tecnológica superior à empresa. Nas relações formais, buscou-se captar a existência de atividades específicas com organizações de nível de complexidade tecnológica superior, que incluam o desenvolvimento de conhecimento novo para empresa.

O quadro abaixo resume como foram agregadas as informações para a classificação do nível de complexidade. As empresas foram agrupadas a partir de seis níveis estabelecidos:

nível 1, nível 2, nível 3, nível 4, nível 5 e nível 6. E depois reagrupadas segundo os níveis de complexidade da Matriz: Básico Nível 1, Básico Nível 2, Básico Nível 3, Pré-Intermediário, Intermediário e Avançado.

Tabela 9.11 Critérios para o estabelecimento da pontuação da Função Networks Formais de Desenvolvimento

Níveis de Complexidade	Função Networks Formais de Desenvolvimento	Nota
Avançado	Nível 6: Possui parcerias formais com empresas.	10
Intermediário	Nível 5: Possui parcerias formais com universidades.	8
Pré-intermediário	Nível 4: Não possui parcerias formais com empresas e universidades, mas possui parcerias informais com empresas.	6
Básico nível 3	Nível 3: Não possui parcerias formais com empresas e universidades, mas possui parcerias informais com universidades.	4
Básico nível 2	Nível 2: Possui parcerias informais com empresas para adaptação de operações com novos equipamentos.	2,5
Básico nível 1	Nível 1: Não possui parcerias formais e informais com empresas e universidades.	0,5

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

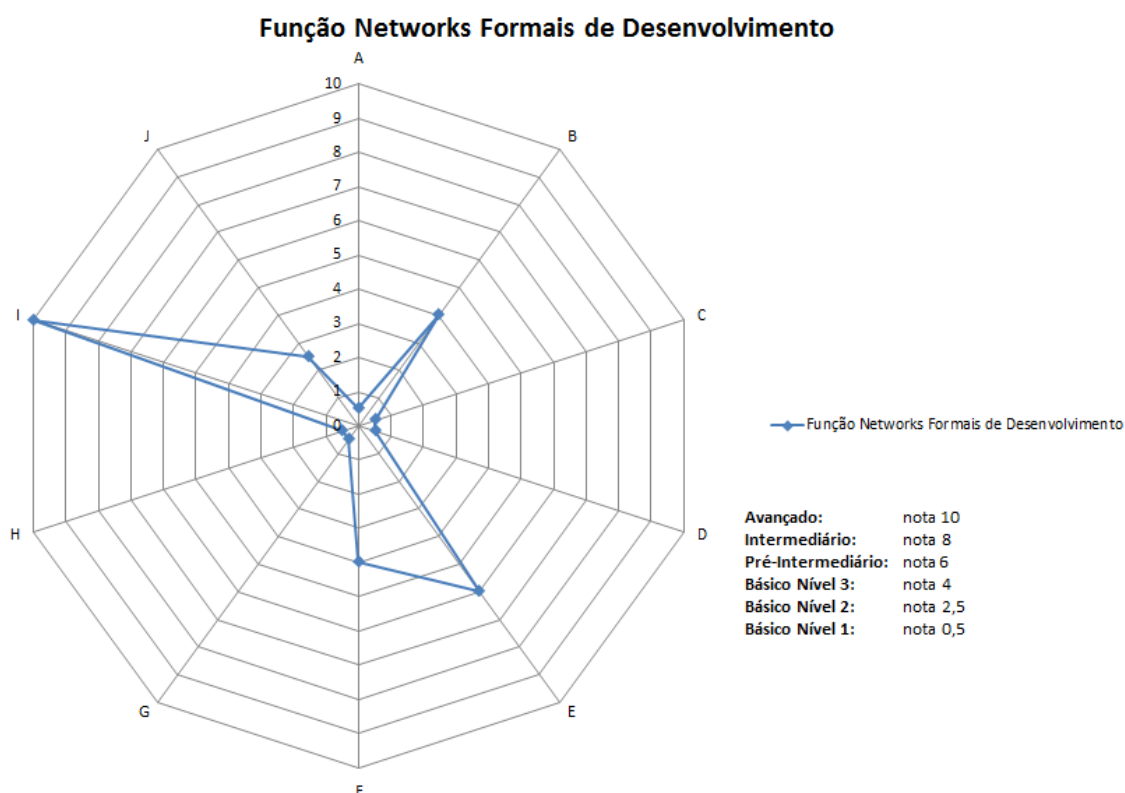


Gráfico 9.15 Gráfico em radar para a Função Networks Formais de Desenvolvimento.

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

Uma empresa apresentou a nota máxima, nota 10, e alcançou o nível avançado para esta função, pois conseguiu com sucesso estabelecer uma parceria formal de desenvolvimento com a EMBRAER. Duas outras empresas alcançaram a nota 4, nível de complexidade Básico Nível 3, porque em algum momento participaram de atividades com universidades de excelência em manufatura, como USP, UNICAMP e ITA, mesmo que ainda não tenha gerado algum resultado concreto para empresa, é um canal de conhecimento aberto com contatos estabelecidos.

Uma empresa apresentou nota 6, alcançando o nível Pré-Intermediário, porque possui uma carta de intenções para composição de parcerias com outras empresas, o que supre à falta de um departamento de engenharia de produto na própria empresa. Também ainda não gerou nenhum resultado concreto, mas os esforços para estabelecer a parceria já foram feitos e abrem oportunidades futuras para as empresas envolvidas. Outra empresa apresentou nota 2,5; alcançando o nível de complexidade Básico Nível 2, pois é prática comum para ela relacionar-se com outras empresas que já desenvolveram maturidade no uso de equipamentos mais avançados para a realidade dela. Em contrapartida, ela colabora com outras empresas em relação à gestão do ERP, pois apresenta boa maturidade neste item.

As demais empresas alcançaram nota mínima, nota 0,5; nível de complexidade Básico Nível 1, pois não relataram nenhum tipo de parceria com outras organizações, nem mesmo informais.

9.11 Apresentação Detalhada do Perfil de Capacidades Tecnológicas Acumuladas pelas Empresas Entrevistadas

Os gráficos e tabelas que seguem abaixo apresentam um comparativo geral da pontuação das funções analisadas, por empresas; a média aritmética simples dos valores das funções, como uma primeira aproximação do nível de complexidade tecnológica da empresa; bem como o perfil estático completo do nível de acumulação de capacidades tecnológicas individualizado, para cada empresa, para o ano de 2015 e/ou 2016 (anos em que foram realizadas as entrevistas).

Os resultados sugerem que as empresas apresentaram um processo de acumulação de capacidades tecnológicas truncada, ou seja, as empresas deveriam acumular capacidades tecnológicas ao longo de todas as funções de modo a situarem-se em um único nível de complexidade tecnológica. No entanto, os resultados mostraram que há a descontinuidade

desta acumulação ao longo de todas as funções estudadas. De acordo com Figueiredo (2010) esta é uma característica do processo de acumulação de capacidades tecnológicas de empresas de países de industrialização tardia, como o Brasil.

O que se percebe, na verdade, é a heterogeneidade⁸² das capacidades nas empresas, o que impacta negativamente o potencial de crescimento da empresa. Essa heterogeneidade deveria ter certa lógica. As empresas deveriam começar com funções mais diretamente ligadas às rotinas produtivas para avançar para capacidades mais complexas, como as de gestão da inovação ou de relacionamento de cooperação. Entretanto, não é isso que se observa.

⁸² Heterogeneidade: característica do que é heterogêneo, sem uniformidade, coerência e/ou correspondência. É sinônimo de diversidade. (Dicionário Online de Português, <https://www.dicio.com.br/heterogeneidade/> acesso 01/11/2016)

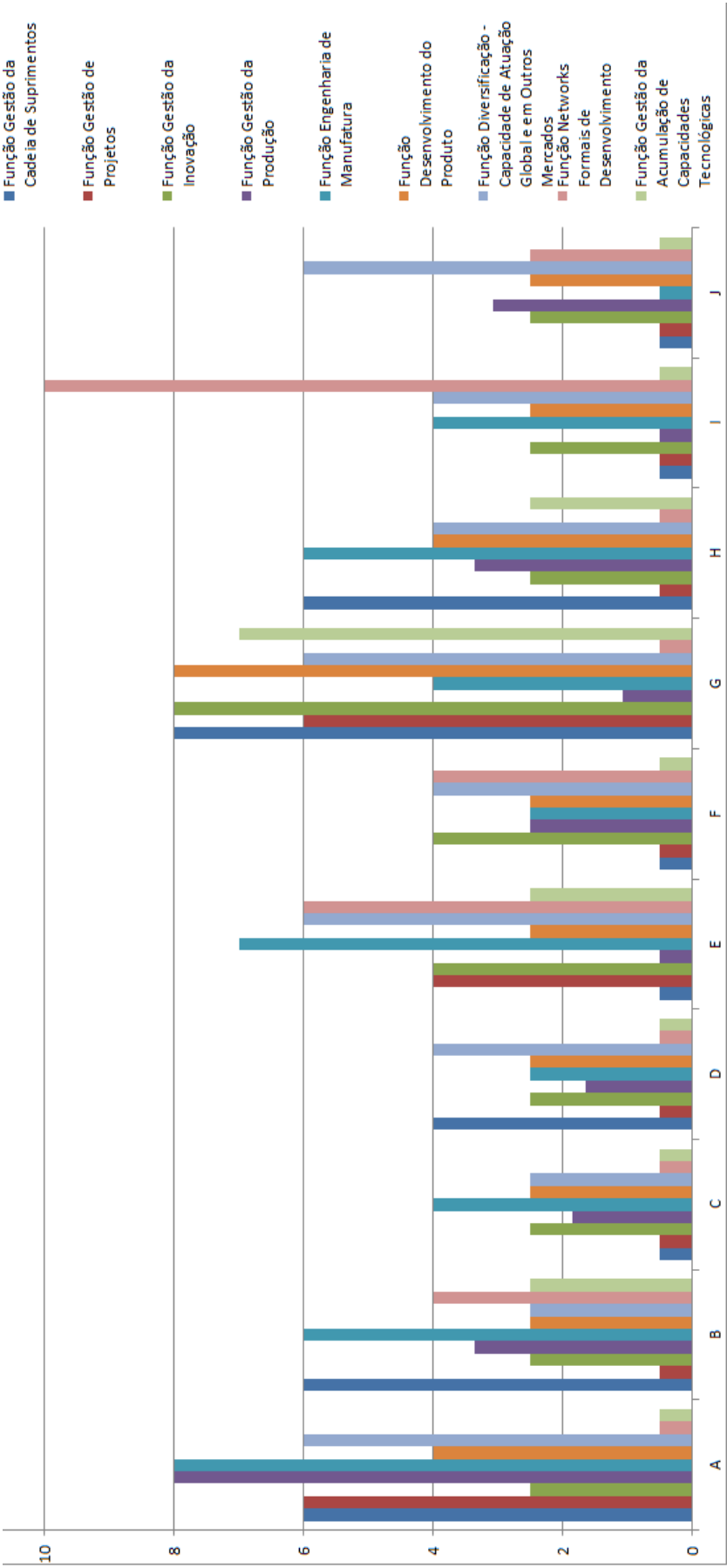


Gráfico 9.16 Comparação geral da pontuação das funções analisadas, por empresas.
Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

A seguir, é apresentada a média aritmética simples dos valores das funções analisadas, como uma primeira aproximação do nível de complexidade tecnológica da empresa.

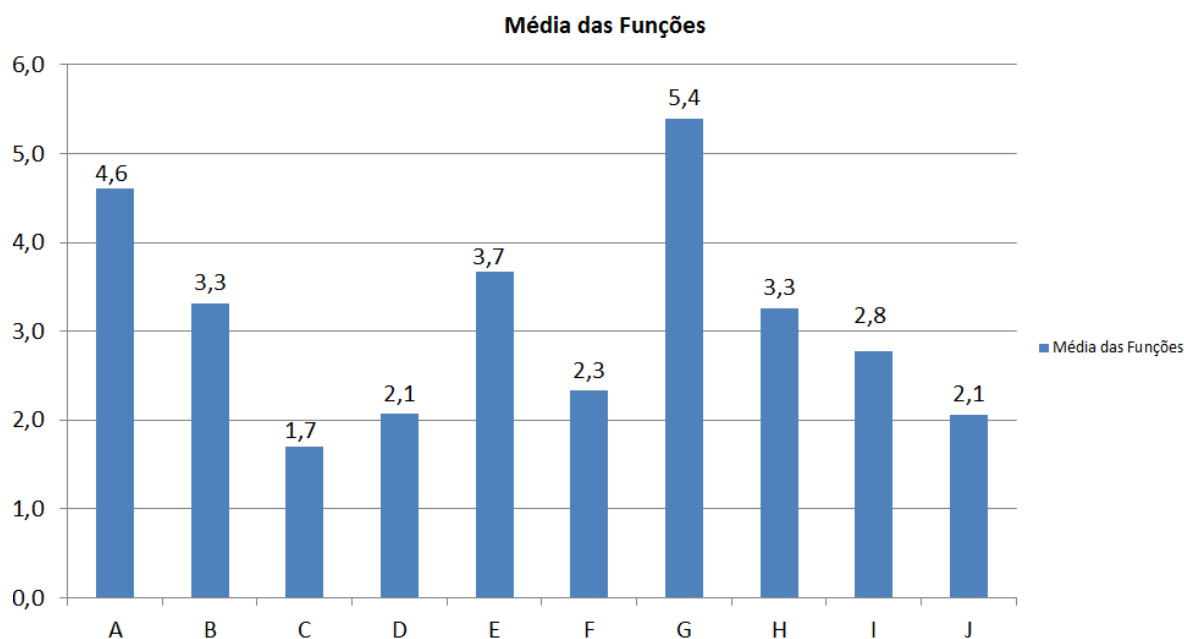


Gráfico 9.17 Pontuação média das funções analisadas, por empresas.
Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

As empresas A, B, E e H foram categorizadas com o nível de complexidade tecnológica Básico Nível 3. As empresas C, D, F, I e J foram categorizadas como Básico Nível 2. A empresa G foi a única empresa categorizada com o nível de complexidade tecnológica Pré-Intermediário.

Empresa	Função										Nível Médio de Complexidade Tecnológica	
	Função Gestão da Cadeia de Suprimentos	Função Gestão de Projetos	Função Gestão de Inovação	Função Gestão da Produção	Função Engenharia de Manufatura	Função Desenvolvimento do Produto	Função Diversificação - Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados	Função Networks Formais de Desenvolvimento	Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas	Média das Funções		
A	6	6	2,5	8	8	4	6	0,5	0,5	4,6	Básico Nível 3	Avançado
B	6	0,5	2,5	3,36	6	2,5	2,5	4	2,5	3,3	Básico Nível 3	Intermediário
C	0,5	0,5	2,5	1,86	4	2,5	2,5	0,5	0,5	1,7	Básico Nível 2	Pré-intermediário
D	4	0,5	2,5	1,64	2,5	2,5	4	0,5	0,5	2,1	Básico Nível 2	Básico nível 3
E	0,5	4	4	0,5	7	2,5	6	6	2,5	3,7	Básico Nível 2	Básico nível 2
F	0,5	0,5	4	2,5	2,5	2,5	4	4	0,5	2,3	Básico Nível 3	Básico nível 1
G	8	6	8	1,07	4	8	6	0,5	7	5,4	Pré-Intermediário	Menos de 1 ponto do próximo nível => próximo nível
H	6	0,5	2,5	3,36	6	4	4	0,5	2,5	3,3	Básico Nível 3	
I	0,5	0,5	2,5	0,5	4	2,5	4	10	0,5	2,8	Básico Nível 2	
J	0,5	0,5	2,5	3,07	0,5	2,5	6	2,5	0,5	2,1	Básico Nível 2	
Valor Médio	3,25	1,95	3,35	2,59	4,45	3,35	4,50	2,90	1,75			

Tabela 9.12 Pontuação média das funções analisadas, por empresas.

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

As empresas A, B, E e H foram categorizadas com o nível de complexidade tecnológica Básico Nível 3, seus gráficos individuais são apresentados a seguir. A Empresa A possui certa maturidade em relação às funções Gestão da Cadeia de Suprimento, Gestão de Projetos, Gestão da Produção, Engenharia da Manufatura e a Função Diversificação. A empresa alcançou a nota 6 ou acima no questionário para essas funções. No entanto, a empresa apresentou nota 0,5 para as funções Networks Formais de Desenvolvimento e Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas, o que mostra que não há nenhuma estrutura estabelecida para essas funções. E nota 2,5 para a Função Gestão da Inovação. Na média, a empresa alcançou a nota 4,6 e foi categorizada no Nível Básico 3.

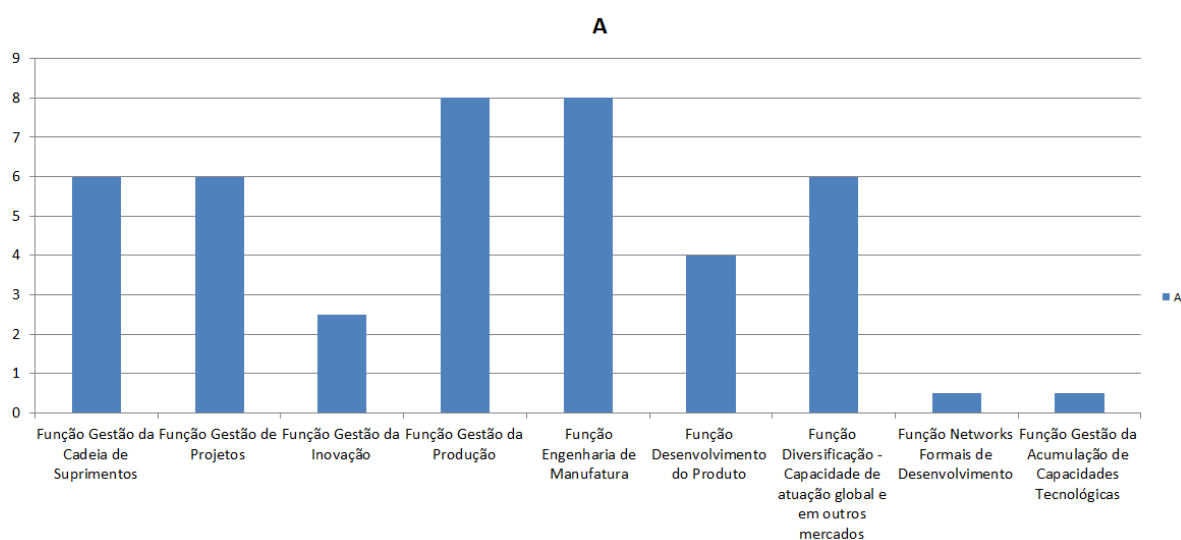


Gráfico 9.18 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa A.

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

A empresa B apresentou certa maturidade nas funções Gestão Cadeia de Suprimentos e Engenharia da Manufatura, alcançando a nota 6 para essas funções. Alcançou nota 4 na Função Networks Formais de Desenvolvimento e nas demais funções alcançou a nota 2,5; que a diferencia das demais, pois mantém uma certa continuidade entre as funções, ao contrário de outras empresas nas quais a falta de continuidade entre as funções é muito brusca. Mas vale ressaltar que 2,5 não é uma boa nota para as referidas funções. A empresa apresentou nota 0,5 para a Função Gestão de Projetos, o que é um importante limitante para as possibilidades de expansão da empresa. Na média, a empresa alcançou a nota 3,3 e foi categorizada no Nível Básico 3.

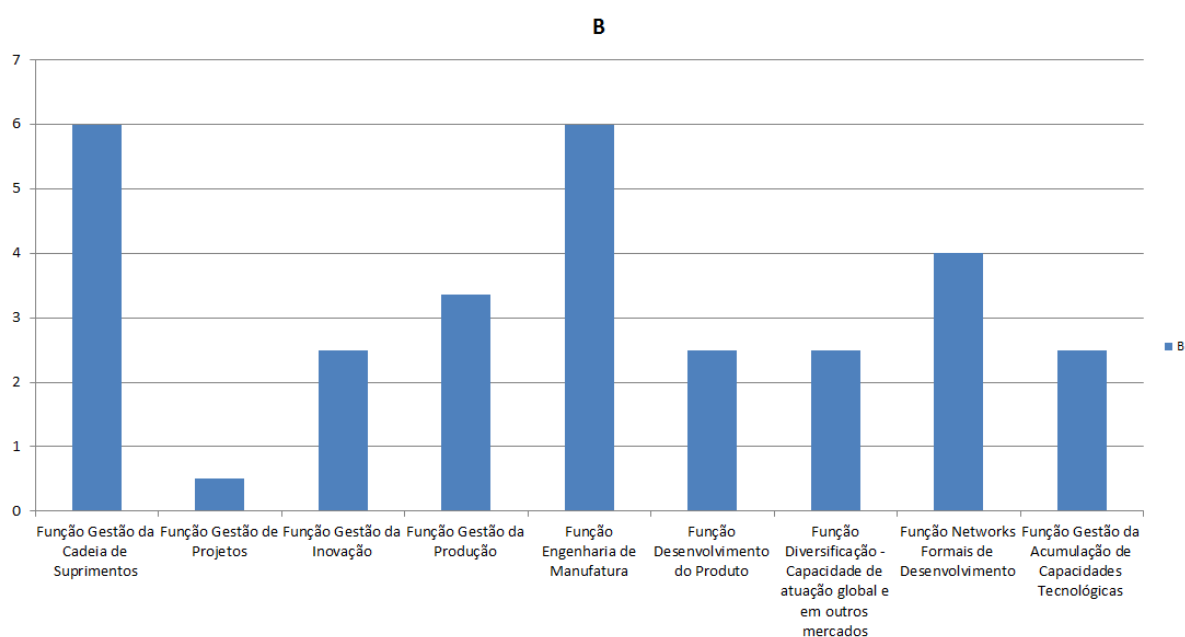


Gráfico 9.19 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa B.

