

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
FACULDADE DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

UM ENFOQUE EVOLUCIONÁRIO DA CONCORRÊNCIA NA
INDÚSTRIA DE AERONAVES REGIONAIS: O CASO DA EMBRAER

João Carlos Oliveira de Bragança

Orientador: Prof. Dr. Jorge Nogueira de Paiva Britto

Niterói, RJ
2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
FACULDADE DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

JOÃO CARLOS OLIVEIRA DE BRAGANÇA

**UM ENFOQUE EVOLUCIONÁRIO DA CONCORRÊNCIA NA INDÚSTRIA DE
AERONAVES REGIONAIS: O CASO DA EMBRAER**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Economia da Faculdade de Economia da Universidade Federal Fluminense (UFF), como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Economia.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jorge Nogueira de Paiva Britto (Orientador)
Faculdade de Economia – UFF

Profa. Dra. Ana Urraca Ruiz
Faculdade de Economia – UFF

Prof. Dr. José Eduardo Cassiolato
Instituto de Economia – UFRJ

**Niterói, RJ
2007**

Ao meu Pai Cirilo Rios de Bragança

AGRADECIMENTOS.

Sou grato aos meus queridos pais, Cirilo (*in memoriam*) e Elisia, que proporcionaram as condições necessárias, tanto afetivas quanto materiais para minha formação. Eles lançaram a base de meu caráter permitindo minha evolução consistente e meu aprimoramento moral. Agradeço também ao meu querido irmão, Carlos Alberto, pelo apoio nos momentos difíceis.

Gostaria de registrar o apoio que minha esposa, Flávia, despendeu, principalmente pelas privações sociais que vivenciamos e pela sua compreensão desenvolvida no transcórre da dissertação. Seu amor e carinho foram de fundamental importância. Ela, juntamente com meus queridos sogros e cunhado, Adelino, Augusta e Tiago, possibilitou a harmonia necessária para que este esforço fosse materializado.

Agradeço ao meu orientador, Professor Jorge Britto, que me conduziu heurísticamente na empreitada. Sua sábia orientação e intervenções foram cirurgicamente estratégicas e bem ponderadas. Sempre me deixando muito à vontade para desenvolver a dissertação, ao mesmo tempo em que buscou familiarizar-me com os conceitos evolucionários pertinentes ao tema. Seus conselhos foram primordiais para o desenvolvimento deste trabalho. Aos professores que em diversas ocasiões contribuíram para uma melhor compreensão do que representa a constituição de uma fábrica de aviões no Brasil: José Cassiolato, Helena Lastre, Jorge Cláudio Lima, Roberto Bernardes e Antônio Maria da Silveira (*in memoriam*).

Sou grato pelos proveitosos contatos mantidos com o seletivo grupo de docentes: Célia Kerstenetzky, Carmen Feijó, Ana Urraca Ruiz, Renata Del-Vecchio, Rosane Mendonça, Viviane Luporini, Carlos Guanziroli, Helder Mendonça e David Kupfer. Agradeço, ainda, aos professores José Cassiolato e Ana Urraca Ruiz pelo fato de terem aceitado em participar da banca de defesa.

Agradeço aos colegas com os quais tive o privilégio de conviver na UFF, em especial: Daniel Ribeiro (fraternal amigo de frutíferas sabatinas; seu apoio foi essencial), José Jorge de Souza (o nosso afetuoso “Senador”), Pedro Paulo Carvalho Teixeira (o nosso *policy-maker*), Marcos Tostes, Gustavo Guimarães, Fábio Stallivieri, Marcelo Pessoa de Matos e Marcelo Maciel da Fonseca.

Ao meu grande amigo Brigadeiro Engenheiro Clodoaldo da Silva Bandeira pelas produtivas discussões ecléticas mantidas durante o período de convivência e pelo apoio despendido durante a fase de mestrado. Aos meus fraternais amigos da DIRENG: Maurício Ferreira, Denis Mello e Jéssica Cruz, pelo suporte concedido em diversas ocasiões, Ricardo Ribeiro (filósofo e psicólogo de todas as horas) e Altemar Falcão (meu amigo cartesiano). Ao inspetor de aviação civil Robys Romeu (amigo de longas datas) pelas discussões sobre o tráfego aéreo brasileiro e infra-estrutura aeroportuária.

A todos meus sinceros agradecimentos!

RESUMO.