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

A empresa E apresentou certa maturidade nas funções Engenharia da Manufatura, Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados e Networks Formais de Desenvolvimento, o que a diferencia das demais, pois há uma estrutura propícia à elevação do nível de complexidade tecnológica da empresa. No entanto, não há continuidade para as demais funções. Observaram-se carências importantes nas Funções Gestão da Produção (nota 0,5) e Gestão da Cadeia de Suprimentos (nota 0,5). A empresa ainda recebeu nota 2,5 nas funções Desenvolvimento de Produto e Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas, o que demonstra deficiência em funções importantes para elevação da complexidade tecnológica da empresa. Na média, a empresa alcançou a nota 3,7 e foi categorizada no Nível Básico 3.

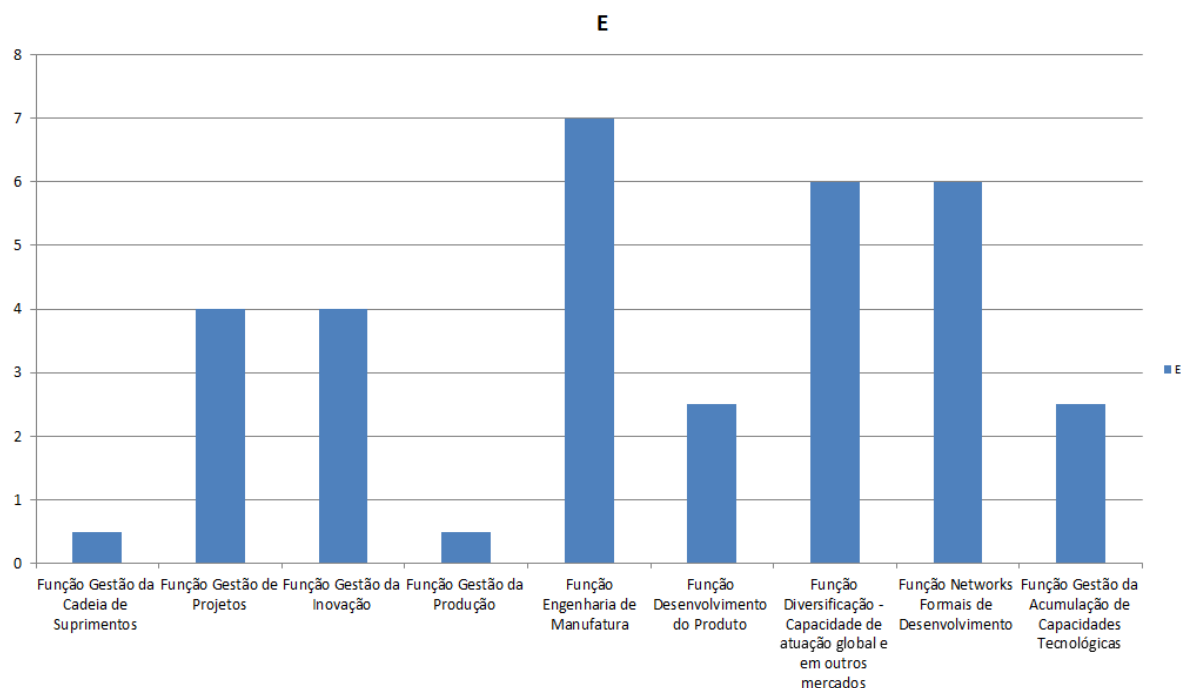


Gráfico 9.20 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa E.

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

A empresa H apresentou certa maturidade nas funções Gestão Cadeia de Suprimentos e Engenharia de Manufatura, alcançando a nota 6 para essas funções. Alcançou nota 4 para as funções Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados e Desenvolvimento de Produto; e nota 3,36 para a Função Gestão da Produção. No entanto apresentou nota 2,5 para as Funções Gestão da Inovação e Gestão Acumulação de Capacidades Tecnológicas e notas mínimas nas Funções Gestão de Projetos e Networks Formais de Desenvolvimento, que demonstra um importante limitante para as possibilidades de expansão da empresa. Na média, a empresa alcançou a nota 3,3 e foi categorizada no Nível Básico 3.

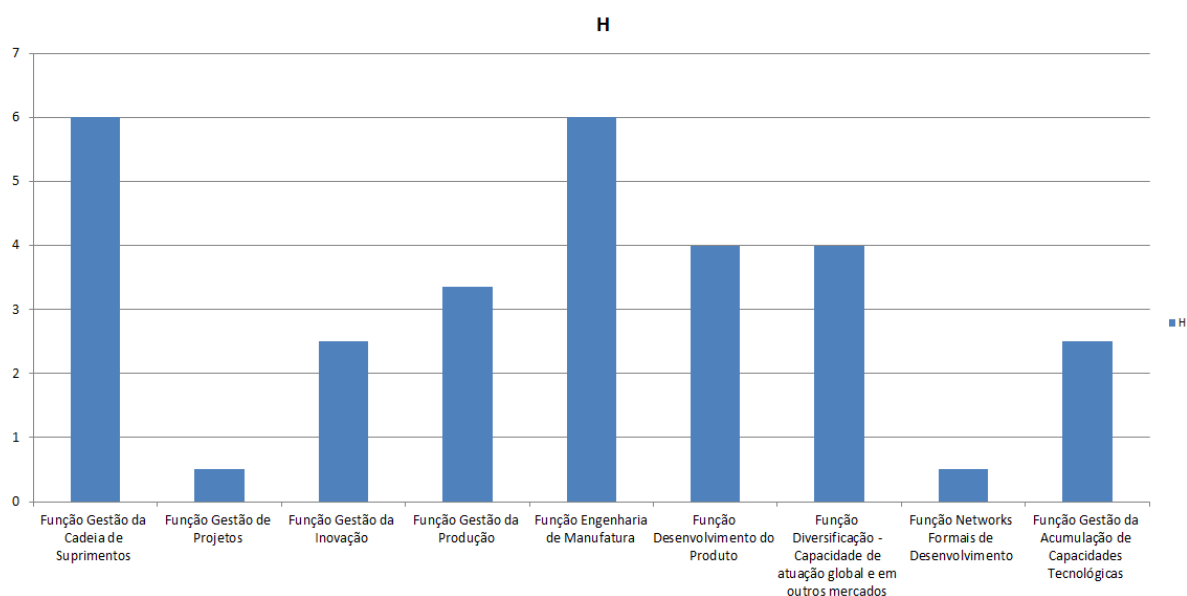


Gráfico 9.21 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa H.

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

As empresas C, D, F, I e J foram categorizadas como Básico Nível 2. A empresa C apresentou nota 4 na Função Engenharia da Manufatura, e nota 2,5 para as Funções Gestão da Inovação, Desenvolvimento do Produto e Função Diversificação. Nota mínima 0,5 para as Funções Gestão da Cadeia de Suprimentos, Gestão de Projetos, Networks Formais de Desenvolvimento e Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas. E nota 1,86 para a Função Gestão da Produção. Observaram-se gargalos importantes nas funções, o que demonstra a carência de funções importantes para elevação da complexidade tecnológica da empresa. Na média, a empresa alcançou a nota 1,7 e foi categorizada no Nível Básico 2.

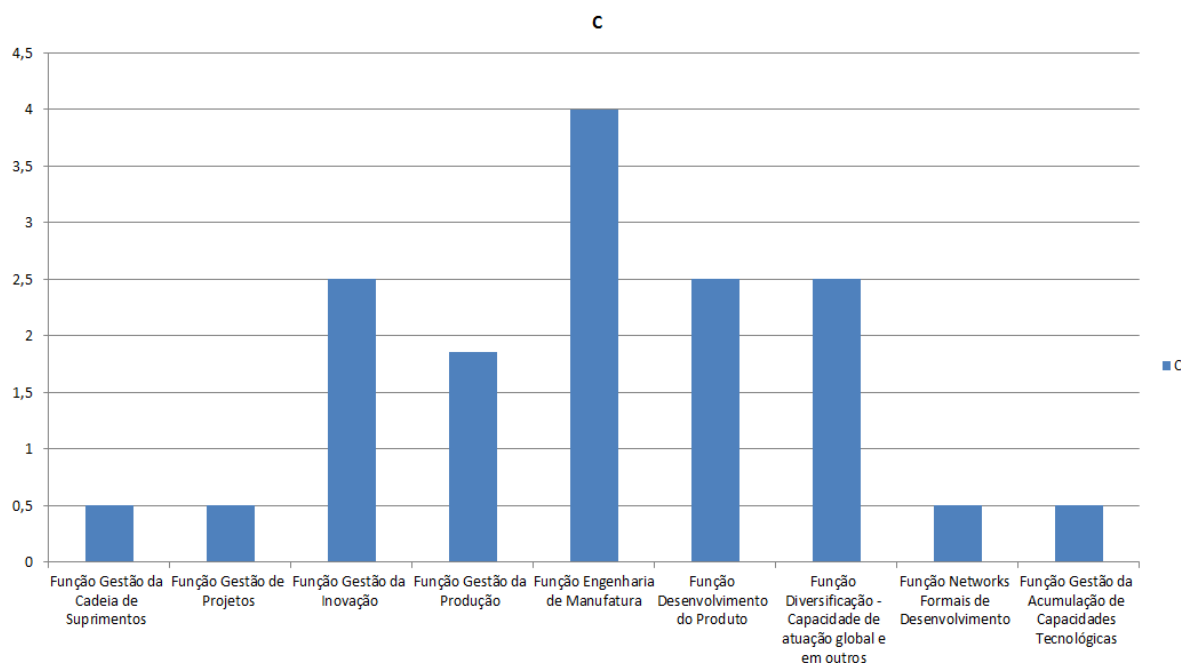


Gráfico 9.22 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa C.

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

A empresa D apresentou nota 4 na Função Gestão da Cadeia de Suprimentos e Função Diversificação, e nota 2,5 para as Funções Gestão da Inovação, Engenharia de Manufatura e Desenvolvimento do Produto. Nota mínima 0,5 para as Funções Gestão de Projetos, Networks Formais de Desenvolvimento e Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas. E nota 1,64 para a Função Gestão da Produção. Observaram-se gargalos importantes nas funções, o que demonstra a carência de funções importantes para elevação da complexidade tecnológica da empresa. Na média, a empresa alcançou a nota 2,1 e foi categorizada no Nível Básico 2.

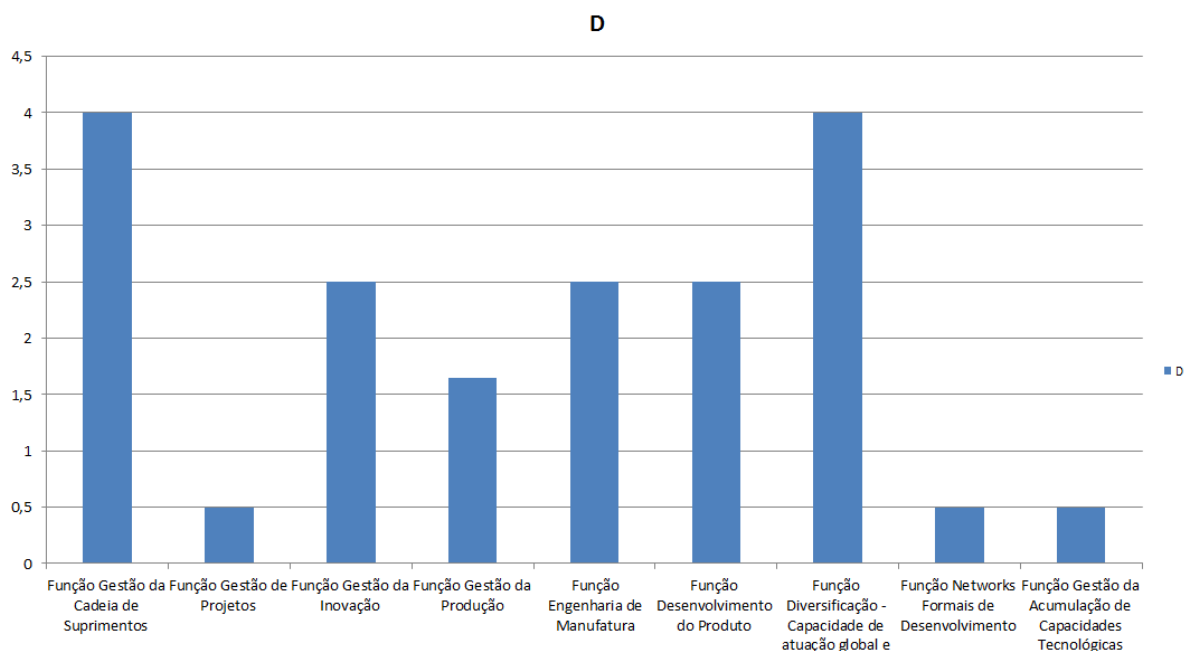


Gráfico 9.23 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa D.
Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

A empresa F apresentou nota 4 na Função Gestão da Inovação, Função Diversificação e na Função Networks Formais de Desenvolvimento, e nota 2,5 para as Funções Gestão da Produção, Engenharia de Manufatura e Desenvolvimento do Produto. E nota mínima 0,5 para as Funções Gestão da Cadeia de Suprimentos, Gestão de Projetos, e Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas. Observaram-se gargalos importantes nas funções, o que demonstra a carência de funções importantes para elevação da complexidade tecnológica da empresa. Na média, a empresa alcançou a nota 2,3 e foi categorizada no Nível Básico 2. Possui a segunda melhor nota desse grupo de empresas.

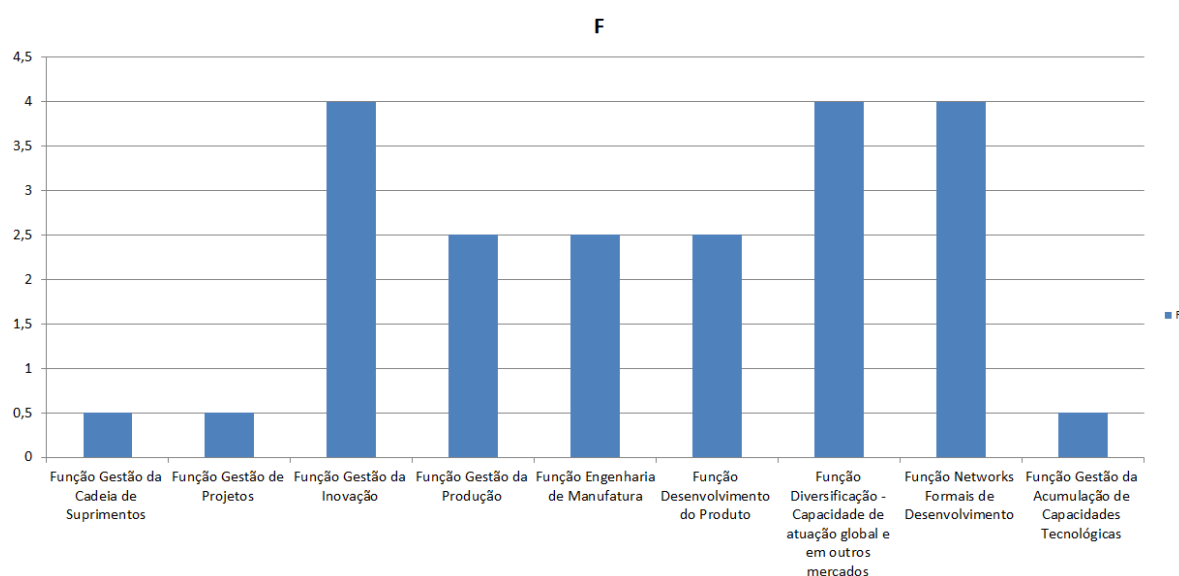


Gráfico 9.24 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa F.

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

A empresa I apresentou nota máxima 10 na Função Networks Formais de Desenvolvimento, pois conseguiu realizar com sucesso uma parceria tecnológica com uma empresa de nível de maturidade superior. Apresentou nota 4 na Função Engenharia da Manufatura e na Função Diversificação – Capacidades de Atuação Global e em Outros Mercados. E notas 2,5 da Função Gestão da Inovação e Desenvolvimento de Produto. A empresa apresentou nota mínima 0,5 para as Funções Gestão da Cadeia de Suprimentos, Gestão de Projetos, Gestão da Produção e Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas. Observaram-se gargalos importantes nas funções, o que demonstra a carência de funções importantes para elevação da complexidade tecnológica da empresa. Na média, a empresa alcançou a nota 2,8 e foi categorizada no Nível Básico 2. Possui a primeira melhor nota desse grupo de empresas.

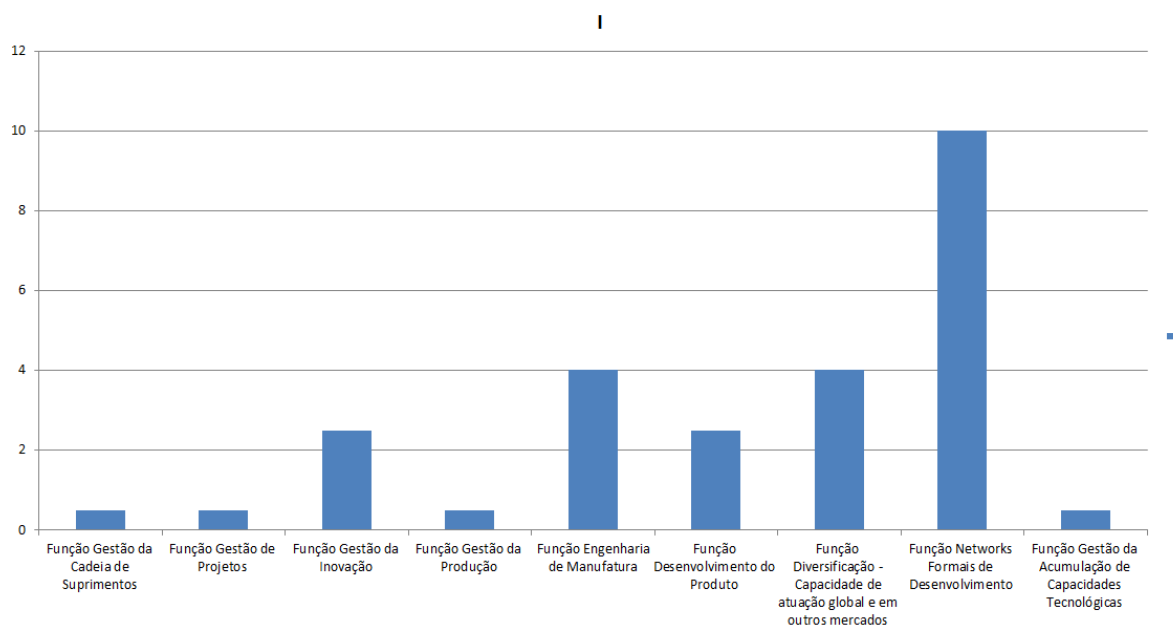


Gráfico 9.25 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa I.

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

A empresa J apresentou certa maturidade na Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global, alcançou a nota 6, o que demonstra a existência de uma estrutura organizacional de exportação que a diferencia das demais para captação de novos mercados. Apresentou ainda nota 3,07 para Função Gestão Produção; a mais alta nota para as empresas categorizadas no Básico Nível 2, o que demonstra um bom nível de evolução em uma função chave para as empresas do segmento aeronáutico. A empresa alcançou a nota 2,5 para as funções Gestão da Inovação, Desenvolvimento de Produto, e Networks Formais de Desenvolvimento. E nota mínima 0,5 para as Funções Gestão da Cadeia de Suprimentos, Gestão de Projetos, Engenharia de Manufatura, e Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas; que apresentam importantes pontos que a empresa deve empenhar-se em evoluir. Na média, a empresa alcançou a nota 2,1 e foi categorizada no Nível Básico 2.

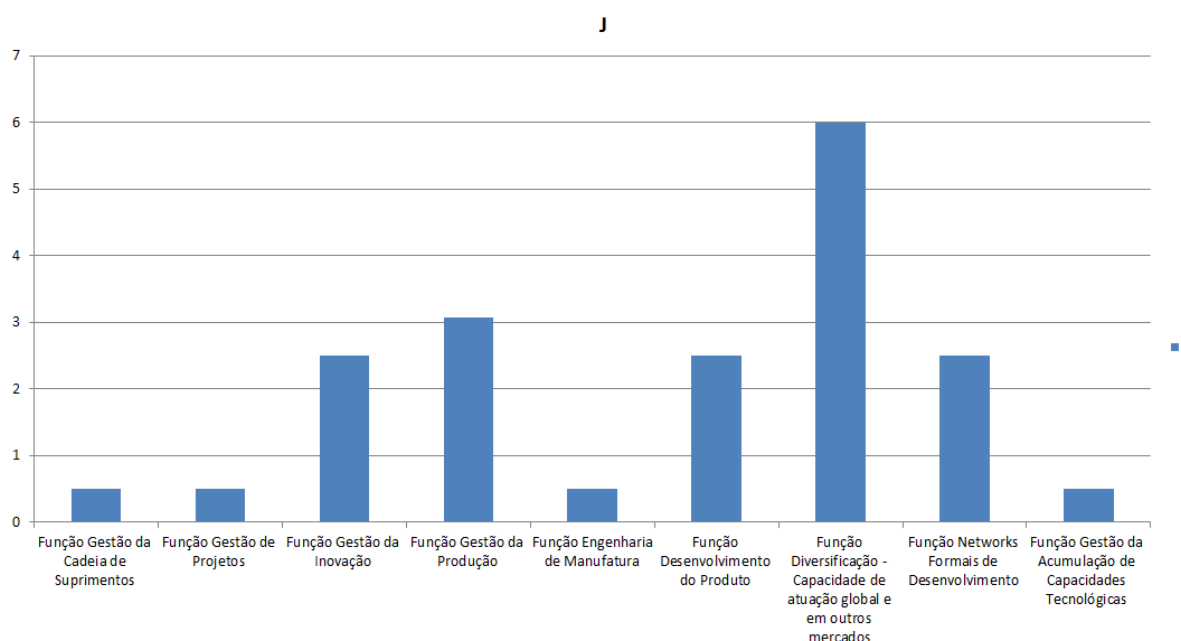


Gráfico 9.26 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa J.

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

A empresa G foi a única empresa categorizada com o nível de complexidade tecnológica Pré-Intermediário. A empresa destacou-se das demais empresas em várias funções, sobretudo, nas Funções Gestão da Cadeia de Suprimentos, devido à tendência de verticalização de processos especiais; na Função Gestão da Inovação e de Desenvolvimento de Produto, pois possui uma estrutura de P&D com mão-de-obra qualificada, que não existe em outras empresas. Em contrapartida, apresentou nota muito baixa na Função Gestão da Produção (nota 1), que a coloca no nível das empresas do Básico Nível 2. Apresentou ainda nota 4 para Função Gestão da Manufatura. Essas duas últimas funções são passíveis de melhoria com grandes benefícios para a empresa em termos de expansão do seu potencial. A nota mínima 0,5 na Função Networks Formais de Desenvolvimento pode ser relativizada, pois a empresa possui estrutura interna para projetar.

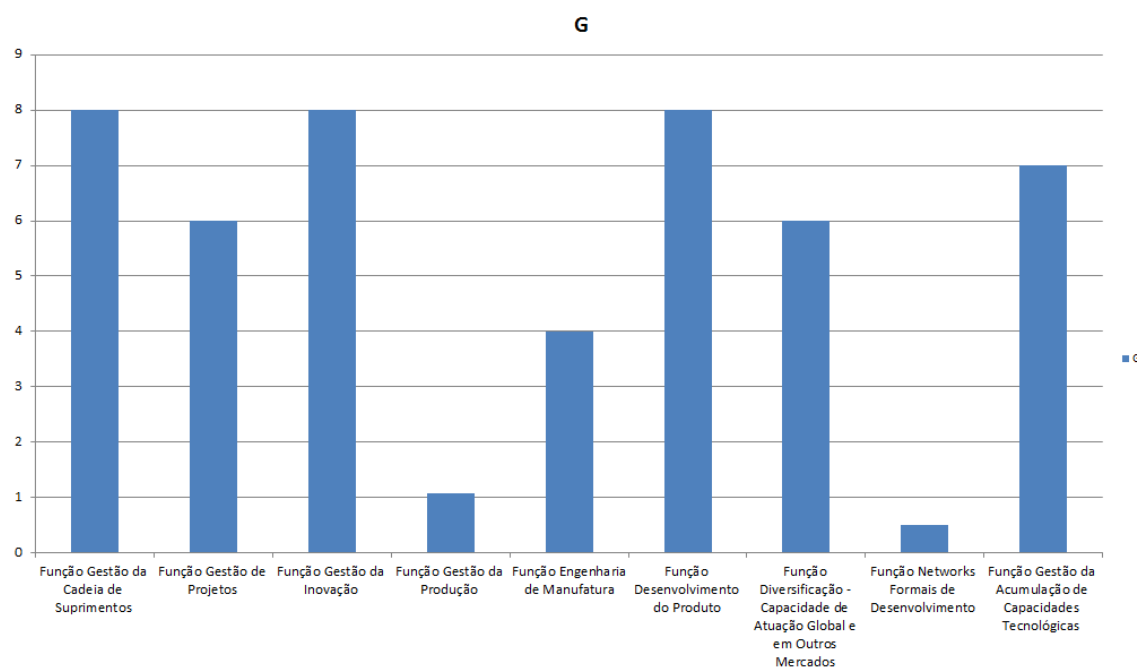


Gráfico 9.27 Diagnóstico das funções tecnológicas para a empresa G.
Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

A seguir, um *ranking* para apresentar, em ordem decrescente, as empresas em termos da acumulação das capacidades tecnológicas nas diversas funções analisadas. Vale a pena ressaltar que este estudo é uma aplicação da Matriz de Acumulação de Capacidades para o segmento de usinagem aeronáutica em empresas previamente selecionadas, segundo critérios específicos, conforme apresentado no capítulo 8; e não contempla todas as variáveis envolvidas em um processo de acumulação de capacidades tecnológicas para evolução da

complexidade tecnológica de empresas pequenas e médias. As repostas para categorização das empresas foram resultado de um longo processo de entrevista de cerca de três horas e meia, em média, muitas respostas não foram diretas e incluíram uma grande quantidade de eventos e de noções não relacionadas ao que se estava objetivando medir e apontar. O que demandou grande esforço por parte da pesquisadora para filtrar as informações e estabelecer a pontuação para cada função, portanto não está isento de subjetividade e de erros de interpretação.

Tabela 9.13 *Ranking* da pontuação média das funções tecnológicas para a estimação do nível de complexidade da empresa, em ordem decrescente

Empresa	Média das Funções	Nível Médio de Complexidade Tecnológica	Ranking
G	5,4	Pré-Intermediário	1º
A	4,6	Básico Nível 3	2º
E	3,7	Básico Nível 3	3º
B	3,3	Básico Nível 3	4º
H	3,3	Básico Nível 3	5º
I	2,8	Básico Nível 2	6º
F	2,3	Básico Nível 2	7º
D	2,1	Básico Nível 2	8º
J	2,1	Básico Nível 2	9º
C	1,7	Básico Nível 2	10º

Fonte: Elaboração própria a partir das entrevistas.

9.12 Impactos dos Programas de Defesa nas Funções Técnicas, Organizacionais e de Sustentação das Empresas Entrevistadas

Para cada função analisada, foi perguntado se a participação em programas de defesa levou ao desenvolvimento de capacidades tecnológicas organizacionais, técnicas e de sustentação. Foi criada uma escala likert de 0 a 5 para que a empresa expressasse sua opinião a respeito da importância dos programas para cada função em estudo. As tabelas a seguir apresentam os eventos relatados pelas empresas para cada função.

A empresa A relatou que ocorreram esforços de otimização da produção em função da participação no Programa KC-390, sobretudo no que tange ao melhoramento dos processos e da eficiência global da produção (melhora da relação entre os resultados obtidos e os recursos empregados). Também informou que o tamanho das peças e a complexidade da geometria das

peças usinadas em máquinas de cinco eixos exigiram mais da capacidade técnica da empresa, a qual ainda adquiriu máquinas multitarefas em função da participação no programa. Os impactos foram percebidos nas funções Gestão da Produção e Engenharia da Manufatura. A empresa A está executando um projeto de ampliação de sua planta produtiva em localidade próxima a São José dos Campos. A empresa B relatou eventos semelhantes ao ocorrido na empresa A, em relação ao Programa KC-390, somente não realizou a compra de novos equipamentos em função da participação no programa.⁸³

⁸³ A forma como as empresas resolveram tais questões de forma definitiva e com atenção à padronização de novos processos gerou transbordamentos para todas as áreas da empresa e agregou capacidades tecnológicas às empresas nas Funções Gestão de Processos e Gestão da Manufatura.

A empresa C relatou o impacto da participação dos Programas AM-X, Super Tucano e KC-390 sobre sua trajetória. Com o Programa AM-X, foram compradas as primeiras máquinas de controle numérico, passando da produção baseada em tornos convencionais (dois eixos) para as máquinas de controle numérico de três e quatro eixos. Com o Programa Super Tucano, foi realizada a compra de um ERP e de um *software* de programação, o que elevou consideravelmente a capacidade gerencial da empresa. No programa KC-390, foi iniciada uma gestão prática de aproveitamento de máquinas, com intuito de melhorar os tempos de produção e otimizar processos. Foram encontradas oportunidades em outros mercados, como o óleo e o gás e em componentes de submarinos em função da participação no Programa KC-390.

A empresa D relatou a importância do Programa Tucano e Super Tucano para o início de suas atividades com a Embraer, o que, assim como a empresa anterior, provocou a alteração dos tornos convencionais para as máquinas de controle numérico. A empresa E, por sua vez, relatou a importância de um programa espacial (financiado pela FINEP) para o desenvolvimento de processos de solda que não existem no Brasil. Esse projeto de desenvolvimento trouxe para dentro da empresa recursos humanos capacitados para a coordenação de projetos e de P&D. Nesse sentido, foi constituído um setor que está sendo responsável por renovar a empresa em questões relacionadas à gestão de projetos, à gestão de P&D e de inovação e ao desenvolvimento de um plano de produtos próprios. A existência desse setor diferencia-a da grande maioria das empresas desse segmento de usinagem aeronáutica.

O programa espacial mencionado é um bom exemplo de programa motivador do desenvolvimento de capacidades tecnológicas organizacionais importantes para a empresa, bem como para o estímulo inicial para o desenvolvimento da Função Desenvolvimento de Produto. Tais capacidades tecnológicas persistem e criam sinergias com outras áreas da empresa, além disso possuem a capacidade de elevar seu nível de maturidade tecnológica e de encontrar novos mercados para a empresa. Esse programa espacial foi citado no trabalho para mostrar que impactos também são sentidos por meio das políticas pelo lado da oferta, e apoiam enormemente o desenvolvimento de capacidades para atender as políticas pelo lado da demanda das compras públicas.

Na empresa E, também ficaram bastante evidentes os esforços de otimização da produção em função da participação no Programa KC-390, sobretudo no que tange ao melhoramento dos processos e da eficiência global da produção. Os impactos foram

percebidos nas funções Gestão da Produção e Engenharia da Manufatura. O KC-390 foi o maior programa de defesa de que a empresa participou e as questões relacionadas à eficiência, a prazo e a custos tornaram-se bastante evidentes. As peças do KC-390 são muito grandes, o que aumentou a responsabilidade da empresa sobre a gestão da utilização do material fornecido pela Embraer. Qualquer erro de produção acarretava uma perda de dezenas de milhares de reais. Os prazos do programa também se mostraram bastante apertados para a empresa, levando-a a otimizar uma série de processos de produção. Tais melhoramentos no ambiente de produção transbordaram para as demais atividades existentes na empresa. Também foram relatadas pela empresa as possibilidades futuras da construção de uma parceria estratégica com outras empresas, de modo que pudesse suprir a sua carência na área de desenvolvimento de produto.

A empresa F relatou que, em função da participação no Programa KC-390, lançou-se a uma pesquisa de atualização sobre o uso de novas ligas eonel e verificou uma tendência mundial de alívio de peso e de espessuras mais finas e leves. Buscou também pesquisar por novas tecnologias e equipamentos para manter-se competitiva, embora não tenha feito novos investimentos. Não relatou o impacto do tamanho de peças e a melhoria em processos em função do Programa KC-390.

A empresa G destacou que desenvolveu sua capacidade de projetar a partir da constituição de um departamento de engenharia de produto para um projeto específico dentro da área de conhecimento da defesa, com financiamento da FINEP. O desenvolvimento dessa tecnologia colocou o Brasil em um patamar diferenciado em relação a esse tipo de tecnologia. O departamento de engenharia da empresa G foi o único encontrado nas empresas pesquisadas – e é o que a diferencia enormemente das demais, embora possua gargalos muito importantes relacionados à Função Gestão da Produção, que outras empresas já resolveram. O projeto mencionado acima não resultou de um contrato com a Embraer, como empresa contratante principal, mas é um bom exemplo de projeto da área de defesa que agregou capacidade técnica à empresa em uma área que não se encontra em empresas convencionais de usinagem. Demonstra também que a participação avulsa em projetos da FINEP induz a desenvolvimentos parciais e pouco integrados em termos das funções tecnológicas das empresas. Há uma carência de programas públicos que trabalhem especificamente as funções tecnológicas existentes nas pequenas e médias empresas de usinagem, de modo que sejam geradas capacidades integradas funcionalmente, com domínio de níveis de complexidade similares nas distintas operações da empresa.

Já a empresa H não relatou impactos de programas de defesa na sua trajetória. Todos os avanços tecnológicos pareciam decorrer de uma evolução natural da empresa ou de uma orientação estratégica específica. No entanto, observou-se, até o momento, que muitos dos avanços ocorridos em várias empresas podem não estar relacionados a apenas um programa de defesa específico, mas à participação em uma série programas, muitos deles da área comercial, na qual existe uma maior escala de produção.

A empresa I apresentou o melhor exemplo do que podemos esperar de transbordamentos tecnológicos de um programa de defesa. A Embraer tinha o interesse em nacionalizar um tipo de furação profunda e de alta precisão, furos de aproximadamente 8mm de diâmetro e 2500mm de comprimento, para o piso do KC-390. Até aquele momento esse tipo de furação só poderia ser realizado no exterior. A Embraer desenvolveu as especificações de projeto e a empresa I foi a que apresentou capacidade técnica para realizar a furação. A empresa diferenciou-se por apresentar capacidade técnica oriunda da área de ferramental. Foi então possível nacionalizar um tipo de furação que nunca havia sido realizado no Brasil.

Foi também relatado que a empresa prepara sua capacidade instalada para absorver esse tipo de serviço da Embraer e está em fase de captação de recursos para investimentos, pois até o momento não possui capacidade instalada para atender ao serviço em grande escala. A empresa também desenvolveu um dispositivo a vácuo para fixar peças, haja vista a diminuição da espessura delas, sendo possível também em função da sua experiência na área de ferramental. Foram ainda adquiridas máquinas de cinco eixos de três metros em função da participação no Programa KC-390. É evidente que a participação no Programa KC-390 acrescentou conhecimentos novos à empresa I.

Por fim, a empresa J também relatou melhorias em função da necessidade de otimização de processos para o Programa KC-390, que se refletiram nas funções Gestão da Produção e Gestão da Manufatura. A empresa também informou a compra de centros de usinagem cinco eixos com vista a atender ao Programa KC-390. Ressaltou ainda que participar do KC-390 lhe confere grande visibilidade em feiras internacionais. A empresa recentemente mudou sua planta produtiva para um novo local.

9.13 Implicações da Política de Compras do COMAER sobre o Processo de Acumulação de Capacidades Tecnológicas das Empresas Analisadas

Os resultados da pesquisa de campo sugerem que as empresas apresentaram um processo de acumulação de capacidades tecnológicas truncado, que se traduz em perfis de grande heterogeneidade de capacidades. Não se percebe uma lógica nesse processo de acumulação de capacidades e não existe algo que perpassasse, como um fio condutor, esse processo de acumulação das diferentes empresas do segmento de usinagem aeronáutica. De fato, não foi verificada a existência de uma política industrial que pudesse estimular o segmento de usinagem aeronáutica do Brasil.

De maneira geral, os programas de defesa mais antigos, Programa AM-X e AL-X, contribuíram para a atualização do maquinário, ou seja, as empresas sentiram-se motivadas a adquirir os equipamentos de controle numérico, processo muito semelhante ao que aconteceu na própria Embraer nos anos do Programa AM-X, conforme relatou Cabral (1987).

Foi muito relatado pelas empresas um contínuo esforço para o aumento de eficiência e para a otimização de processos para atender ao Programa KC-390. Os prazos do programa mostraram-se muito apertados e as empresas tiveram que se adequar para atender à pressão exercida pela Embraer. As empresas também enfatizaram a questão do tamanho e da geometria da peça e o tipo de material utilizado, como elementos de capacitação técnica para a empresa, haja vista a empresa ter que se aprimorar em questões relacionadas à manufatura da peça. Os impactos foram então observados na Função Gestão da Produção e, sobretudo, na Função Engenharia da Manufatura (Processos e Equipamentos). Empresas que fornecem peças muito simples não perceberam esses impactos.

O caso relatado pela empresa I, sobre a nacionalização de um tipo de furação para o Programa KC-390, configurou uma exceção e o melhor exemplo de impacto tecnológico de programas de defesa sobre o processo de acumulação de capacidades tecnológicas de empresas de usinagem. É preciso ressaltar que esse caso foi resultado de uma necessidade privada explícita da Embraer, e não há antecedentes de algo semelhante que pudesse ter sido provocado pelo órgão público nesse segmento de usinagem. Fato que demonstra o desconhecimento do órgão público das possibilidades existentes no setor de usinagem, que poderiam elevar o nível de complexidade tecnológica das empresas.

As empresas de usinagem aeronáutica do Brasil apresentaram o perfil amplamente analisado por estudos anteriores (Oliveira, 2005; Quadros *et al*, 2009; Bernardes e Pinho,

2002) de dependência em relação à Embraer e relevantes limitações organizacionais e gerenciais, que se repetem nas diversas funções analisadas. No entanto, ao mesmo tempo em que tais debilidades são verificadas, observou-se uma elevada pontuação média para a Função Engenharia de Manufatura (4,45 pontos), as empresas são capazes de desenvolver processos inteiramente novos, e para a Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em outros Mercados (4,5 pontos), que demonstra a capacidade técnica para acessar outros mercados e para exportar. Desse modo, incentivos localizados podem alterar de maneira significativa a realidade tecnológica global das empresas.

Conclui-se da análise dos resultados que os programas de defesa do Comando da Aeronáutica tiveram baixo impacto sobre o processo de acumulação de capacidades tecnológicas das empresas do segmento de usinagem aeronáutica do Brasil. Os programas do COMAER mostraram-se muito limitados e restritos para levar ao desenvolvimento de novas capacidades nesse segmento. As entrevistas tornaram evidente a falta de conhecimento dos órgãos públicos do potencial deste segmento industrial. As empresas de usinagem aeronáutica de capital nacional, subcontratadas pela Embraer, representam, em termos de número de empresas, a maior fatia dos subcontratos da empresa que permanecem no Brasil. Tais empresas ainda fornecem itens não somente para defesa, mas para as demais áreas de negócios da Embraer, sobretudo a aviação comercial, de modo que problemas relacionados à baixa escala de produção dos itens de defesa seriam relativizados pela demanda dos outros programas. As empresas ainda representam um mercado potencial para a exportação, na medida em que problemas relacionados à escassez de informações, de estrutura para a exportação e principalmente às certificações NADCAP forem sanados de maneira coletiva.

Foi possível verificar ainda da pesquisa de campo que muitos dos problemas relatados por uma empresa já haviam sido resolvidos pela empresa “vizinha”. Nesse sentido, podemos afirmar que as empresas não se veem como parceiras de um negócio mais amplo, que é o mercado aeronáutico, mas sim como concorrentes diretos para a cliente Embraer, e “desperdiçam” chances de melhorar sua performance a partir de uma convivência mais colaborativa umas com as outras. Apenas uma empresa possuía a prática de resolver problemas operacionais dos centros de usinagem de cinco eixos com uma empresa “vizinha” que precisava resolver problemas relacionados à customização do seu ERP. A empresa tinha um bom grau de customização do seu ERP e trocava conhecimentos com a outra que possuía maior maturidade na utilização dos equipamentos de cinco eixos.

Não é prática comum entre as empresas analisadas uma comunicação frequente com seus “vizinhos”. Da participação em reuniões coletivas no CECOMPI observou-se uma falta de articulação entre seus membros e um descontentamento geral em relação às possibilidades de iniciar-se uma ação que se traduza em novos contratos para as empresas. Não foi verificada a participação da Embraer nessas reuniões. Os perfis das empresas ainda dividiam-se em empresas homologadas pela Embraer e empresas não homologadas, ou seja, empresas que não são fornecedoras da líder do setor. As empresas não homologadas pela Embraer enfatizavam as dificuldades para acessar a líder. As empresas homologadas por ela enfatizavam a falta de uma política de governo para dar suporte às atividades do setor em uma escala ampliada. Há espaço para a articulação e para o “orquestramento” desse segmento de usinagem aeronáutica, por parte dos órgãos superiores. Nesse sentido, reconhece-se que o COMAER não pode ser a única instituição responsável por estimular a indústria aeronáutica por meio das suas compras governamentais e da política de *Offset*, que, como mencionamos, não tem profundidade para alcançar o segmento de usinagem aeronáutica.

Faz-se necessário que as organizações brasileiras de ciência e tecnologia e de financiamento público criem programas de capacitação tecnológica para o segmento, a partir da visualização de suas carências e de suas potencialidades, como as preliminarmente apontadas nesta Tese. O Programa de Industrialização Complementar (PIC), descrito no capítulo sobre o Programa AM-X, é um exemplo de política de desenvolvimento de capacidades bem-sucedido, na medida em que promoveu o desenvolvimento de capacidades tecnológicas permanentes em empresas da indústria aeronáutica localizadas no Brasil: Embraer, Eleb, Ael Sistemas e Celma. O Comando da Aeronáutica do Brasil é a instituição capacitada historicamente para estar à frente desse “orquestramento”.