A indústria de estruturas aéreas se caracteriza por ser fortemente concentrada. Os condicionantes que determinam o processo de oligopolização somente podem ser compreendidos quando avaliados por um enfoque mais dinâmico em que seja retratado o processo concorrencial via inovação onde a capacitação ganha importância. Esta vertente se diferencia da teoria estática tradicional que faz parte do *mainstream* na atualidade. Neste trabalho são analisados o processo de formação de competências da Embraer (Empresa Brasileira de Aeronáutica) e o processo de concorrência que advém da introdução de inovações. O escopo teórico neo-schumpeteriano, associado com a intensa cadência inovativa que caracteriza especificamente esta indústria, é evocado através da tipologia de Freeman e Soete que trata das estratégias de inovação inerentes às atividades inovativas da firma. Na verdade, o processo de aprendizado pelo uso compele as construtoras de estruturas aéreas a adotarem a estratégia de espectro ofensivo-defensivo, ou seja, estratégias de caráter mais audaciosos e incertos, considerando que o desejo das construtoras é sobreviver o máximo de tempo possível. Como resultado de tal dinâmica, ao mesmo tempo em que são analisadas as diferentes fases do processo concorrencial na indústria, são discutidos a noção de ciclo de vida do produto comercializado no mercado e o conceito de *design* dominante como referencial de tal dinâmica. O objetivo é caracterizar o recente processo concorrencial no mercado de jatos regionais nucleado na Embraer, a terceira maior construtora de estruturas aéreas para o transporte regular, atrás da Boeing e da Airbus, e destacar a concorrência neo-schumpeteriana como marco teórico para explicar a concentração que advém do processo de formação de capacitação e da introdução de inovações.

Palavras-chaves: Ciclo de vida do produto, estratégias de inovação, *design* dominante, concorrência, capacitação, Embraer.

ABSTRACT.

The aircraft industry is characterized for being strong and intense. The determinants process of oligopolization only can be understood when evaluation for an approach more dynamic where it is portrayed the process competitive through innovation where training wins importance. Nowadays, this strand makes a difference of the traditional static theory that characterizes the mainstream. In this work, are being analyzed the process of formation of abilities of Embraer (Empresa Brasileira de Aeronáutica) and the process competitive that comes from the introduction of innovations. The theoretical target neo-schumpeterian, associated with the innovative intense cadence that characterizes specifically this industry, is evoked through the typology of Freeman and Soete dialing with the strategies of innovation inherent of the innovative activities of the firm. In truth, the process of learning by using compels the constructors of aerial structures to adopt the spectrum strategy offensive-defensive, or either, strategies of character more audacious and uncertain, considering that the desire of construction is survive the most possible time. As a result of such dynamic, at the same time that are characterized the different stages of the process competitive in the industry are discussed the concept of life cycle of the product marketed and the concept of dominant design as a benchmark of this dynamics. The goal is to characterize the recent competitive process in the market for regional jets nucleate in Embraer, the third largest builder of structures for air transportation services, behind Boeing and Airbus, and to single-out the competition neo-schumpeterian as theoretical frameworks to explain the concentration that is the process of training of formation and introduction of innovations.

Keys word: Product life cycle, strategies of innovation, *design* dominant, competition, competency, Embraer.

Relação de Quadros	Pág.
Quadro 1.1 - Características do ciclo do produto.....	18
Quadro 1.2 - Estratégias de inovação da firma.....	24
Quadro 2.1 - Relação das aeronaves leves produzidas pela Embraer.....	68
Quadro 3.1 - Evolução da indústria de aeronaves regionais.....	125

Relação de Tabelas	Pág.
Tabela 2.1 - Principais aeronaves regionais em operação nos EUA em 1996.....	82
Tabela 2.2 - Participação dos custos de desenvolvimento.....	94
Tabela 2.3 - Aeronaves fabricadas pela Embraer.....	98
Tabela 3.1- Participação dos Gastos em combustível no custo operacional.....	108
Tabela 3.2 - Aeroportos para aviação de grande porte e regional.....	110
Tabela 3.3 - Custos operacionais comparados.....	115
Tabela 3.4 - Evolução das características básicas das principais aeronaves a jato.....	119
Tabela 3.5 - Primeira e segunda geração de jatos regionais.....	126
Tabela 3.7 - Participação da Embraer no mercado de jatos comerciais (2003-6).....	139
Tabela 3.8 - Características básicas dos principais modelos correntes da Embraer....	144