Das entrevistas nas organizações militares, observou-se que existe a preocupação latente do Comando da Aeronáutica em adquirir aeronaves militares da Embraer e de empresas que ofereçam boas opções de transferência de tecnologia (*Offset*). Em função da complexidade dos programas, dos riscos envolvidos em contratos que envolvem desenvolvimento, da dificuldade em gerenciar vários contratos com diferentes organizações para um único programa, o COMAER repassou à Embraer a completa autonomia na escolha de seus fornecedores, nacionais e internacionais, e não pressionou, e também não pretende pressionar, a Embraer a adquirir itens de empresas que não apresentem preços competitivos e capacidade técnica incontestável. COMAER e Embraer possuem uma relação muito madura e de sucesso desde os anos de fundação da empresa e ao longo de todos os programas militares

descritos nesta Tese. No entanto, o resultado prático dessa relação foi o “esquecimento” das empresas de usinagem aeronáutica, pequenas e médias, que compõem a base de fornecedores nacionais da empresa líder, como também demonstrou o trabalho de Oliveira (2005). O sistema de inovação brasileiro gravita em torno da Embraer (VÉRTESY, 2011; MARQUES, 2011), desde seu surgimento, e precisa ser reformulado para dar sustentação ao desenvolvimento de capacidades tecnológicas em empresas que possuem potencial para alcançar outros mercados e, de fato, constituir uma indústria aeronáutica no Brasil.

Das entrevistas realizadas na Embraer, foi muito citada a capacidade técnica dos fornecedores de serviços de usinagem de peças aeronáuticas, os quais estariam habilitados tecnicamente a exportarem para qualquer empresa. Esses fornecedores possuem capacidade técnica superior à capacidade que já existiu dentro da própria Embraer. Os problemas e as deficiências mais citados pelas empresas, em termos das funções apresentadas, reportaram-se às questões gerenciais ligadas às funções Gestão da Produção, Gestão da Cadeia de Suprimentos, Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e Outros Mercados, Gestão de Projetos e, *Networks* Formais de Desenvolvimento.

O desenvolvimento truncado das capacidades é um elemento de restrição do potencial de crescimento da firma. As capacidades deveriam ser desenvolvidas de modo sincrônico, para que cada nível de complexidade fosse dominado de maneira completa, o que habilitaria a empresa no atendimento das demandas que pudessem vir a elevar seu nível de complexidade tecnológica. Esse domínio pode ajudar a empresa na orquestração do conjunto das capacidades para se alcançar um nível superior de complexidade.

9.14 Aspectos Relevantes do Relacionamento com a Embraer

A Embraer, nos últimos anos, vem alertando seus fornecedores locais sobre a tendência de adquirir subconjuntos e conjuntos montados e não mais somente a peça simples isolada de vários fornecedores. A empresa deseja adquirir não mais somente a peça simples usinada, mas sim ela já inserida em algum pequeno conjunto ou subconjunto. Tudo deverá ser feito em uma única empresa. Os fornecedores, sobretudo do KC-390, referiram-se enfaticamente a essa “nova necessidade” da Embraer como uma evolução natural da estratégia da empresa. Do ponto de vista das pequenas e médias empresas brasileiras de usinagem aeronáutica subcontratadas pela Embraer, isso requer uma elevação do seu nível de maturidade, pois a empresa deve capacitar-se a fornecer conjuntos mais complexos, o que requer o desenvolvimento de novas capacidades tecnológicas na área de usinagem e

montagem. O não desenvolvimento dessa capacidade acarretará perda de mercado para outras empresas mais capacitadas.

A empresa I é um bom exemplo de adaptação a essa nova realidade, pois, segundo relatado, a sua *expertise* na área de ferramental a ajuda a fornecer nessa nova racionalidade com mais tranquilidade. Em outras empresas, percebemos o esforço e a dificuldade para produzir e montar conjuntos maiores. Outras pequenas empresas, que possuem grande longevidade no mercado, como a empresa D, vêm perdendo mercado, em função da dificuldade de atualizar seu maquinário, a empresa opera em máquinas CNC de três e quatro eixos. Enquanto que a empresa A foi a de maior maturidade tecnológica encontrada na área de usinagem.

Os programas desenvolvidos pela Embraer para capacitação técnica e organizacional dos seus pequenos fornecedores nacionais é um bom exemplo de iniciativa capaz de alterar a realidade tecnológica dos fornecedores brasileiros. A Embraer precisa de fornecedores eficientes e competitivos e, ao longo de toda a sua história, esteve comprometida com o desenvolvimento desses fornecedores. Em todas as entrevistas realizadas, o envolvimento direto de equipes da Embraer no chão de fábrica das empresas subcontratadas foi uma realidade evidente e permanente que já faz parte do dia a dia dessa relação. O contato com a Embraer é facilitado e a empresa consegue todo tipo de informação de que precisar para tornar-se mais eficiente no seu processo.

Têm ocorrido iniciativas de programas recentes, como o PDCA (Programa de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva), fruto da parceria com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Esse programa tem o objetivo de promover a produtividade da rede de suprimentos da indústria aeronáutica por meio de um modelo desenvolvimento e de gestão com foco em melhoria de resultados, novos negócios e aumento de produtividade das empresas. São iniciativas de desenvolvimento de fornecedores que elevam o patamar tecnológico de pequenos e médios fornecedores locais e que buscam torná-los capazes de ampliar sua base de clientes para além da Embraer.

9.15 Principais Obstáculos e Necessidades das Empresas Entrevistadas: Reflexões para o Planejamento de uma Política Industrial para o Segmento de Usinagem no Brasil

Foi perguntado às empresas o que elas precisavam fazer para tornarem-se um fornecedor global. As respostas apontaram os caminhos a seguir para a evolução da maturidade tecnológica da empresa e os suportes necessários para que isso aconteça, em termos do esboço de uma política industrial. Os entrevistados informaram suas principais preocupações sobre o setor aeronáutico, que são apresentadas a seguir. Para as empresas que estão no nível de complexidade Básico Nível 2, temos respostas relacionadas à necessidade de:

- elevar o nível de eficiência produtiva da empresa para torná-la competitiva;
- atualizar o maquinário, por meio da compra de centros de usinagem cinco eixos;
- instruir sobre os procedimentos e documentos de exportação;
- estruturar um departamento de compras e de vendas internacionais;
- estruturar uma gestão de custos voltada para o setor internacional;
- estruturar uma logística internacional.

Para as empresas que estão no nível de complexidade Básico Nível 3 e Pré-Intermediário, temos respostas relacionadas à necessidade de:

- elevar o nível de eficiência produtiva da empresa para torná-la competitiva;
- estruturar estrategicamente a compra e a gestão da matéria-prima;
- adquirir certificações NADCAP para seus processos especiais (tratamentos superficiais, processos de montagem, entre outros);
- desenvolver capacidade para produzir conjuntos complexos;
- contatar, de modo facilitado e privilegiado, empresas e países que são clientes alvo;
- captar capital financeiro para sustentar a atuação global;
- desenvolver capacidade de planejamento e execução de planos.

As empresas também foram questionadas sobre apoio que os órgãos superiores poderiam fornecer, listamos as seguintes ações:

- reduzir impostos sobre a importação de matéria-prima;
- facilitar a compra de matéria-prima;

- simplificar o processo de exportação;
- estimular e possibilitar a compra de equipamentos novos;
- facilitar o acesso às linhas de crédito;
- alterar as cláusulas de garantia para financiamento e compra de equipamentos e máquinas;
- desenvolver uma política de financiamento público compatível com a realidade das empresas do segmento;
- reduzir a carga tributária;
- reduzir o custo da mão de obra no Brasil;
- alterar a sistemática de cobrança de impostos;
- facilitar o pagamento das dívidas das empresas com o governo, empresas endividadas não conseguem financiamento;
- subsidiar certificação NADCAP para empresas de usinagem e de processos especiais;
- elevar o número de chamadas públicas para projetos privados;
- constituir um grupo na Agência Brasileira de Promoção das Exportações e dos Investimentos (APEX) habilitado tecnicamente a apresentar as empresas brasileiras do segmento de usinagem a governos e empresas e para, de fato, representarem as empresas no exterior;⁸⁴
- estabelecer uma clara política de incentivos para as empresas do segmento de usinagem aeronáutica, suporte para competitividade global;
- incentivar a associação entre empresas e sindicatos com vistas ao fortalecimento das empresas;
- fortalecer a educação básica;
- conceber um novo entendimento do conceito de inovação adaptado à realidade industrial do segmento de usinagem aeronáutica.

Inferese que as instituições de financiamento público de ciência e tecnologia no Brasil, disponíveis às empresas pequenas e médias, dispõem de conceitos e de regras que não consideram a realidade das pequenas e médias empresas do segmento de usinagem aeronáutica no Brasil, bem como de vários outros setores industriais do país.

⁸⁴ Foram mencionados casos pelos entrevistados da atuação da APEX em reuniões e eventos no exterior que não se configuram nesse sentido e que reduzem o potencial de visibilidade das empresas no mercado internacional.

Especificamente sobre a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), constatou-se que são concedidos financiamentos reembolsáveis e não reembolsáveis a instituições de pesquisa e empresas brasileiras. O apoio da Finep abrange todas as etapas e dimensões do ciclo de desenvolvimento científico e tecnológico: pesquisa básica, pesquisa aplicada, inovações e desenvolvimento de produtos, serviços e processos. A Finep também apoia a incubação de empresas de base tecnológica, a implantação de parques tecnológicos, a estruturação e a consolidação dos processos de pesquisa, o desenvolvimento e a inovação em empresas já estabelecidas, e o desenvolvimento de mercados. Além disso, a partir de 2012 a FINEP também passou a oferecer apoio para a implementação de uma primeira unidade industrial e também incorporações, fusões e *joint ventures*. A Finep também atua de forma cada vez mais intensa no apoio a empresas de base tecnológica. Desde 2000, desenvolve o Projeto Inovar, que envolve amplo, estruturado e transparente conjunto de ações de estímulo a novas empresas, por meio de um leque de instrumentos, incluindo o aporte de capital de risco, indiretamente via fundos de capital de risco.⁸⁵

No entanto, a maioria dos financiamentos que está disponível às pequenas e médias empresas refere-se a projetos de inovação, de modo que envolve a alocação de recursos em atividades consideradas necessariamente inovadoras. No entanto, essa perspectiva desconsidera a realidade dos países de industrialização tardia, como é o caso brasileiro, que possui uma série de características que foram amplamente abordadas no capítulo 2, sobre o referencial teórico, a Teoria da Acumulação de Capacidades Tecnológicas (Penrose, 1959; Nelson e Winter, 1982; Rosenberg, 1982; Winter, 1988; Nelson, 1991; Freeman, 1994; Bell e Pavitt, 1993 e 1995; Dosi *et al*, 1988; Bell, 1982; Bell e Pavitt, 1993; Dahlman, Ross-Larson e Westphal, 1987; Lall, 1982, 1987, 1992, 1994, Hobday, 1995; Kim, 1997; Lee, 2000; Dutrénit, 2000; Ariffin, 2000; Leitão, 1985; Cabral, 1987, Figueiredo, 2001, 2002, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010, 2014; Bell e Figueiredo, 2012).

A Teoria da Acumulação das Capacidades Tecnológicas relativiza, enormemente, o conceito de inovação para os países de industrialização tardia. O conceito de inovação adotada nesta Tese, que tem sido muito enfatizado por Figueiredo (2009), seguidor de Martin Bell, abrange:

“... (i) a implementação de mudança em produtos/serviços, processos, e sistemas organizacionais e gerenciais – da iniciação à adaptação da menor para avançada – que são novos no contexto do local, e não necessariamente novos para o mundo, (ii) bem como o desenho e o

⁸⁵ www.finep.gov.br (acesso 03/11/2016).

desenvolvimento de novos sistemas globais. Assim a inovação consiste em um processo contínuo e não em simples episódios. Tal processo envolve a resolução de problemas de diferentes tipos de atividades, bem como estoque de capacidades e processos de aprendizagem específicos às empresas. Estes, por sua vez, são afetados pela natureza do contexto institucional em que elas nascem e crescem.” (FIGUEIREDO, 2009, p. 32 e 34)

Assim, Figueiredo (2009) redefine esse conceito com um amplo espectro de atividades que abarcam diferentes níveis de inovação. Essa definição parece estar mais próxima da realidade das inúmeras atividades que acontecem nas empresas brasileiras, conforme figura abaixo.

“Há indicações de diversos tipos de atividades não relacionadas à P&D realizadas em diversos outros tipos de unidades organizacionais dentro de empresas inseridas em economias de industrialização tardia. Estas podem ser vistas como condições prévias para realização de atividades inovadoras de níveis mais elevados, baseados, por exemplo, em P&D e atividades da patente.” (FIGUEIREDO, 2009, p. 35)

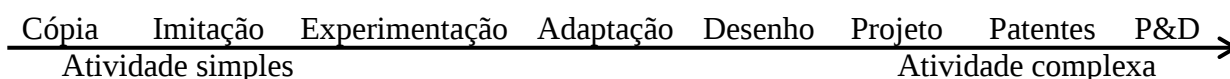


Figura 9.1 Conceito de Inovação segundo um amplo espectro de atividades que abarcam diferentes níveis de inovação.

Fonte: Figueiredo (2009, p. 35).

“Existem várias perspectivas de inovação na literatura e a mais recente envolve graus de novidades ao longo de um grande espectro. O que possibilita observar a passagem da empresa de uma inovação mais básica, incremental, a uma inovação de fronteira, e também se elas estão desenvolvendo capacidades que possibilitem esse salto. A inovação implementada seria um resultado da capacidade tecnológica....” (FIGUEIREDO na Banca de Qualificação de Doutorado da Autora desta Tese, em 12/12/2013, São José dos Campos)⁸⁶

As políticas de financiamento de empresas no Brasil deveriam contemplar esses aspectos vastamente analisados na literatura acadêmica internacional específica de superação do subdesenvolvimento econômico em países de industrialização tardia, a partir de um ponto de vista microeconômico, que contempla a realidade da firma em seus detalhes.

Em relação à política de financiamento do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), verificou-se uma ampla quantidade de créditos disponíveis às empresas pequenas e médias com faturamento de até 90 milhões de reais, no entanto, especificamente, em relação

⁸⁶ Também estiveram presentes na Banca de Qualificação e forneceram valiosa contribuição os Professores: Prof. Dr. Guilherme de Oliveira (OLIVEIRA, 2005; da Universidade de Brasília) e o então Reitor do ITA, Prof. Dr. Carlos Américo Pacheco.

ao item garantias, as empresas entrevistadas apontaram algumas dificuldades. Em geral, o BNDES exige 130% de garantias reais sobre o valor financiado. Esse índice poderá ser reduzido para até 100% quando o cliente estiver enquadrado em nível de classificação de risco superior ao mínimo, estabelecido a critério do BNDES, e atender a algumas condições (ser companhia aberta, ter participação acionária da BNDESPAR, apresentar demonstrações financeiras auditadas por empresa de auditoria independente). As garantias aceitas pelo BNDES são hipoteca, penhora, propriedade fiduciária, fiança, aval e reserva de meios de pagamento.⁸⁷

O BNDES também oferece um fundo garantidor, o BNDES FGI, para que empresas possam acessar os recursos de modo mais facilitado. Esse fundo tem o objetivo de facilitar a obtenção de crédito por micro, pequenas e médias empresas, além de empreendedores individuais, e caminhoneiros autônomos, incentivando-os, assim, a crescerem e modernizarem-se. Os entrevistados apontaram algumas dificuldades para obter esse tipo de garantia. Por exemplo, nas operações de valor garantido superior a R\$ 1 milhão, será exigida o aval/fiança dos sócios controladores e também a constituição de garantias reais, cujo valor será, no mínimo, equivalente ao valor total do financiamento.

No que se refere ao financiamento destinado à aquisição de máquinas e equipamentos, deverá ser constituída a propriedade fiduciária⁸⁸ sobre os bens objeto do financiamento, a ser mantida até a liquidação final do contrato. Das entrevistas realizadas, percebeu-se certo desconhecimento das empresas das reais obrigações exigidas pelo BNDES. Algumas empresas informaram que o BNDES não aceita o centro de usinagem como garantia, o que parece não ser compatível com a informação oficial do banco. Foi também apontada a dificuldade em importar equipamentos de usinagem e de não haver linhas de crédito facilitado para essas aquisições. A política do BNDES recai sobre a aquisição de equipamentos de empresas nacionais, o que está de acordo com a literatura sobre o tema. No entanto, os entrevistados apontaram diferenças entre o equipamento nacional e o equipamento importado.

Segundo Vértessy (2011), o Sistema de Inovação Brasileiro da Indústria Aeronáutica foi modelado para apoiar a principal empresa líder dessa indústria. Fonseca (2012) revisita de uma forma bastante interessante a trajetória da Embraer e do apoio que ela recebeu do

⁸⁷ www.bndes.gov.br (acesso 03/11/2016).

⁸⁸ Propriedade fiduciária é a propriedade resolúvel de coisa móvel infungível, constituída para fins de garantia de obrigação, a partir do registro do título no Cartório de Títulos e Documentos. O devedor mantém a posse direta, mas não a propriedade, não tendo disponibilidade da coisa. (https://pt.wikipedia.org/wiki/Propriedade_fiduci%C3%A1ria acesso 03/11/2016)

BNDES pós-privatização. De 1999 a 2006, o BNDES foi responsável pelo financiamento de 50% de todas as aeronaves vendidas pela empresa, em termos de receita operacional líquida. Ainda havia o programa de financiamento pré-embarque, no qual a empresa teria que dar como contrapartida a obrigação de comprovar a exportação de bens e serviços no valor do financiamento, e o Programa de Financiamento das Exportações (PROEX), que gerou a discussão na Organização Mundial de Comércio (OMC), sobre a Embraer estar recebendo subsídios do BNDES, por denúncia da Bombardier. (FONSECA, 2012)

De maneira geral, nos contratos de financiamento com a Embraer, a aeronave a ser produzida é aceita como garantia (hipoteca da aeronave), por tratar-se de um bem móvel e registrável; também é usada a fiança do grupo controlador e um seguro de crédito à exportação, como os Fundos de Garantia à Exportação (FGE). A Embraer ainda obriga-se a operar como agente de recomercialização de aeronaves devolvidas. (FONSECA, 2012)

E conclui:

Senão tivesse contado com o apoio do BNDES e do governo brasileiro, muito provavelmente a empresa não teria alcançado o patamar de produção e a relevância que tem no mercado internacional, e o país correria o risco de deixar de ser um importante elemento desse mercado (...). (FONSECA, 2012, p. 63)

Vértesy (2011) analisou a trajetória de evolução da indústria aeroespacial da perspectiva de países de industrialização tardia – Brasil, China e Singapura, categorizados como casos de sucesso, e Argentina e Indonésia, como casos que fracassaram. Segundo o autor, a intervenção do governo nesse tipo de indústria é algo comum ao redor de todo o mundo, e o caso dos países de industrialização tardia não é exceção. Esse tipo de intervenção tende a ser maior, sobretudo, na primeira fase de desenvolvimento dessa indústria, na qual é preciso romper as barreiras das grandes necessidades de capital, da carência de capacidades tecnológicas, da falta de acesso à tecnologia e aos mercados. Fato que depende enormemente da habilidade dos atores públicos apoiarem a emergência de um Sistema Nacional e Setorial de Inovação, e pode ser verificado pelo apoio público do governo e do Comando da Aeronáutica ao longo de toda a trajetória da Embraer de acumulação de capacidades tecnológicas, principalmente antes da privatização em 1994. Depois da privatização, Vértesy (2011) ressalta a reestruturação do programa de incentivos, no qual percebemos a grande atuação do BNDES, que Fonseca (2012) abordou.

Vértesy (2011) não investigou os *spillovers* da indústria aeronáutica para outros segmentos e outros setores, de modo que não pode tecer conclusões a respeito dos custos e

dos benefícios desse processo de industrialização. Mas argumenta que o sistema de inovação aeronáutico deve ser capaz de acompanhar as oscilações do mercado, e, nesse sentido, reduzir os efeitos de crises e rapidamente direcionar as empresas dessa indústria a um processo de transição bem-sucedido. Freeman e Soete (1998) argumentam que transições no paradigma tecnológico apresentam temporárias “janela de oportunidade” para os países de industrialização tardia acessar novas indústrias com grandes possibilidades de crescimento. Nessa perspectiva, entendemos haver uma “janela de oportunidades” para as empresas de usinagem aeronáutica no Brasil, que, em termos técnicos, possuem capacidade para alcançar outros fornecedores além da Embraer. Mas que, neste momento, precisam de uma atenção especial do Estado brasileiro, como foi mencionando em relação à fase de emergência de um sistema setorial de inovação para estímulo ao crescimento sustentado de um segmento industrial.

O Brasil já possui um maduro Sistema de Inovação para o setor aeronáutico, no entanto, ele gravita em torno da Embraer, o que é extremamente justificado. Questiona-se, então, sobre a possibilidade de estender esses benefícios para outras empresas, sobretudo para aquelas que possuem um histórico de operações tão antigo quanto o da Embraer e que são capazes de elevar a competitividade internacional da própria Embraer. Tais fornecedores estão à margem do sistema e mesmo assim têm sobrevivido às várias crises por que o Brasil já passou. Não compõem um grupo de fornecedores estratégicos que podem ser elevados à categoria de parceiros de risco, todavia possuem capacidade técnica para nacionalizar processos de usinagem de grande importância para empresa líder.

Finalmente, as empresas entrevistadas ressaltaram não terem condições de atender às exigências de garantias do BNDES. Em relação à FINEP, enfatizaram sobre a dificuldade de endereçar um projeto totalmente inovador, mesmo quando tal projeto pudesse alterar drasticamente o nível de produção e de eficiência da empresa.

9.16 Considerações Finais

O sistema de aquisição do Comando da Aeronáutica, ao longo dos últimos 40 anos, tem impulsionando o desenvolvimento de capacidades organizacionais e gerenciais na COPAC e no IFI, sobremaneira no desenvolvimento de uma estrutura organizacional para o gerenciamento de programas complexos e para a fiscalização e o controle de contratos e no incentivo à indústria aeronáutica brasileira pelos Acordos de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica (*Offset*).

Também tem impulsionado o desenvolvimento de capacidades técnicas na empresa líder brasileira, a Embraer. Foi destacado o desenvolvimento de capacidades importantes no Programa AM-X em áreas específicas, como aerodinâmica, estruturas, materiais, engenharia do produto, aviônica, comando de voo, ensaios em voo e fabricação. Os programas de Modernização dos F-5BR e do AM-X também acrescentaram capacidades técnicas à empresa, sobretudo em relação ao controle total do *software* operacional dos aviônicos, o que assegurou a independência do Brasil no que se refere à atualização da aeronave, além de possibilitar o apoio logístico integrado às três frotas (AM-X, F5-BR e AL-X). O Programa KC-390 destaca-se por incluir a maior aeronave desenvolvida inteiramente pela empresa e que contém uma série de inovações para a firma, por exemplo, em relação ao sistema de reabastecimento durante o voo, aos comandos de voo *Fly-by-Wire*, ao tamanho e altura do trem de pouso (Eleb), que geraram impactos diretos no desenvolvimento das novas aeronaves comerciais, como o E2, recentemente lançado.

Todavia, esses impactos não são percebidos, com a mesma intensidade, sobre o desenvolvimento das capacidades técnicas, organizacionais e de sustentação das pequenas e médias empresas de usinagem aeronáutica, preponderantemente de capital nacional, localizadas no Brasil. Os impactos evidenciados pela pesquisa de campo remetem à compra de novos equipamentos (AM-X, AL-X, KC-390) e a um contínuo esforço para o aumento de eficiência e para a otimização de processos para atender ao Programa KC-390. As empresas também enfatizaram a questão do tamanho e da geometria da peça e o tipo de material utilizado, como elementos de capacitação técnica para a empresa no Programa KC-390. Em apenas uma empresa foi possível encontrar um caso de nacionalização de processos de usinagem, algo realmente muito limitado para o segmento. Assim, explicita-se a necessidade de maior conhecimento desse segmento e de articulação dos órgãos superiores que desenvolvem Política Industrial de Ciência e Tecnologia no Brasil com o COMAER.

Oportunidades importantes de desenvolvimento de capacidades tecnológicas podem ser encontradas (tabela 9.12) nas funções que apresentaram pontuação menor que quatro (no nível de complexidade Básico Nível 1 e Básico Nível 2): Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas (pontuação média 1,75), a menor média observada, Função Gestão de Projetos (pontuação média 1,95), Função Gestão Produção (pontuação média 2,59), Função *Networks* Formais de Desenvolvimento (pontuação média 2,90), Função Gestão da Cadeia de Suprimentos (pontuação média 3,25), Função de Desenvolvimento de Produto (pontuação média 3,35) e Função Gestão da Inovação (3,35).

A Função Engenharia de Manufatura e a Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados apresentaram, respectivamente, pontuação média 4,45 e 4,50. Notas sensivelmente acima de 4, sendo categorizadas no Básico Nível 3, mas que também carecem de atenção. O nível Pré-Intermediário (nota 6) é algo que deveria ser buscado pelas empresas e pelos formuladores de política industrial aeronáutica. Chamou bastante atenção o fato de a Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas apresentar a menor pontuação média dentre todas as funções analisadas e de não ter gerado discussão durante a entrevista como uma variável de elevada relevância para as empresas. Essa função engloba atividades consideradas vitais ao desenvolvimento tecnológico de qualquer empresa em qualquer indústria. É um resultado relevante no sentido de justificar o baixo nível de complexidade encontrado nas empresas estudadas.

Do Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica é possível diferenciar, ao longo das funções, quais atividades são essencialmente de rotina e quais são inovadoras. As empresas devem empenhar-se em suprir suas debilidades, primeiramente, em relação às atividades rotineiras de seu negócio, para depois avançar em atividades capazes de gerar inovação. Não se recomenda que a empresa desconsidere atividades de rotina em favor de atividades inovadoras, uma vez que estas não serão efetivas, pois não há uma base sólida de operação da empresa em seu nível máximo de eficiência.

De maneira geral, o Modelo de Referência concebe capacidades tecnológicas de rotina para todas as funções estudadas até o nível Pré-Intermediário. Este é o último nível que a empresa deve empenhar-se em alcançar para somente depois iniciar o desenvolvimento de capacidades tecnológicas de inovação, que pertencem aos níveis Intermediário e Avançado. Este constructo pode ser utilizado como um modelo ideal para as empresas avançarem nos processos de acumulação de capacidades tecnológicas. Também pode ser utilizado pelos formuladores de política industrial que desejam impactar positivamente o segmento. O modelo fornece *insights* para evolução da maturidade das empresas estudadas, que possuem sérias debilidades em relação às suas atividades de rotina. Os apontamentos deste capítulo de nenhuma forma esgotam o assunto, mas em relação a tudo que foi referenciado e estudado ao longo dos capítulos desta Tese, apresentam um avanço real em relação à literatura de aplicação de matrizes em indústrias diversas e à literatura de avaliação de programas tecnológicos.

10 CONCLUSÕES

No Brasil, os programas de aquisição de aeronaves militares são considerados importantes como instrumentos de política industrial para desenvolver a indústria aeronáutica. Contudo, a revisão da literatura acadêmica evidenciou que o impacto na capacitação tecnológica propiciada por tais programas não tem estado na pauta das pesquisas acadêmicas. Identificou-se, assim, a possibilidade de colaborar com a literatura, analisando os impactos dos principais programas de aquisição de defesa, a partir de uma perspectiva histórica e integrada, sobre os principais beneficiários no Brasil. Nesse sentido, a Tese propôs trazer elementos que contribuam para a compreensão dos impactos tecnológicos de programas de aquisição de aeronaves militares em três grupos de beneficiários: o COMAER, o órgão contratante, a Embraer, a principal empresa da indústria aeronáutica, e, principalmente, o segmento de pequenas e médias empresas de usinagem de peças aeronáuticas, localizadas no Brasil.

Por meio de pesquisa bibliográfica, documental e pesquisa de campo foi recuperado o processo de acumulação de capacidades organizacionais no COMAER e também os impactos técnicos sobre a Embraer. Para realizar a análise dos impactos nas pequenas e médias empresas, foi criado o Modelo de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC) ancorado na revisão da literatura, que incluiu funções tecnológicas consideradas vitais à elevação da complexidade tecnológica da indústria aeronáutica brasileira. Tornaram-se explícitas, no Modelo, as funções que a Teoria da Acumulação de Capacidades Tecnológicas abordou profundamente, mas não utilizou diretamente nos diversos modelos já construídos, a saber: Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas, Função *Networks* Formais de Desenvolvimento e Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados. Essas novas funções denominaram-se Funções de Sustentação. Essa complementação permitiu agregar novas funções à matriz original de Lall (1992) e de Figueiredo (2001).

A MAVITEC foi desenvolvida conceitualmente como instrumento de avaliação para refletir as características do segmento aeronáutico de pequenas e médias empresas de usinagem, localizadas no Brasil, que participaram de uma série de programas de defesa. A partir dela foi gerado o Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica, utilizando-se de pesquisas bibliográfica e de campo. Esse modelo de referência foi aplicado

em dez empresas de usinagem de peças aeronáuticas localizadas em São José dos Campos, São Paulo e na região de Campinas.

Dentre as principais contribuições deste trabalho destacam-se:

- a avaliação que analisou cada um dos programas de aquisição do desenvolvimento e da modernização de aeronaves do COMAER, dos últimos 40 anos, com profundidade em suas áreas de conhecimento envolvidas;
- a avaliação que contemplou os impactos desses programas sobre os seus principais beneficiários: a Embraer, as pequenas e médias empresas fornecedoras da Embraer localizadas no Brasil e a própria organização contratante, o COMAER. Contribuiu-se fornecendo uma visão mais completa, integrada e histórica dos referidos impactos;
- o desenvolvimento metodológico que uniu duas “avenidas” de pesquisa: a Teoria de Acumulação de Capacidades Tecnológicas e a Teoria de Avaliação de Programas Públicos de Inovação. O modelo conceitual de avaliação de programas públicos promotores da inovação (MAVITEC) foi então ancorado no princípio de que é possível avaliar os impactos tecnológicos dos programas do COMAER por meio de Matrizes de Acumulação de Capacidades Tecnológicas de firmas fornecedoras da cadeia aeronáutica brasileira;
- o desenvolvimento da MAVITEC com as funções relevantes para o setor aeronáutico brasileiro, que são inéditas em relação à Teoria da Acumulação das Capacidades Tecnológicas e as principais matrizes já desenvolvidas;
- o desenvolvimento de um modelo operacional para a aplicação da MAVITEC ao segmento de usinagem aeronáutico, que foi denominado Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica. Esse modelo foi desenvolvido utilizando as pesquisas de campo e bibliográfica, de modo a representar as capacidades tecnológicas condizentes com o estado da arte, sob os prismas teóricos e práticos, para cada função e nível de capacidade;
- a avaliação dos impactos dos programas de aquisição de aeronaves sobre as empresas que se envolveram em uma série de programas de defesa, de modo que foi possível identificar as áreas (funções) que os programas impactaram na trajetória da empresa;
- o diagnóstico dos gargalos e das potencialidades das firmas em estudo, na medida em que o Modelo de Referência obteve êxito em capturar, no detalhe, as funções tecnológicas que foram operacionalizadas dentro das empresas e que as diferenciaram em relação às demais.

Essa forma de modelar o problema de pesquisa, a partir de uma perspectiva histórica e dinâmica, foi considerada inédita em dois importantes aspectos: em relação à literatura recente das matrizes de capacitação tecnológica e a incorporação de novos elementos mais relacionados com as funções tecnológicas da indústria aeronáutica brasileira.

A análise dos programas de aquisição de aeronaves militares permitiu-nos verificar a existência de uma relação muito madura entre o COMAER e a Embraer. As duas organizações têm-se capacitado tecnologicamente nessa relação. O COMAER tem desenvolvido uma capacidade muito robusta, em termos do estabelecimento de requisitos e da gestão de contratos complexos, e a Embraer tem consolidado sua capacidade técnica de desenvolver e produzir aeronaves competitivas no mercado internacional, a partir dos requisitos do COMAER.

Outras empresas também têm-se beneficiado dessa relação. Inicialmente, nos anos do Programa AM-X, o COMAER estabeleceu a sistemática do Programa de Industrialização Complementar (PIC), como o modo pelo qual outras empresas brasileiras seriam capacitadas a produzirem equipamentos no Brasil. A Embraer estava à frente de contratos de capacitação de empresas selecionadas, que adquiriram o direito de produzir equipamentos no Brasil, sob licença de fornecedores estrangeiros. As empresas Ael Sistemas, Celma e a Eleb beneficiaram-se diretamente dessa sistemática, e assim desenvolveram importantes capacidades tecnológicas no Brasil. Tal sistemática de desenvolvimento de fornecedores configurou um ponto atípico na arquitetura geral dos programas de aquisição de aeronaves do COMAER e somente foi encontrada no Programa AM-X.

Nos demais programas, verificou-se o uso da Política e Estratégia de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica, o *Offset*, que passou a ser o principal instrumento de política industrial do governo brasileiro para o desenvolvimento de novos fornecedores aeronáuticos. Nesse sentido, o COMAER diferenciou-se das outras Forças Armadas (Exército e Marinha). O *Offset* tornou-se uma referência no Ministério da Defesa, o que incentivou a sua implementação no âmbito nacional e das demais Forças. Graças a essa política, a indústria aeronáutica encontra-se em um estágio mais adiantado, quando comparada com as indústrias que dão suporte às forças terrestre e naval. No entanto, essa política apresenta ainda algumas limitações, pois as unidades do COMAER, em especial a COPAC e o IFI, ainda não estão completamente capacitadas a desenvolverem um plano estratégico de longo prazo, com continuidade, para a nacionalização de tecnologias estratégicas. Os *Offsets* tendem a ser pontuais e sem continuidade do ponto de vista estratégico do órgão contratante. Essas

organizações militares ainda não dispõem de informações estratégicas acerca das reais potencialidades das empresas situadas no Brasil, de modo que sempre as mesmas empresas são beneficiárias de *Offset*.

Constatou-se também que as pequenas e médias empresas de usinagem aeronáutica ficam à margem dos benefícios oriundos da relação entre o COMAER e a Embraer. Mesmo tendo participado de uma série de programas de defesa, os impactos desses programas nas trajetórias dessas empresas têm-se mostrado, de fato, muito reduzidos. Apenas um exemplo foi considerado muito relevante como impacto direto de um programa de defesa sobre a trajetória de uma empresa pequena. Foi o caso da nacionalização de um tipo de furação para o Programa KC-390, que até então não era realizado no Brasil. No entanto, esse transbordamento ocorreu por iniciativa da Embraer, que se empenhou em trabalhar conjuntamente com a pequena empresa para o desenvolvimento desse tipo de furação. Exemplos semelhantes não foram encontrados no histórico dos *Offsets*.

Também se observou a não incidência de uma política industrial sobre esse grupo de pequenas e médias empresas. Os resultados da pesquisa de campo sugerem que as empresas apresentaram um processo de acumulação de capacidades tecnológicas truncado, que se traduz em perfis de grande heterogeneidade de capacidades. Não se percebe uma lógica no processo de acumulação de capacidades, e não existe algo que perpassasse, como um fio condutor, esse processo de acumulação das diferentes empresas do segmento de usinagem aeronáutica. De fato, não foi verificada a existência de uma política industrial que pudesse estimular o segmento de usinagem aeronáutica do Brasil.

Das entrevistas com especialistas dos órgãos do governo percebeu-se, com frequência, o discurso de que não é atributo do COMAER realizar política industrial para o desenvolvimento de fornecedores nacionais. Das entrevistas com executivos da Embraer, também se observou o discurso e a prática de que não é atributo da Embraer realizar tal política industrial. Os dois principais agentes da indústria aeronáutica do Brasil parecem “isentar-se” da elaboração estratégica de um plano de desenvolvimento de fornecedores para a consolidação de uma indústria aeronáutica, de fato, no país, no sentido da constituição de uma rede de suprimentos globalmente competitiva. Na prática do dia a dia desse segmento de usinagem, as empresas “sobrevivem” sem um elo de coordenação único que as oriente estrategicamente, de fato, para a aprendizagem tecnológica, e contam apenas com o apoio da empresa líder. As iniciativas de desenvolvimento de fornecedores são pontuais e feitas a partir da ótica privada da Embraer.

Há muito espaço para a construção de um Sistema Setorial de Inovação que reserve um lugar importante para as pequenas e médias empresas do segmento de usinagem aeronáutica. As entrevistas realizadas ao longo desta pesquisa demonstraram que as empresas de usinagem que estão habilitadas a fornecerem para Embraer possuem condições técnicas para fornecer para outras empresas e indústrias no Brasil e, sobretudo, no exterior. O que pode ser verificado por meio da Função Engenharia de Manufatura e da Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados, com pontuação média para as empresas estudadas acima de quatro, o que é relevante, frente às demais pontuações médias nas outras funções, que se mostraram muito baixas.

Das entrevistas realizadas na Embraer, foi muito citada a capacidade técnica dos fornecedores de serviços de usinagem de peças aeronáuticas, e que estes fornecedores estariam habilitados tecnicamente a exportarem para qualquer empresa. Os problemas e as deficiências mais citados pelas empresas, em termos das funções apresentadas, reportaram-se às questões gerenciais ligadas às funções Gestão da Produção, Gestão da Cadeia de Suprimentos, Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e Outros Mercados, Gestão de Projetos e, *Networks* Formais de Desenvolvimento. Chamou bastante atenção o fato da Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas apresentar a menor pontuação média dentre todas as funções analisadas, e de não ter gerado discussão durante a entrevista como uma variável de elevada relevância para as empresas. Essa função engloba atividades consideradas vitais ao desenvolvimento tecnológico de qualquer empresa em qualquer indústria. É um resultado relevante no sentido de justificar o baixo nível de complexidade encontrado nas empresas estudadas.

Do Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica é possível diferenciar, ao longo das funções, quais atividades são essencialmente de rotina e quais atividades são inovadoras. As empresas devem empenhar-se em suprir suas debilidades, primeiramente, em relação às atividades rotineiras de seu negócio, para depois avançar em atividades capazes de gerar inovação. De maneira geral, o Modelo de Referência concebe capacidades tecnológicas de rotina para todas as funções estudadas até o nível Pré-Intermediário. Este é o último nível que a empresa deve empenhar-se em alcançar para somente depois iniciar o desenvolvimento de capacidades tecnológicas de inovação, que pertencem aos níveis Intermediário e Avançado.

Este constructo pode ser utilizado como um modelo ideal para as empresas avançarem nos processos de acumulação de capacidades tecnológicas. Além de poder ser utilizado pelos

formuladores de política industrial que desejam impactar positivamente o segmento. O modelo forneceu *insights* para evolução da maturidade das empresas estudadas, que possuem sérias debilidades em relação às suas atividades de rotina e apresentou-se como um avanço real em relação à literatura de aplicação de matrizes em indústrias diversas e à literatura de avaliação de programas tecnológicos.

O universo de conclusões que decorre dos capítulos anteriores é bastante amplo, com inúmeras implicações em várias dimensões de natureza técnica, organizacional e política, assim como em diversas instituições de capital público e privado. No entanto, de maneira bastante recortada, com este trabalho, pode-se apontar quais tipos de capacidades têm sido criados pelos programas de aquisição de aeronaves no Brasil, ao longo dos últimos 40 anos, a partir do ponto de vista de três beneficiários: COMAER, Embraer e empresas pequenas e médias de usinagem aeronáutica. Também possibilitou apontar, detalhadamente, qual o nível de complexidade alcançado por cada empresa que participou de uma série de programas de defesa. Isso foi realizado por meio de pesquisa documental e pesquisa de campo, da modelagem conceitual da MAVITEC e da modelagem operacional do Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica.

As recomendações de política industrial e as considerações acerca do planejamento estratégico de empresas que desejam evoluir tecnologicamente recaem sobre o desdobramento das atividades presentes em cada função. Tais funções precisam ser “alimentadas” diariamente com atividades estratégicas e recursos humanos capazes de incrementar o nível de conhecimento existente na firma. As Funções Tecnológicas de Sustentação – Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas, Diversificação-Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados e *Networks* Formais de Desenvolvimento – apresentaram elementos chaves para evolução tecnológica das empresas. No entanto, os resultados da pesquisa de campo sugeriram que as empresas não dedicaram atenção estratégica para as questões que essas funções sugerem – o que pode explicar, de um ponto de vista restrito, o baixo nível de complexidade encontrado nas empresas do estudo de caso. As dificuldades apontadas pelas empresas e a inexistência de uma política projetada para estimular o segmento não podem ser desconsideradas na explicação desse subdesenvolvimento.

As Funções Organizacionais – Gestão da Produção, Gestão de Projetos, Gestão da Cadeia de Suprimentos e Gestão da Inovação – contêm atividades que as empresas devem dominar profundamente mesmo nos níveis de complexidade mais básicos, pois contam com inúmeras atividades consideradas de rotina e que preparam a firma para processos inovadores.

A Função Técnica Engenharia da Manufatura (Processos e Equipamentos) pode ser impactada pela compra de novos equipamentos, as firmas têm capacidade para adaptarem seus processos aos equipamentos disponíveis às empresas dos países avançados. A maioria das empresas estudadas tem autonomia no dimensionamento dos seus processos de produção, o que também possibilita o acesso a outros mercados.

Essa função também pode ser impactada por uma ampla adesão aos variados tipos de certificações NADCAP, que possibilitam acesso ao mercado aeronáutico internacional, com visíveis transbordamentos sobre a Função Gestão da Cadeia de Suprimentos e Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados. A Função Técnica Desenvolvimento de Produto foi encontrada em apenas uma empresa de usinagem e pode conter o capital intelectual para o salto tecnológico da empresa, mas somente se todas as demais deficiências apontadas nas outras funções forem estrategicamente sanadas.

Por conseguinte, resultados da pesquisa de campo também sugerem que a participação avulsa em programas de financiamento da FINEP induz a desenvolvimentos parciais e pouco integrados em termos das funções tecnológicas das empresas. Reforça-se, assim, a carência de programas públicos que trabalhem especificamente as funções tecnológicas existentes nas pequenas e médias empresas de usinagem, de modo que sejam geradas capacidades integradas funcionalmente, com domínio de níveis de complexidade similares nas distintas operações da empresa.

10.1 Sugestões de Trabalhos Futuros

As conclusões desta Tese, ainda que limitadas aos casos estudados e ao modelo analítico utilizado, apontam algumas questões para as pesquisas futuras. Recomenda-se realizar estudos do impacto dos programas de aquisição do COMAER no âmbito de outros segmentos aeronáuticos, que agregam maior valor na cadeia de suprimentos. Outrossim, recomenda-se realizar estudos de impacto decorrentes de projetos de *Offset*. Por fim indica-se aprimorar o método de avaliação desenvolvido (MAVITEC), utilizando uma amostra maior de empresas para aprimorá-lo.

Referências Bibliográficas

Fontes Primárias

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate. **Contratos do programa de compra conjunta do Caça Bombardeiro Reconhecedor Leve AM-X e do processo de modernização**. Brasília, DF, 1981-2011. Documento interno do Arquivo Central DCTA/COPAC.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate. **Programa de industrialização complementar**. [S.l.], 1987. Documento interno do Arquivo Central DCTA/COPAC.

FIAT AVIAZIONE; COMPANHIA ELETROMECHANICA CELMA. Industrial agreement between Fiat Aviazione S. p. A. and Companhia Eletromecanica Celma concerning the Spey MK 807 Engine Program. [S.l.], 7 mai. 1986. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate. **Contratos do Programa da aeronave AL-X**. Brasília, DF, 1995-2007. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate. **Contratos do Programa de Modernização da Aeronave F5**. Brasília, DF: Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

MEMORANDO de Entendimento N° 1 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Linhas gerais de orientação e modalidades de realização de um programa conjunto para definição, desenvolvimento, produção e apoio durante a fase de emprego de Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Ligeiro. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 03 mar. 1981. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

MEMORANDO de Entendimento N° 2: fase de definição do Programa para realização de um Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 07 out. 1981. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

MEMORANDO de Entendimento N° 3 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Linhas gerais de orientação e modalidades de atuação da Fase de Desenvolvimento do Programa Conjunto para realização de um Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 07. jun. 1983. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

SUPLEMENTO N° 1 ao Memorando de Entendimento N° 3 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. 1ª Subfase de Desenvolvimento do

Programa Conjunto para realização de um Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 07 jun. 1983. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

SUPLEMENTO N° 2 ao Memorando de Entendimento N° 3 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Aquisição da licença para reprodução do motor SPEY MK-807 para o avião AMX. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 30 mar. 1984. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

ADENDO N° 1 ao Suplemento N° 2 ao Memorando de Entendimento N° 3 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Extensão ao Brasil dos Direitos de reprodução do motor SPEY MK-807 para o avião AMX. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 31 out. 1985. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

SUPLEMENTO N° 3 ao Memorando de Entendimento N° 3 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. 2ª Subfase de Desenvolvimento do Programa de realização de um Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 30 jan. 1985. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

SUPLEMENTO N° 4 ao Memorando de Entendimento N° 3 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Atividades aditivas à Fase de Desenvolvimento do Programa Conjunto para realização de um Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve AM-X. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 29 jan. 1986. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

ADENDO N° 1 ao Suplemento N° 4 ao Memorando de Entendimento N° 3 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Atividades aditivas “não-comuns” à Fase de Desenvolvimento. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 22 ago. 1991. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

ADENDO N° 2 ao Suplemento N° 4 ao Memorando de Entendimento (MOU) N° 3 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. 2º Grupo de atividades aditivas à Fase de Desenvolvimento. Documento interno. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 30 mar. 1992. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

22/08/1981, SUPLEMENTO N° 5 ao Memorando de Entendimento N° 3 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. 3ª Subfase de Desenvolvimento do Programa Conjunto para realização de um Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve em configuração monoposto e biposto Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 22 ago. 1981. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

MEMORANDO de Entendimento Nº 4 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Atividade de industrialização para realização de um Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 08 ago. 1984. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

SUPLEMENTO Nº 1 ao Memorando de Entendimento Nº 4 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana.: Atividades de industrialização e de Início de produção do grupo motopropulsor SPEY MK-807 destinado à motorização do Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve AM-X. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 31 out. 1985. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

ADENDO Nº 1 ao Suplemento Nº 1 ao Memorando de Entendimento Nº 4 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Atividades preliminares de início de produção do motor Rolls-Royce SPEY MK-807. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 20 mai. 1988. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

SUPLEMENTO Nº 2 ao Memorando de Entendimento Nº 4 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Atividades de industrialização e de início de produção da célula para realização do Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve AM-X. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 11 nov. 1985. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

ADENDO Nº 1 ao Suplemento Nº 2 ao Memorando de Entendimento Nº 4 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Atividades de industrialização e atividades preliminares de início de produção da célula para realização do Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve AM-X. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 29 out. 1986. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

ADENDO Nº 2 ao Suplemento Nº 2 ao Memorando de Entendimento Nº 4 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Atividades logísticas e de apoio relativas ao Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve AM-X configuração biposto. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 30 mar. 1992. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

SUPLEMENTO Nº 3 ao Memorando de Entendimento Nº 4 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Atividades de industrialização e de início de produção dos equipamentos (gerais e aviônicos) e acessórios a instalar no avião Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve AM-X de série. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 11 nov. 1985. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

SUPLEMENTO Nº 4 ao Memorando de Entendimento Nº 4 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Atividades de industrialização e de início de produção do avião Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve AM-X na configuração biposto. Documento interno. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar

Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 22 out. 1991. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

MEMORANDO de Entendimento N° 5 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Fase de produção do Programa Conjunto para realização Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve AM-X. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 24 mar. 1987. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

SUPLEMENTO N° 1 ao Memorando de Entendimento N° 5 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Produção do 1o. lote de aviões de série. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 08 mai. 1988. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

SUPLEMENTO N° 1 ao Memorando de Entendimento N° 5 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Produção do 2o. lote de aviões de série. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 02 mai. 1991. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

SUPLEMENTO N° 3 ao Memorando de Entendimento N° 5 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Produção do 3o. lote de aviões de série. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 02 ago. 1993. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

MEMORANDO de Entendimento N° 6 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Fase de Apoio ao exercício do sistema D Arma AM-X. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 20 fev. 1992. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

ADENDO N° 1 ao Memorando de Entendimento N° 6 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Fase de Apoio ao Exercício do Sistema de Armas AM-X. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 9 dez. 1996. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

SUPLEMENTO N° 1 ao Memorando de Entendimento N° 6 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana.: Fase de Apoio ao Exercício do avião Caça-Bombardeiro-Reconhecedor Leve AM-X do Sistema de Armas AM-X e dos relativos equipamentos e acessórios. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 13 abr. 1995. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

SUPLEMENTO N° 2 ao Memorando de Entendimento N° 6 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Atividade de atualização da configuração de aeronaves do 1o. e 2o. lotes. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 21 jan 1998. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

MEMORANDO de Entendimento N° 7 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Subdivisão dos materiais adquiridos conjuntamente em consequência da execução das atividades das fases do programa. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 20 fev. 1992. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

MEMORANDO de Entendimento N° 8 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Comercialização e venda a terceiros países do sistema de Armas AM-X e / ou seus componentes. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 20 jun. 1994. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

MEMORANDO de Entendimento N° 9 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Atividades para o melhoramento e para atualização da configuração do sistema d'armas AM-X. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 16 jun. 2003. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

SUPLEMENTO N° 1 ao Memorando de Entendimento N° 9 entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República Italiana. Atividades para o melhoramento e para atualização da configuração do sistema d'armas AM-X. Roma e/ou Brasília: Estado Maior da Aeronáutica Militar Italiana, Estado Maior da Aeronáutica do Brasil, 20 set. 2004. Documento interno da gerência DCTA/COPAC.

Fontes Secundárias

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Panorama da Base Industrial de Defesa: Segmento Aeroespacial**. Autores: Maurício Pazini Brandão e Carlos Magno Vilela do Nascimento. 2013.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Diagnóstico da base industrial de Defesa Brasileira**. Autores: Marcos José Barbieri Ferreira e Fernando Sarti. Campinas: ABDI, MD, IE/UNICAMP, NEIT. 2011.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Estudos Setoriais de Inovação – Base Industrial de Defesa**. Relatório Setorial: Determinantes da Acumulação de Conhecimento para Inovação Tecnológica nos Setores Industriais no Brasil. Brasília: ABDI e IPEA. 2010

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Empresas brasileiras fornecedoras da EMBRAER**. 2013. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/certificacao/Organizacao/Protudos/ListaFornecedoresNacionaisI_OrgCodi_000332.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2013.

AMARO, Lucio Pinheiro. **Proposta de um modelo para pré-aquisição de produtos de defesa em organizações das Forças Armadas nos primeiros níveis de maturidade**. 2012.

176 f. Dissertação (Mestrado em Produção, Engenharia Aeronáutica e Mecânica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

ANDRADE, Maria Margarida. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1993.

ARNOLD, Eric; THURIAUX, Ben. **Developing firms' technological capabilities**. [S.l.]: Technopolis Group. Jun. 1997. Report.

ARVANITIS, S. Micro-econometric approaches to the evaluation of technology –oriented public programmes: a non-technical review of the state of the art. In: LINK, A.

ASCHHOFF, B.; SOFKA, W. **Innovation on demand**: can public procurement drive market success of innovations. Mannheim, Germany: Centre for European Economic Research (ZEW), Jul.2008. (Discussion paper n.08-052)

[AIR TRANSPORT ASSOCIATION](http://www.s-techent.com/ATA100.htm#[24]). **ATA definitions of aircraft groups, systems and sub-systems**. Limerick, 1968. Disponível em: <[http://www.s-techent.com/ATA100.htm#\[24\]](http://www.s-techent.com/ATA100.htm#[24])>. Acesso em: 10 mar. 2013.

AUSTRALIAN. Department of Defense. **Defense capability guide**. 2012. Disponível em: <<http://www.defence.gov.au/Publications/CapabilityGuide2012.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

BACH, Laurent; COHENDET M. P.; LAMBERT, G.; LEDOUX, M. J. Measuring and managing spinoffs: the case of the spinoffs generated by ESA Programs. In: GREENBERG, J. S. HERTZFELD, H. R. (Ed.). **Space economics**. Washington, DC: AIAA, 1992. (Progress in Astronautics and Aeronautics, v. 144)

BASTOS, Carlos Pinkusfeld M.; REBOUÇAS, Mariana Martins e BIVAR, Wasmália Socorro Barata. A construção da pesquisa industrial de inovação. In: VIOTTI, Eduardo Baumgratz; MACEDO, Mariano de Matos. (Org). **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil**. Campinas: UNICAMP, 2003. 614 p.

BELL, Martin; FIGUEIREDO, Paulo N. Building innovative capabilities in latecomer emerging market firms: some key issues. In: AMANN, Edmund.; CANTWELL, John. (Ed.) **Innovative firms in emerging market countries**. Oxford: Oxford University Press, 2012.

BELL, Martin; ALBU, Michael. Knowledge systems and technological dynamism in industrial cluster in developing countries. **World Development**, v. 27, n. 9, p. 1715-1734, 1999.

BELL, Martin; PAVITT, Keith. The development of technological capabilities. In: UL Haque I.; BELL, M.; DAHLMAN, C.; LALL, S.; PAVITT, K. **Trade, technology and international competitiveness**. Washington, DC: The Word Bank, 1995. p. 69-101. 1995.

BELL, Martin *et al.* **Aiming for 2020**: a demand driven perspective on industrial technology policy in Malay. Brighton: Science Policy Research Unit, 1995.

BELL, Martin; PAVITT, Keith. Technological accumulation and industrial growth: contrast between developed and developing countries. **Industrial and Corporate Change**. v. 2, n. 2, p. 157-210, 1993.

BELL, Martin. Learning and accumulation of industrial and technological capability in developing countries. In: FRANSMAN, M.; KING, K. (Eds). **Technological capacity in the Third World**. London: Macmillan, p. 187-209, 1984.

BERNARDES, Roberto; PINHO, M. **Aglomerização e aprendizado na rede de fornecedores locais da Embraer**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2002. Disponível em: <http://www.ie.ufrj.br/redesist/NTF2/NT%20Bernardes-Pinho.PDF> > 2002. Acesso em: 20 maio 2015.

BERNARDES, Roberto. **Embraer elos entre estado e mercado**. São Paulo: Hucitec, 2000.

BORJESSON, Sofia; ELMQUIST, Maria; HOOGE, Sophie. The challenges of innovation capability building: learning from longitudinal studies of innovation efforts at Renault and Volvo cars. **J. Eng. Technol. Manage**, v. 31, p. 120-140, 2014.

BOZEMAN, Barry.; KINGSLEY, Gordon. Research value mapping and evaluation: theory and application. In: LINK, Albert N.; VONORTAS, Nicholas S.(Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2013. p. 166-192.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. **Diretriz do Comando da Aeronáutica de ciclo de vida de sistemas e materiais da aeronáutica**. Brasília, DF, 2007. (DCA 400-6).

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Estado Maior da Aeronáutica. **Política e estratégia de compensação comercial, industrial e tecnológica da aeronáutica**. Brasília, DF, 2005. (DCA 360-1).

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial. **Regimento interno da comissão coordenadora do programa aeronave de combate**. Brasília, DF, 2010. (RICA 21-235).

BRASIL. **Lei nº 12.598 de 21 de março de 2012**. Estabelece as normas especiais para as compras, contratações e o desenvolvimento de produtos e de sistemas de defesa e dispõe sobre regras de incentivo à área estratégica de defesa. 2012a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12598.htm>. Acesso em: 16 out. 2013.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Livro branco de defesa nacional**. Brasília, DF, 2012b.

BRASIL. **Decreto nº 7.546, de 2 agosto de 2011**. Regulamenta a aplicação de margem de preferência para produtos manufaturados e serviços nacionais e de medidas de compensação comercial, industrial, tecnológica ou de acesso a condições vantajosas de financiamento. 2011. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/Decreto/D7546.htm>. Acesso em: 10 ago. 2013.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação, 2012-2015: balanço das atividades estruturantes 2011**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0218/218981.pdf>. Acesso em: 16 out. 2013.

BRASIL. **Decreto nº 6.703, de 18 de dezembro de 2008**. Aprova a estratégia nacional de defesa e dá outras providências. 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6703.htm>. Acesso em: 20 mar. 2013.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Portaria normativa nº. 586/MD, de 24 de abril de 2006**. Aprova as ações estratégicas para a Política Nacional da Indústria de Defesa. 2006. Disponível em: <http://www.defesabr.com/MD/md_pdn.htm>. Acesso em 10 março de 2013.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Portaria normativa nº. 899/MD, de 19 de julho de 2005**. Aprova a Política Nacional da Indústria de Defesa. 2005a. Disponível em: <http://www.defesabr.com/MD/md_pdn.htm>. Acesso em: 10 mar.2013.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Decreto nº 5.484, de 30 de junho de 2005**. Aprova a Política Nacional de Defesa e dá outras providências. 2005b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5484.htm>. Acesso em: 12 mar. 2013.

BROWN, Bradfort. **Introduction to the defense acquisition management**. 10. ed. Fort Belvoir: Defense Acquisition University Press, 2010.

CABRAL, Arnaldo Souza. **Análise do desempenho tecnológico da indústria Aeronáutica Brasileira**. 1987. 241 f. Tese (Doutorado em Pesquisas Operacionais) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CARNEGIE MELLON UNIVERSITY. **Capability maturity model integration: CMMI for acquisition**. Version 1.3. Nov. Pittsburgh, 2010.

CASAULT, Sebastien.; GROEN, Aard. J.; LINTON, Jonathan. D. Selection of portfolio of R&D projects. In: LINK, Albert. N.; VONORTAS, Nicholas. S. (Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2013. p. 89-114.

CASTRO, Eduardo Cortes; FIGUEIREDO, Paulo N. Aprendizagem tecnológica compensa? Implicação das acumulações da acumulação de competências para o aprimoramento de performance técnica em uma aciaria no Brasil (1997-2001). **Revista de Administração Contemporânea**, v. 9, n. 1, p. 109-133, 2005.

CHAGAS JÚNIOR, Milton de Freitas; CABRAL, Souza Arnaldo; CAMPANÁRIO, Milton de Abreu. Firmas integradoras de sistemas, suas capacitações e fontes de tecnologia: o caso da empresa brasileira de aeronáutica. **Revistas de Ciências da Administração**, Florianópolis, v. 13, n. 29, jan./abr. 2011.

CHAGAS JÚNIOR, Milton de Freitas. **A Evolução dos modelos de gestão do processo de inovação tecnológica nas firmas: o caso EMBRAER**. 2005. 149 f. Dissertação (Mestrado em Produção, Engenharia Mecânica e Aeronáutica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

DEFENSE ACQUISITION UNIVERSITY. **Defense acquisition guidebook**. [S.l.: s.n.], 2012.

EDLER, J.; GEORGHIOU, L. Public procurement and innovation: resurrecting the demand side. **Research Policy**, v.36, p. 964-963, 2007.

EDQUIST, Charles; VONORTAS, Nicholas S.; ZABALA, Jon Mikel Z.; EDLER, Jakob. (Eds.) **Public procurement for innovation**. Cheltenham: Edward Elgar, 2015.

EDQUIST, Charles; ZABALA, Jon Mikel Z. Public procurement for innovation (PPI) as mission-oriented innovation policy. **Research Policy**, v. 41, n. 10, p. 1757-1769, April 7, 2012.

EDQUIST, Charles Systems of innovation: perspectives and challenges. In: FAGERBERG, Jan; MOWERY, David C.; NELSON, Richard R. (Eds). **The Oxford handbook of innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2004.

EDQUIST, Charles; HOMMEN, L.; TSIPOURI, L. (Eds.) **Public technology procurement and innovation**. New York: Springer, 2000.

ESSMANN, H.; PREEZ, N. Du. An innovation capability maturity model: development and initial application. **International Journal of Human and Social Sciences**, v.5, p.1 2010.

EMBRAER. **Prospecto preliminar de distribuição pública secundária de ações ordinárias de emissão da Embraer**. São José dos Campos, 2007. 680 p. Disponível em: <http://www.bnades.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empr esa/download/Prospecto_Embraer.pdf> Acesso em: mar. 2013).

FELLER, Irwin. Peer review and expert panels as techniques for evaluating the quality of academic research In: LINK, Albert N.; VONORTAS, Nicholas S. (Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation**. Cheltenham: Edward Elgar, 2013. p. 115-142.

FERREIRA, Vanessa de Lima; SALERNO, Mario Sergio; LOURENCÃO, Paulo Tadeu de Mello As estratégias na relação com fornecedores: o caso Embraer. **Gest. Prod. São Carlos**, v. 18, n. 2, p. 221-236, 2011.

FLEURY, Afonso C. C.; FLEURY, Maria Teresa Leme. Estratégias competitivas e competências essenciais: perspectivas para a internacionalização da indústria no Brasil. **Gestão e Produção**. v. 10, n. 2, p. 129-144, 2003.

FIGUEIREDO, Paulo Negreiros. Beyond technological catch-up: an empirical investigation of further innovative capability accumulation outcomes in latecomer firms with evidence from Brazil. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 31, p. 73-102, 2014.

FIGUEIREDO, Paulo Negreiros. Discontinuous innovation capability accumulation in latecomer natural resource-processing firms. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, p. 1090-1108, 2010.

FIGUEIREDO, Paulo Negreiros. **Gestão da inovação, conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

FIGUEIREDO, Paulo Negreiros. Industrial policy changes and firm -level technological capability development: evidence from northern Brazil. **World Development**, v. 36 n. 10, p. 55-88, 2008.

FIGUEIREDO, Paulo Negreiros. Acumulação tecnológica e inovação industrial: conceitos, mensuração e evidências no Brasil. **São Paulo em Perspectiva**, v 19, n. 1, p. 54-69, jan./mar. 2005.

FIGUEIREDO, Paulo Negreiros. Technological learning and industrial innovation in emerging economies: a brief contribution to the design and implementation of strategic and empirical studies in Brazil. **Brazilian Journal of Innovation**, v. 3, n. 2, p. 323-361, 2004.

FIGUEIREDO, Paulo Negreiros. **Aprendizagem tecnológica e performance**. Rio de Janeiro: FGV, 2003a.

FIGUEIREDO, Paulo Negreiros. Learning, capability accumulation and firms differences: evidence from latecomer steel. **Industrial and Corporate Change**, v. 12, n. 3, p. 607-643, 2003b.

FIGUEIREDO, Paulo Negreiros. Learning processes features and technological capability accumulation: explaining inter: differences firms. **Technovation**, v.22, p 685-98, 2002.

FIGUEIREDO, Paulo Negreiros **Technological learning and competitive performance**. Cheltenham, UK, Northampton, MA: Edward Elgar, 2001.

FIGUEIREDO, Paulo Negreiros. **Technological capability-accumulation paths and the underlying learning process in the latecomer context: a comparative analysis of two large steel companies in Brazil**. 1999. Thesis (PhD) - University de Sussex.

FONSECA, Paulus Vinícius da Rocha. EMBRAER: um caso de sucesso com apoio do BNDES. **Revista do BNDES**, n. 37, p. 39-66, 2012.

FRANCE. Ministère de la défense. **LOI n° 2009-928 du 29 juillet 2009 relative à la programmation militaire pour les années 2009 à 2014 et portant diverses dispositions concernant la défens**. 2016. NOR: DEFX0824148L. Disponível em: <<http://legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020915137#LEGISCTA000020930873>> Acesso em: 14 março 2013.

FREEMAN, Christopher. The national system of innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of Economic**, n. 19(1), p. 5-24, 1995.

FREEMAN, Christopher. The economics of technical change. **Cambridge Journal of Economic**, n. 18, p. 464-514, 1994.

FREEMAN, Christopher; SOETE, Luc (1977). **A economia da inovação industrial**. Campinas: UNICAMP, 1998.

FRISCHTAK, Claudio R. Learning and technical progress in the commuter aircraft industry: an analysis of Embraer's experience. **Research Policy**, n. 23, p. 601-612, 1994.

FURTADO, André Tosi; COSTA FILHO, Edmilson Jesus Avaliação dos impactos econômicos dos programas ERJ 145 e EMBRAER 170/190. In: MONTORO, Guilherme Castanho; MIGON, Marcio Nobre (Org). **Cadeia produtiva aeronáutica brasileira: oportunidades e desafios**. Rio de Janeiro: BNDES, 2009. p. 71-196.

FURTADO, André Tosi; BIN, Adriana; Bonacelli, Maria Beatriz Machado; PAULINE, Sonia Regina; MIGLINO, Maria Augusta; CASTRO, Paul Drummond de Felicio. Evaluation of results and impact of research and development: advances and methodological challenges from a case study. **Production and Management**, v.2, n.2, p. 381-92, 2008.

FURTADO, André Tosi; DUTRA, L. E. D.; PEREIRA, N. M.; MARZANI, B. Política de compras da indústria de petróleo e gás natural e a capacitação dos fornecedores no Brasil: o mercado de equipamentos para o desenvolvimento de campos marítimos. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 2003. p. 1-49. Nota Técnica nº 5. Projeto CTPETRO: Tendências Tecnológicas.

FURTADO, André Tosi; SULLICK, Saul B.; PEREIRA, Newton M.; FREITAS, Adriana. G.; BACH, Laurent. Assessment of direct and indirect effects of large technological programmes: Petrobrás Deepwater Programme in Brazil. **Research Evaluation**, v. 8, n.3, p.155-63, 1999.

GOLDSTEIN, Andrea; GODINHO, Manuel Mira. The expansion of emerging economies' multinationals: the case of Embraer in Portugal. **Int J. Technol. Learn., Innov. and Dev.**, v. 3, n. 3, 2010. DOI: 10.1504/IJTLID.2010.036492

GUERRA, João Henrique Lopes. O modelo de integração de sistemas da indústria aeronáutica: fatores motivadores. **Gestão e Produção**, v. 18, n. 2, p. 251-264, 2011.

GUERRA, João Henrique Lopes; ALVES FILHO, Alceu Gomes. O modelo de integração de sistemas da indústria aeronáutica e suas consequências. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 15, 2012, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV/EAESP, 2012. p. 1-13.

HALL, Bronwhy; VAN REENEN, John. How effective are fiscal incentives for R&D? A review of the evidence. **Research Policy**, v. 29, p. 449-69, 2000.

HASEGAWA, Miriam. **Avaliação das capacitações e dos spinoffs gerados por programas de P&D: o Programa Cana do IAC**. 2005. 202 f. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, Campinas.

HASEGAWA, Miriam; FURTADO, André Tosi. Toward a model of identification and measurement of capabilities generated by R&D programs. In: SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL INNOVATION, 2002, Salvador. **Proceedings...**[S.l.: s.n.], 2002.

HICKS, Diana.; MELKERS, Julia. Bibliometrics as a tool for research evaluation. In: LINK, Albert N.; VONORTAS, Nicholas S. (Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2013. p 323-349.

HORA, Rinaldo Nery; BONOTTO, Márcio Bruno; COLNADO, Fernando José Loureiro. Gerenciamento de projetos de aquisição de aeronaves. **Revista UNIFA**, p. 26-33, dez, 2005.

IAMMARINO, Simona; PADILLA-PÉREZ, Ramon; TUNZELMANN, Nick Von . Technological capabilities and global-local interactions: the electronics industry in two mexican regions. **World Development**, v. 36, n. 10, p. 1980-2003, 2008.

INSTITUTO DE FOMENTO E COORDENAÇÃO INDUSTRIAL. **Livro Comemorativo de 44 anos (1971 – 2015)**. São José dos Campos, 2015.

JANKOWSKI, John E. Measuring innovation with official statistics In: LINK, Albert N.; VONORTAS, Nicholas S. (Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2013. p. 366-390.

JORDAN, Gretchen B. Logic modeling: a tool for design program evaluations In: LINK, Albert N.; VONORTAS, Nicholas S. (Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2013. p 143-165.

KIM, Linsu. Da imitação à inovação tecnológica: a dinâmica do aprendizado tecnológico na Coreia. **Rev. De Economia Política**, v.26, n.4, 2006.

KIM, Linsu; NELSON, Richard R. (2000). **Tecnologia, aprendizado e inovação**: as experiências das economias de industrialização recente. 503 páginas. Campinas: Editora UNICAMP, 2005.

KLETTE, Tor Jakob; MOEN, Jarle; GRILICHES, Zvi. Do subsidies to commercial R&D reduce market failures? Micro-econometric evaluation studies. **Research Policy**, v.29, p. 471-95, 2000.

LALL, Sanjaya. (2000). A mudança tecnológica e a industrialização nas economias de industrialização recente da Ásia: conquistas e desafios. In: KIM, Linsu; NELSON, Richard R. (Org.). **Tecnologia, aprendizado e inovação**: as experiências das economias de industrialização recente. Campinas: UNICAMP, 2005. p. 25-100.

LALL, Sanjaya. Technological capabilities and industrialization. **World Development**, v. 20, n. 2, p. 165-186, 1992.

LEÃO ROCHA, Carlos Frederico. Does governmental support to innovation have positive effect on R&D investments. Evidence from Brazil. **Revista Brasileira de Inovação**, 14, n. esp., p. 37-60, jul., 2015.

LEE, KongRae. (2000) O Aprendizado tecnológico e o ingresso de empresa usuárias de bens de capital na Coreia do Sul. In: KIM, Linsu; NELSON, Richard R. (Org.). **Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente**. Campinas: UNICAMP, 2005.

LEITÃO, Dorodame Moura. O processo de aprendizado tecnológico nos países em desenvolvimento: o caso da refinação de petróleo no Brasil. **Revista de Administração**, v. 20, n.3, p 117-129, jul.-set., 1985.

LINK, Albert N.; VONORTAS, Nicholas S. (Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2013a.

LINK, Albert N.; VONORTAS, Nicholas S. Introduction to the handbook. In: LINK, Albert N.; VONORTAS, Nicholas S. (Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2013b. p. 1-14.

LINK, Albert N.; SCOTT, John T. The theory and practice of public-sector R&D economic impact analysis. In: LINK, Albert N.; VONORTAS, Nicholas S. (Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2013. p. 15-55.

LINK, Albert N.; SCOTT John T. **Public goods, public gains: calculating the social benefits of public R&D**. New York: Oxford University Press, 2011.

LUNDVALL, B. **National system of innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Ed. Printer, 1992.

MALERBA, Franco. Sectorial system of innovation and production. **Research Policy**, v. 31, p. 247-264, 2002.

MARQUES, Rosane Argou. **O desenvolvimento da capacidade para inovação: as pequenas e médias empresas do setor aeronáutico brasileiro**. 2011. 180 f. Tese (Doutorado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick (Org). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão das operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MIRANDA, Kelli Angela Cabia de. **Política de compras do comando da aeronáutica e o aprendizado tecnológico em fornecedores**. 2008. 204 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Unicamp, Campinas.

MONTORO, Guilherme Castanho. Franco; MIGON, Marcio Nobre (Org). **Cadeia produtiva aeronáutica brasileira: oportunidades e desafios**. Rio de Janeiro: BNDES, 2009.

MOIR, Ian; SEABRIDGE Allan. **Aircraft systems: mechanical, electrical, and avionics subsystems integration**. Washington, DC: AIAA, 2008. (AIAA Education Series)

NARAYANAN, V.K. **Managing technology and innovation for competitive advantage**. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 2001

NELSON, Richard R. **National innovation systems: a comparative analysis**. Oxford: Oxford Univ. Press, 1993.

NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. (1982). **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Campinas: Editora Unicamp, 2005. 631 p.

NIOSI, Jorge; ZHEGU, Majlinda. Aerospace clusters: local or global knowledge spillovers? **Industry and Innovation**, v. 12, n.1, p.5-29, 2005.

O'CONNOR, Allan C.; GALLAER, Michael P, LOOMIS, Ross J.; CASEY, Sara C. Estimating avoided environmental emissions and environmental health benefits. In: LINK, Albert N.; VONORTAS, Nicholas S. (Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2013. p 247-290.

OLIVEIRA, Luiz Guilherme. **Cadeia de produção aeronáutica no Brasil: uma análise sobre os fornecedores EMBRAER**. 2005. 226 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Unicamp, Campinas.

OZIRES SILVA. **A decolagem de um sonho: a história da criação da EMBRAER**. São Paulo: Lemos Editorial, 1998.

PACK, Howard. (2000). A pesquisa e o desenvolvimento no processo de desenvolvimento industrial. In: KIM, Linsu; NELSON, Richard R. **Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente**. Campinas: Editora UNICAMP, 2005.

PELAEZ, Victor; SZMRESÁNYI (ORG). **Economia da inovação tecnológica, economia e planejamento: obras didáticas**. Ed. Hucitec, São Paulo, 2005.

PENROSE, E. T. **Theory of the growth of the firm**. Oxford: Basil Blackwell, 1959.

PIRES, Silvio R. **Gestão da cadeia de suprimentos (Supply chain management): conceitos, estratégias, práticas e casos**. São Paulo: Atlas. 2004.

PLANO Brasil maior. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://www.brasilmaior.mdic.gov.br/publicacao/recursos/arquivos/biblioteca/PBMbaixa.pdf> 2011>. Acesso em: 05 jul. 2016.

POLT, Wolfgang; VONORTAS, Nicholas S.(Coord). **IST evaluation and monitoring**. Brussels: European Commission, DG Information Society and Media, 2006. Report.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)**. 3.ed. Newtown Square, Pennsylvania, 2004.

PRZEMIENIECKI, J. S. (Ed.). **Acquisition of defense system**. Washington DC: AIAA, 1993. (AIAA education series).

QUADROS, Ruy; FLEURY, Afonso; AMATO, João; NAKANO, Davi; CONSONI, Flávia; INÁCIO JR., Edmundo; RIBEIRO, Cássio Garcia da Silva. Mapeamento da cadeia produtiva Aeronáutica Brasileira. In: MONTORO, Guilherme Castanho Franco; MIGON, Marcio Nobre

(Org). **Cadeia produtiva Aeronáutica Brasileira: oportunidades e desafios**. Rio de Janeiro: BNDES, 2009. p. 71-196

RIBEIRO, Cassio Garcia. Encomendas tecnológicas no Brasil: o caso KC-390. In: RAUEN, A. T. (Org). **Políticas de inovação pelo lado da demanda no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA, 2016.

RIBERIO, Cassio Garcia. **Compras governamentais e aprendizagem tecnológica: uma análise da política de compras da Petrobras para seus empreendimentos offshore**. 2009. 302 f. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, Campinas.

RIVERS, Drew; GRAY, Denis O. Evaluating cooperative research centers: a strategy for assessing proximal and distal outcomes and associated economic impacts. In: LINK, Albert N.; VONORTAS, Nicholas S. (Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2013. p.291-322

ROCHA, Monica Elisabeth. **A Política de compras do Programa Espacial Brasileiro como instrumento de capacitação industrial**. 2014. 350 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Gerenciamento de Sistemas Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

ROZENFEL, Henrique; FORCELLINI, Fernando Antonio; AMARAL, Daniel Capaldo; TOLEDO, José Carlos; SILVA, Sergio Luis; ALLIPRANDINI, Dário Henrique; SCALICE, Régis Kovacs. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para melhoria de processos**. São Paulo: Saraiva, 2006.

RUEGG, Rosalie; THOMAS, Patrick (2013) Patent analysis: The theory and practice of program evaluation. In: LINK, Albert N.; VONORTAS, Nicholas S. (Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2013. p. 166-192.

SALERMO, Mario Sergio; MARX, Roberto; ZILBOVICIUS, Mauro; DIAS, Ana Valéria Carneiro. Política industrial em setores dominados por transnacionais: o Brasil como sede de concepção e projeto de produto. In: FLEURY, Maria Teresa Leme; FLEURY, Afonso (ORG): **Política industrial 2**. São Paulo: PubliFolha, 2004. (Coleção Biblioteca Valor)

SANTOS, Isabel Cristina. **Um modelo estruturado de gestão do conhecimento em indústrias de base tecnológica: estudo de caso de uma empresa do setor aeronáutico**. 2004. 198 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, Isabel Cristina; AMATO NETO, João. Gestão do conhecimento em indústria de alta tecnologia. **Produção**, v. 18, no. 3, p. 569-582, set.-dez. 2008.

SATO, Yuri ; FUJITA, Mai. **Capability matrix: a framework for analyzing capabilities in value chains**. Chipa, JP: Institute of Developing Economies, Japan External Trade Organization, 2009. 29 p. (IDE Discussion Papers no. 219)

SCHUMPETER, Joseph A. (1911 original, atualizado pelo autor em 1934). **A teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SCHUMPETER, Joseph A. (1942; 1ª. Edição). **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1984.

SDICCA, A.; PELAEZ. Sistema de inovação. In: TAMAS, S.; PELAEZ, V. (Org). **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Ed. Hucitec, 2006.

TAMAS, S.; PELAEZ, V. (Org). **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Ed. Hucitec, 2006.

TACLA, Celso Luiz.; FIGUEIREDO, Paulo Negreiros. Processos de aprendizagem e acumulação de competências tecnológicas: evidências de uma empresa de bens de capital no Brasil. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 7, n. 3, p. 101-126, 2003.

TEECE, David J. (2000). As aptidões das empresas e o desenvolvimento econômico: implicações para as economias de industrialização recente. In KIM, Linsu; NELSON, Richard R. **Tecnologia, aprendizado e inovação**: as experiências das economias de industrialização recente. Campinas: Editora UNICAMP, 2005. 503 p.

RUEGG, Rosalie; THOMAS, Patrick. Patent analysis. In: LINK, Albert N.; VONORTAS, Nicholas S. (Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation**. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2013.p. 350-365.

WELLS II, Linton; BENDETT, Samuel. Public-private cooperation in the Department of Defense: a framework for analysis and recommendations for action. **Defense Horizons**, n. 74, p. 1-12, Oct. 2012. Disponível em: <<http://ctnsp.dodlive.mil/files/2013/07/DH-074.pdf>> Acesso em: 14 out. 2014.

WILKINSON, Ray. **Aircraft structures and systems**. 2 .ed. St Albans, UK: Mechaero Publishing, 2001.

WINTER, Sidney G. On coase, competence and the corporation. **Journal of Law, Economics and Organization**, v. 4, n. 1, p. 163-180, 1988.

UNICAMP. Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação. **Metodologia de avaliação de impactos de Programa Tecnológicos**: Processo nº 520582/02-0. Campinas: Instituto de Geociências do Departamento de Política Científica e Tecnológica, mai. 2005.

UNESCO, Institute for Statistics. Sumary Report of the 2013 UIS Innovation Data Collection, 2015: <http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/ip24-summary-report-2013-uis-innovation-data-collection-2015-en.pdf> (acesso em 30/09/2015).

UNITED STATES. Department of Defense.: **Interorganizational coordination during joint operations**: joint publication 3-08 Washington DC, 2011. Disponível em: <http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp3_08.pdf> Acesso em: 12 mar. 2013.

UNITED STATES. Department of Defense. **Directive number 5000.01:** the defense acquisition system. Washington, DC, 2007.

UNITED STATES. Department of Defense. **Instruction 5000.2:** operation of the defense acquisition system. Washington, DC, 2003.

UNITED STATES. Department of Defense. **U.S. department of defense extension to:** a guide to the project management body of knowledge. Washington, DC: Defense Acquisition University Press, 2003.

URBINA, Ligia Maria Soto; LIMA, Claudenete Salvato. Modelo de avaliação da capacitação em gestão de projetos para uma empresa do setor aeroespacial. **Gest. Prod.**, São Carlos, v.16, n.4, p. 639-653, 2009.

VÉRTESY, Daniel. **Interrupted innovation:** emerging economies in the structure of the global aerospace industry. 2011. Thesis (Doctoral) – University of Maastricht, Maastricht.

VONORTAS, Nicholas S. Social network methodology. In: LINK, Albert N.; VONORTAS, Nicholas S. (Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation.** Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2013. p. 193-246.

VONORTAS, Nicholas S. (Eds). **Handbook on the theory and practice of a program evaluation.** Cheltenham: Edward Elgar, 2013. p. 56-88.

YIN, Robert K. **Case study research:** design and methods. 3 ed.[S.l.]: Sage Publications 2003.

YIN, Robert K. The case study method as a tool for doing evaluation. *Current Sociology* **March**, v. 40, p. 121-137, 1992.

YORUK, Esin; YORUK, Deniz Determinants of innovation in emerging market SMEs: thirty-five years' evidence from advanced materials in Turkey. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING. TECHNOLOGY AND INNOVATION, 18., 2012, **Proceedings...**[S.l.: s.n.], 2012.

YULEK, Murat; TAYLOR, Travis K. (Eds.). **Designing public policy in developing countries:** how to foster technology transfer and industrialization in the global economy. New York: Springer, 2010.

APÊNDICE A - Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas – Base de Dados

Nível contínuo de aquisição de conhecimento codificado - sempre e frequente (10 total); até 7 alto, de 5 a 6 médio; abaixo de 5 baixo	Nível contínuo de aquisição de conhecimento tácito - sempre e frequente (10 total); até 7 alto, de 5 a 6 médio; abaixo de 5 baixo	Investimento direto	Atividades endógenas de aquisição de conhecimento tácito - sempre e frequente (3 total); 1 baixo, 2 médio, 3 alto	Nr. técnicos	Nr. Engenheiros	Razão do Número de Engenheiros / Total de Empregados	Nr. Mestres	Nr. Doutores	Nr. Gerentes com formação no exterior	Nr. Gerentes com experiência em empresas no exterior	Nr. Gerentes com experiência em empresas no Brasil (EMBRAER e outras)
3, baixo	5, médio	Sim, relação matriz - filial	2 frequente, médio	25	10	5%	0	1	0	1	2

Programas defesa impulsionaram aquisição de conhecimento externo de 0 a 5	Esforços internos para aquisição de conhecimento: simples, primária e trivial = não; baseada em conhecimento, ativa e não trivial = sim	Existem processos para identificar e adquirir determinada tecnologia?	Existem processos para se levantar as atividades que a firma deve se empenhar em desenvolver para adquirir ou absorver determinada tecnologia?	Nr. pessoas dedicadas	Faz gestão do conhecimento?	Nr. pessoas dedicadas	Como o conhecimento adquirido nos seminários da EMBRAER é implementado e disseminado no dia-a-dia?	Possui práticas para codificar o conhecimento tácito?
0	Atividade de P&D: ativa => sim	Não	Não	0	Não	0	Reuniões	Não

Nível de complexidade da função: Avançada (10); Intermediária (8); Pré-intermediária (6); Básico nível 3 (4); Básico nível 2 (2,5); Básico nível 1 (0,5)

Pré-intermediário => Intermediário (média aritmética simples das duas notas): situação de transição

Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas

7

APÊNDICE B - Função Engenharia da Manufatura (Processos e Equipamentos) – Base de Dados

Qual a idade média do maquinário da empresa?	Já fez retrofit?	Qual o lead time (dias)?	Qual OEE (%)?	Qual a quantidade de peças usinadas por mês?	Existe estoque de produto semi-acabado?	Existe estoque de produto final?	Quantos turnos opera?	Qual a capacidade ociosa?	Qual o estado da arte em usinagem?	O quão distante está deste estado? (0 a 5)
2010; 5 eixos e multitarefas de 1 a 2 anos	Não	40	65%	6000	Sim	Sim (buffer)	2	20%	Equipamentos multitarefa; manufatura aditiva	Multitarefa (5); manufatura aditiva (0)

Nível de complexidade dos processos		Programas de defesa impulsionaram avanços no processo de usinagem 0 a 5?	Programas de defesa impulsionaram a compra equipamentos 0 a 5?	Produto ou serviço geral	Nível de complexidade da função: Avançada (10); Intermediária (8); Pré-intermediária (6); Básico nível 3 (4); Básico nível 2 (2,5); Básico nível 1 (0,5)	Função Engenharia de Manufatura
Desenvolvimento de novos processos	KC-390 (5); E2 (5); E1 (5); tamanho das peças, complexidade peças usinadas em 5 eixos	KC-390 (5): tamanho das peças, complexidade peças usinadas em 5 eixos	KC-390 (5): multitarefas	FABRICAÇÃO DE PARTES, PEÇAS, CONJUNTOS E SUBCONJUNTOS USINADOS EM CNC DE 3, 4, 5 EIXOS, multitarefa. Peças estruturais, cilindros e pistões para trem de pouso. Montagem.	Intermediário	8

APÊNDICE C - Função Gestão da Produção – Base de Dados

Sistema de gestão da produção (ferramenta de TI)	Status da Execução (0 a 5)	Quem faz a gestão da ferramenta de TI, técnico ou engenheiro? Nr. pessoas dedicadas	Problemas na implantação?	Problemas na execução?	Possui interface de comunicação com o sistema da EMBRAER?	Existe uma seção de PCP? Nr. Pessoas dedicadas	Como são organizadas as filas de produção?
Totvs		Especialista Totvs contratado para fazer a customização e implantar. / Setor TI mantém a ferramenta do PCP (Supervisor 4 técnico)	Processos especiais: insere um tempo padrão no sistema		Sim, com o portal da EMBRAER, não tem como entrar no sistema da EMBRAER	Sim, 4 pessoas que recebem os pedidos da EMBRAER	Priorização diária, interface com o portal da EMBRAER, 1 engenheiro realiza a função

Quais os problemas do planejamento da EMBRAER?	Existe um gerente de produção, técnico ou engenheiro?	O sistema é bom para gerenciar filas de produção?	A empresa adota o sistema Lean?	Realizou mapeamento de fluxo de valor? Quantas vezes?	Todas as áreas possuem células?	Acompanha o lead time de produção?
O planejamento é feito inteiramente pela EMBRAER sem a interferência do subcontratado. O planejamento da EMBRAER apresenta falhas que são corrigidas diariamente. Atraso no envio da matéria-prima.	Sim, engenheiro	Sim, + kanban	Lean parcial	3 vezes	Não	Não passou o valor disse que dependia da peça

Possui gerente lean?	Uso contínuo de ferramentas lean (17 total)	Possui sistema de gestão da qualidade?	Certificação	Departamento de controle da qualidade? Nr. Pessoas dedicadas	Departamento de garantia da qualidade? Nr. Pessoas dedicadas	Total Quality Control? Nr. Pessoas dedicadas	Total Quality Management? Nr. Pessoas dedicadas	Uso contínuo de ferramentas qualidade avançadas (13 total)	Programa defesa impulsionou uma gestão da produção mais eficiente 0 a 5?
Não	13	Sim	ISO 9001; NBR 15100	Sim, 15 a 20 pessoas	Sim, 2 pessoas	Não	Sim, 2 pessoas	7	0
Nível de complexidade da função: Avançada (10); Intermediária (8); Pré-intermediário (6); Básico nível 3 (4); Básico nível 2 (2,5); Básico nível 1 (0,5)					Função Gestão da Produção				
Básico nível 2 => Básico nível 3: transição (menos de 1 ponto para o próximo nível)					3,36				

APÊNDICE D - Função Gestão de Projetos – Base de Dados

A empresa usa de projetos?	A empresa faz gestão de projetos?	Existem processos estruturados para gestão de projetos?	Há quanto tempo (anos)?	Existe um gerente de projetos?	Nr. pessoas dedicadas a gestão de projetos	Exemplos de projetos	Nível de gestão de projetos (Kezner, 1999)	Programas defesa impulsionaram a gestão de projetos de 0 a 5?
Não	Não	Não	0	Não	0	Projetos isolados com gerente determinado: Projeto de nova planta, Projeto de compra de equipamentos	Nível 1	0
Nível de complexidade da função: Avançada (10); Intermediária (8); Pré-intermediário (6); Básico nível 3 (4); Básico nível 2 (0,5); Básico nível 1 (0,5)				Função Gestão de Projetos				
Nível 1				0,5				

APÊNDICE E - Função Gestão da Cadeia de Suprimentos – Base de dados

A empresa faz gestão de cadeia de suprimentos? Nível 1, 2, 3	Gestão de fornecedores baseado homologação EMBRAER	Planta interna para processos especiais?	Possui NADCAP para processos especiais?	Possui NADCAP para usinagem?	Subloca espaço interno para empresa de processos especiais?	Empresas subcontratas para processos especiais?	Processos especiais terceirizados	Possui fornecedor de matéria-prima?	Programas de defeito impulsionaram a gestão da cadeia de suprimentos 0 a 10
Nível 1	Sim	Não	Não	Não	Não	Metinjo (NADCAP), Friulli, Vilarés	Pintura, tratamento térmico, shot peening, ensaios não-destrutivos, anodização, aplicação cadmio, metalização, galvanoplastia	Sim para construção de gabaritos (alumínio e aço)	

Nível de complexidade da função: Avançada (10); Intermediária (8); Pré-intermediária (6); Básico nível 3 (4); Básico nível 2 (2,5); Básico nível 1 (0,5)	Função Gestão da Cadeia de Suprimentos
Básico nível 1	0,5

APÊNDICE F - Função Gestão da Inovação – Base de Dados

Possui sistema com processos definidos para a gestão da inovação? ▼	Estrutura ▼	Nr. pessoas dedicadas a gestão da inovação ▼	Possui sistema de geração de ideias inovadoras? ▼	Nome do programa ▼	Programas de defesa impulsionaram a gestão da inovação de 0 a 5? ▼
Não	Equipe de melhoria contínua	Equipe de melhoria contínua	Não	Não	KC-390 (5): inovação em processo de furação de alta precisão

Nível de complexidade da função: Avançada (10); Intermediária (8); Pré-intermediário (4); Básico nível 3 (2,5); Básico nível 2 (0,5); Básico nível 1 (0,5) ▼	Função Gestão da Inovação ▼
Básico nível 3	2,5

APÊNDICE G - Função Desenvolvimento de Produto – Base de Dados

Possui engenharia própria para desenvolvimento de produto?	Nível de complexidade de desenvolvimento de produto	Softwares	Estrutura para desenvolver	Tem condições de desenvolver uma peça adaptada para outras indústrias? Com ou sem especificação? Engenharia reversa ou requisitos do produto?	Programas de defesa impulsionaram o Desenvolvimento de Produto 0 a 5?
Não	Replicação das especificações do cliente	CAD, CAM, simulação usinagem, NX, Mipermill	Não	Sim, engenharia reversa	0

Nível de complexidade da função: Avançada (10); Intermediária (8); Pré-intermediário (6); Básico nível 3 (4); Básico nível 2 (2,5); Básico nível 1 (0,5)	Função Desenvolvimento do Produto
Básico nível 3	4

APÊNDICE H - Função Diversificação – Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados

Possui inteligência de mercado para busca de novos negócios? Nr. Funcionários	Exporta? País?	Intermediador	Por que não exporta?	Participação do Setor Aeronáutico na Estimativa de Faturamento Bruto das Empresas	Principais clientes aeronáuticos e % faturamento	Outros clientes e % faturamento	Programas de defesa impulsionaram novos negócios no Brasil de 0 a 5	Programas de defesa impulsionaram novos negócios exterior de 0 a 5
Sim, 1	Sim, EUA, Airbus	Eaton	Não	85%	Embraer (97%), Eaton (3%, Airbus)	Petróleo, óleo e gás (20%, 2014 => 1%, 2015); Motocicletas (3%); Fins industriais diversos (26%, aerogeradores, rodas de trem)	0, participar de programas gera boa reputação para a empresa	KC-390 (3)

Nível de complexidade da função: Avançada (10); Intermediária (8); Pré-intermediária (6); Básico nível 3 (4); Básico nível 2 (2,5); Básico nível 1 (0,5)	Função Diversificação - Capacidade de Atuação Global e em Outros Mercados
Pré-intermediário	6

APÊNDICE I - Função Networks Formais de Desenvolvimento – Base de Dados

Parceria com empresas	Offset (COMAER)	Join venture	Parceria com Universidades	Parceria com Institutos de Pesquisa	Parceria com laboratórios públicos e/ou privados	Parceria com SENAI/SESI/SEBRAE	Relações informais de desenvolvimento	Programas de defesa impulsionaram atividades de desenvolvimento de 0 a 5?
Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	0

Nível de complexidade da função: Avançada (10); Intermediária (8); Pré-intermediário (6); Básico nível 3 (4); Básico nível 2 (2,5); Básico nível 1 (0,5)	Função Networks Formais de Desenvolvimento
Básico nível 1	0,5

APÊNDICE J – Ferramentas Lean Analisadas

Ferramentas <i>Lean</i>	Uso contínuo	Em implantação	Uso esporádico	Ausente
Mapa de fluxo de valor	()	()	()	()
Células de manufatura	()	()	()	()
Times de melhoria	()	()	()	()
Círculos de Controle Qualidade	()	()	()	()
<i>Kaizen</i>	()	()	()	()
<i>Andon</i>	()	()	()	()
<i>Poka Yoke</i>	()	()	()	()
<i>Kanban</i>	()	()	()	()
<i>Lead Time</i>	()	()	()	()
<i>On Time Delivery</i>	()	()	()	()
<i>Overall Equipment Effectiveness</i>	()	()	()	()
5S	()	()	()	()
Balanceamento e nivelamento da produção	()	()	()	()
Single Minute Exchange of Die	()	()	()	()
<i>Yokoten</i> (expansão para outras áreas)	()	()	()	()
Operador cirurgião	()	()	()	()
Fluxo de 1 peça	()	()	()	()
Outras:	()	()	()	()

Kaizen (Imersão rápida e profunda sob um problema para promover sua solução e redução de desperdícios, ação de 2 a 5 dias conduzido por um time).

Mapa do Fluxo de Valor (Mapa do Estado Atual e Mapa do Estado Futuro: possibilita a visualização das oportunidades de operacionalização do Lean e a integração com Sistema de Gestão da Qualidade).

Gerenciamento visual: *Andon* (lâmpada para o status da produção); Dispositivo à prova de erros do projeto do produto aos processos (*Poka-Yoke*); Sistema *Kanban* (sistema para autorizar a produção ou retirada de um item, promove o sistema puxado de produção (make-to-order), instrui processos e movimentos para deslocamento de produtos, informa visualmente o que deve ser feito e por quem).

Métricas Lean *Lead Time*, *On Time Delivery*

Overall Equipment Effectiveness: OEE é o principal indicador utilizado para medir a eficiência global. São várias as métricas que podem ser utilizadas na indústria para avaliar se algum processo é eficiente ou não. Tradicionalmente em programas de TPM (*Total Productive Maintenance*) utiliza-se muito o indicador OEE que tem como objetivo responder a três perguntas importantes: Com que frequência os meus equipamentos ficam disponíveis para operar? O quão rápido estou produzindo? Quantos produtos foram produzidos que não geraram refugos? Como podemos perceber, a resposta a estas três perguntas nos fornecem um panorama geral da operação em qualquer tipo de negócio e, por este motivo, o OEE é considerado tão importante na indústria. Neste artigo apresento a maneira de calcular a eficiência global dos equipamentos através do índice OEE, e como a integração dos sistemas pode contribuir para o aumento da eficiência da indústria;

5S (*Seiri* - senso de utilização, *Seiton* - senso de organização, *Seiso* - senso de limpeza, *Seiketsu* - senso de padronização, *Shitsuke* - senso de autodisciplina).

Balanceamento e nivelamento da produção.

Single Minute exchange of Die: troca rápida de ferramentas.

APÊNDICE L – Ferramentas da Qualidade Analisadas

Ferramentas da Qualidade	Uso contínuo	Em implantação	Uso esporádico	Ausente
Velhas ferramentas				
Diagrama de Pareto	()	()	()	()
Diagrama de Ishikawa (causa e efeito: identificação de causas possíveis)	()	()	()	()
Histograma	()	()	()	()
Cartas de Controle	()	()	()	()
Diagrama de Dispersão	()	()	()	()
Fluxograma	()	()	()	()
Folha de Verificação	()	()	()	()
Novas ferramentas				
Diagrama de Afinidades	()	()	()	()
Diagrama de Relações	()	()	()	()
Diagrama de Árvore	()	()	()	()
QFD – Quality Function Deployment	()	()	()	()
Matriz de Priorização	()	()	()	()
Diagrama de Processo Decisório	()	()	()	()
Diagrama de Setas	()	()	()	()
Ferramentas avançadas				
DOE – Design of Experiments	()	()	()	()
FMEA – Failure Mode and Effect Analysis	()	()	()	()
CEP – Controle Estatístico de Processos	()	()	()	()
MAS – Measurement System Analysis	()	()	()	()
Gráfico Waterfall	()	()	()	()
A3	()	()	()	()
ARCA – Apollo Root Cause Analysis	()	()	()	()
KC (Key Characteristic)	()	()	()	()
Poka-Yoke	()	()	()	()
MASP	()	()	()	()

GUT	()	()	()	()
Brainstorming	()	()	()	()
5W1H	()	()	()	()

Fonte: Embraer. Q-book. Ferramentas da qualidade: guia rápido de referências. VOP/DQA, nov, 2011.
[http://www.embraer.com.br/eqrs/includes/Q-Book PORTUGUES_Rev1.pdf](http://www.embraer.com.br/eqrs/includes/Q-Book_PORTUGUES_Rev1.pdf) acesso 10/05/2015)

APÊNDICE M – Questionário para a Função Gestão da Acumulação de Capacidades Tecnológicas

1) Como a firma adquire conhecimento (tecnologia) codificado do exterior?

AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO CODIFICADO DO EXTERIOR	Assinale: S, F, E, N	Programa de Defesa (Escala Likert de 0 a 5)
Importação de maquinário e bens de capital	()	
Acordo de licenciamento de importação de maquinário e <i>know how</i>	()	
Subcontratação <i>outward processing</i> (processamento no exterior, produção de partes e componentes que serão incorporados a um produto)	()	
<i>Offset</i> – Acordo de Compensação decorrente de contrato firmado de empresas estrangeiras com o com COMAER	()	
Pesquisa na internet	()	
<i>Journals</i>	()	
Patentes	()	
Banco de dados	()	
Conferências	()	
Feiras	()	
Outros:	()	

(S) Sempre: continuamente, constantemente, sem exceção

(F) Frequente: repetição em curtos intervalos de tempo

(E) Esporádico: disperso, espaçado, casual, eventual

(N) Nunca

2) Como a firma adquire conhecimento (tecnologia) tácito do exterior?

AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO TÁCITO DO EXTERIOR	Assinale: S, F, E, N	Programa de Defesa (Escala Likert de 0 a 5)
Aliança de marketing entre firmas com fluxo de conhecimento do fornecedor de tecnologia		
Subcontratação OEM (Original Equipment Manufacturing: produção de produtos finais com precisa especificação do contratante estrangeiro e o contratante então vende o produto com sua marca (<i>own brand name</i>) – muito observado nas firmas do leste asiático. Inclui: parceria estrangeira para seleção dos equipamentos, treinamento dos gerentes, engenheiros e técnicos, bem como aconselhamento na produção, no financeiro e na gestão.	()	
Consultoria técnica	()	
Consultoria gerencial	()	
Atividade externa para resolução de problemas	()	
Assistência técnica (gera um fluxo unidirecional de conhecimento do fornecedor externo para a firma)	()	
Desenvolvimento de produto orientado a clientes	()	
Alianças entre firmas para tecnologias estratégicas	()	
Parceria tecnológica com institutos de pesquisa	()	
Parceria tecnológica com universidades	()	
Outros:	()	

(S) Sempre

(F) Frequente

(E) Esporádico

(N) Nunca

- 3) A firma recebe algum aporte de capital do exterior – Investimento Direto Estrangeiro?
 () Sim () Não

Investimento Direto Estrangeiro Aporte de Capital Externo na Empresa	Assinale: S, F, E, N	Programa de Defesa (Escala Likert de 0 a 5)
CONHECIMENTO CODIFICADO E TÁCITO		
<i>Joint Ventures</i>	()	
Subsidiárias (Relação matriz-filial – empresa multinacional)	()	
Outros:	()	

(S) Sempre

(F) Frequente

(E) Esporádico

(N) Nunca

- 4) Como a firma adquire tecnologia a partir de suas atividades internas?

Atividades Endógenas da Firma Como forma de adquirir Conhecimento	Assinale: S, F, E, N	Programa de Defesa (Escala Likert de 0 a 5)
CONHECIMENTO TÁCITO		
Atividade <i>in-house</i> para a resolução de problemas	()	
Engenharia reversa de produtos (imitação e adaptação sem acordo formal com o inovador original)	()	
Projetos de P&D (originados da iniciativa de gerentes/engenheiros da firma, e que pode contar com ajuda de parceiros externos)	()	
Outros:	()	

(S) Sempre

(F) Frequente

(E) Esporádico

(N) Nunca

- 5) Base de conhecimento da firma: recursos humanos capazes de gerar, acumular e potencializar o fluxo de conhecimento dentro da firma. São recursos capazes de selecionar qual tecnologia deve ser adquirida, de ganhar expertise com uso da tecnologia e de resolver problemas relacionados ao uso da tecnologia.

Recursos Humanos Capazes de Gerar, Acumular e Potencializar o Fluxo de Conhecimento da Firma		
Número de técnicos		
Número de engenheiros		
Número de mestres		
Número de doutores		
Número de gerentes com formação no exterior		() Proprietário () Diretor () Gerente
Número de gerentes com formação no Brasil		() Proprietário () Diretor () Gerente
Número de gerentes com experiência em empresas do exterior		() Proprietário () Diretor () Gerente
Número de gerentes com experiência em empresas nacionais		() Proprietário () Diretor () Gerente

- 6) Esforços internos para a aquisição contínua de conhecimento tecnológico:

Esforços para Internalizar o Conhecimento Tecnológico	Simples	Baseada em Conhecimento	
Pesquisa por fornecedores	()	()	
Pesquisa por tecnologias	()	()	
	Primária	Ativa	Sem Atividade
Atividades de P&D	()	()	()
	Triviais ou Nenhuma	Não Trivial	
Atividades de design	()	()	

Pesquisa simples: obtenção de informações em internet, feiras, conferências, exposições, *journals*, visitas ao fornecedor da tecnologia, comparação de preço entre fornecedores;

Pesquisa baseada no conhecimento: contratação do fornecedor da tecnologia ou de alguma instituição para fornecer informações sobre a tecnologia;

Primária: na própria firma;

Ativa: no fornecedor parceiro, sobre as premissas de conhecimento do fornecedor;

Triviais: sem complexidade e sem efeitos diretos e indiretos na capacidade da firma;

Não triviais: complexas e que geram efeitos diretos e indiretos na capacidade da firma.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TD	2. DATA 09 de janeiro de 2017	3. REGISTRO Nº DCTA/ITA/TD- 050/2016	4. Nº DE PÁGINAS 344
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Impactos tecnológicos de programas de aquisição de aeronaves militares sobre o nível de capacitação da indústria aeronáutica brasileira			
6. AUTOR(ES): Josiane de Araújo Francelino			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: 1. Comando da Aeronáutica. 2. Embraer. 3. Avaliação de Impactos Tecnológicos. 4. Programas de Aquisição de Defesa. 5. Aeronaves Militares (AM-X, AL-X, F5-BR, KC-390). 6. Matriz de Acumulação de Capacidades Tecnológicas. 7. Empresas Aeronáuticas Pequenas e Médias. 8. Empresas de Usinagem Aeronáutica. 9. <i>Offset</i>			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Impactos tecnológicos; Contrato de aquisição; Aeronaves militares; Desenvolvimento das capacidades; Capacidade tecnológica; Programa de defesa; Embraer; Indústria aeronáutica; Engenharia aeronáutica.			
10. APRESENTAÇÃO: (X) Nacional () Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica. Área de Produção. Orientadora: Profa. Dra. Lígia Maria Soto Urbina. Defesa em 09/12/2016. Publicada em 2016.			
11. RESUMO: Os programas de compra de aeronaves militares do COMAER (Programas AM-X, AL-X, F5-BR, KC-390) desempenham um importante papel no desenvolvimento das capacidades tecnológicas da indústria aeronáutica brasileira e têm estado fortemente associados à trajetória de evolução tecnológica da principal empresa do setor e do próprio COMAER. Outros segmentos da indústria aeronáutica brasileira também têm sido beneficiados pelos impactos desses programas. Contudo, notou-se uma escassez de pesquisas acadêmicas que avaliem seus impactos nos seus beneficiários diretos e indiretos, que, a princípio, se traduzem, na geração de capacidades tecnológicas específicas de natureza técnica e organizacional. Nesse contexto, esta Tese objetivou trazer elementos que contribuam para a compreensão dos impactos tecnológicos de programas de aquisição de aeronaves militares em três grupos de beneficiários: o COMAER, o órgão contratante, a Embraer, a principal empresa da indústria aeronáutica, e, principalmente, o segmento de pequenas e médias empresas de usinagem de peças aeronáuticas, localizadas no Brasil. Por meio de pesquisa bibliográfica, documental e pesquisa de campo foi recuperado o processo de acumulação de capacidades organizacionais no COMAER, os impactos técnicos sobre a Embraer e foi modelada conceitualmente a Matriz de Avaliação de Impactos em Capacidades Tecnológicas (MAVITEC), a partir da qual se originou o Modelo de Referência para o Segmento de Usinagem Aeronáutica, que permitiu analisar a trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas das firmas que participaram de uma série de programas de defesa. Os impactos tecnológicos sobre o COMAER e sobre a Embraer foram analisados em menor profundidade, porém buscando uma compreensão geral e integrada, na perspectiva histórica, do fenômeno estudado. Maior ênfase, então, foi dada ao desenvolvimento do constructo para avaliação dos impactos de programas de defesa sobre as empresas pequenas e médias, e a sua aplicação nelas. Essa forma de modelar a questão, a partir de uma perspectiva histórica e dinâmica, foi considerada inédita em dois importantes aspectos: aplicação ao setor de defesa brasileiro e em relação à literatura recente das matrizes de capacitação tecnológica, ao incorporar novos elementos, mais relacionados com as funções tecnológicas da indústria aeronáutica. Os resultados sugerem que o Sistema de Aquisição do COMAER tem impulsionado o desenvolvimento de capacidades organizacionais e gerenciais na COPAC e no IFI, sobretudo no desenvolvimento de uma estrutura organizacional para o gerenciamento de programas complexos, fiscalização e controle de contratos, e no incentivo à indústria aeronáutica brasileira por meio de Offsets. Também, foram resgatadas análises, com pesquisas de campo e bibliográficas, que mostram como os vários programas de aquisição impulsionaram o desenvolvimento de capacidades técnicas na Embraer. Foi destacado o desenvolvimento de capacidades importantes resultantes do Programa AM-X, F5-BR, KC-390 em áreas técnicas muito específicas. Todavia, esses impactos não foram percebidos, com a mesma intensidade, sobre o desenvolvimento das capacidades técnicas, organizacionais e de sustentação das pequenas e médias empresas de usinagem. Em apenas uma empresa foi possível encontrar um caso de nacionalização de processos de usinagem em função da participação em programas de defesa, o que, de fato, é muito limitado para o segmento. Assim, os resultados da pesquisa de campo apontaram que as empresas de usinagem apresentam um processo de acumulação de capacidades tecnológicas truncada, ou seja, as empresas deveriam acumular capacidades tecnológicas ao longo de todas as funções de modo a se situar em um único nível de complexidade tecnológica, no entanto os resultados mostraram que há grande heterogeneidade nas capacidades tecnológicas das empresas, o que impacta negativamente seu potencial de crescimento. Os resultados sugeriram uma reformulação das políticas industriais, visando à evolução orquestrada das capacidades tecnológicas na indústria aeronáutica brasileira.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () SECRETO			