Relação de Figuras	Pág.
Figura 1.1 - Ciclo de vida do produto comercializado no mercado.....	13
Figura 1.2 - Exigência mínima à entrada em cada fase do ciclo de vida do produto...	17
Figura 1.3 - <i>Design hierarchies</i> e <i>design</i> dominante.....	44
Figura 2.1 - Divisão de Trabalho do Programa CBA-123.....	84
Figura 2.2 - Parceria de Risco do ERJ 145.....	93
Figura 3.1 - Consolidação dos Fabricantes de Aeronaves.....	122
Figura 3.2 - Parceria de risco família E-Jet 170/190.....	131
Figura 3.3 - Processo de montagem família ERJ 145 e 170.....	132
Figura 3.4 - Principais modelos que concorrem com a Embraer.....	140

Relação de Gráficos	Pág.
Gráfico 3.1 - Evolução no nº de funcionários da Embraer (1989-2002).....	124
Gráfico 3.2 - Aeronaves entregues na categoria de 30 até 110 assentos.....	127
Gráfico 3.3 - Evolução das exportações de aeronaves.....	127
Gráfico 3.4 - Evolução do nº de aeronaves produzidas e entregues (Embraer e Bombardier).....	128
Gráfico 3.5 - Receita por empregado em US\$ mil.....	133
Gráfico 3.6 - Evolução nº de empregados (Embraer vs Bombardier).....	134
Gráfico 3.7 - Evolução dos gastos em P&D da Embraer (1990-2006).....	135
Gráfico 3.8 - Efetivo de Engenharia e Desenvolvimento.....	136
Gráfico 3.9 - Evolução da Composição do Efetivo da Embraer em E&D.....	136
Gráfico 3.10 - <i>Market share</i> - acumulado de 30 a 60 assentos.....	137
Gráfico 3.11 - <i>Market share</i> - acumulado de 61 a 90 assentos.....	138
Gráfico 3.12 - <i>Market share</i> - acumulado de 91 a 120 assentos.....	138
Gráfico 3.13 - <i>Market share</i> - acumulado de 30 a 120 assentos.....	139
Gráfico 3.14 - Balança Comercial FOB.....	141
Gráfico 3.15 - Principais mercados de vendas da Embraer.....	142
Gráfico 3.16 - Evolução do nº de aeronaves produzidas e entregues (Boeing, Airbus, Embraer e Bombardier).....	143

Sumário	Pág.
Apresentação	1
Capítulo 1. Mudança tecnológica, <i>design</i> dominante e concentração industrial	6
Introdução.....	6
1.1. Ciclo de vida do produto.....	12
1.2. Inovação e as estratégias das firmas.....	19
1.2.1. Estratégia Ofensiva.....	20
1.2.2. Estratégia Defensiva.....	25
1.2.3. Estratégia Imitativa.....	27
1.2.4. Estratégia Dependente.....	29
1.2.5. Estratégia Tradicional.....	30
1.2.6. Estratégia Oportunista.....	31
1.3. Inovação, competição e estrutura industrial.....	32
1.4. Alguns conceitos correlacionados com a idéia de <i>design</i> dominante.....	39
1.4.1. Paradigma tecnológico e trajetória tecnológica.....	39
1.4.2. Sinalizadores tecnológicos (<i>technological guideposts</i>).....	40
1.4.3. Ecologia populacional (<i>population ecology</i>).....	42
1.4.4. “Hierarquia do <i>design</i> do produto” (<i>product design hierarchies</i>) e descontinuidade..	43
Síntese do capítulo.....	45
Capítulo 2. O Aprendizado Tecnológico na Embraer	49
Introdução.....	49
2.1. A Criação do Centro de Capacitação.....	53
2.2. A Criação da Embraer (Bandeirante e Ipanema, oriundos do IPD-CTA).....	56
2.3. A interação da Embraer com os técnicos italianos (Xavante), Aermacchi.....	61
2.4. Oportunidades no mercado de pequenas aeronaves (O Acordo com a Piper) e o início das vendas do Ipanema.....	64
2.5. Projeto Tucano.....	69
2.6. Aquisição da Neiva pela Embraer.....	73
2.7. Projeto 12X (1º- EMB 121 Xingu; 2º- EMB 120 Brasília; 3º CBA 123).....	75
2.7.1. EMB 121 Xingu.....	75
2.7.2. EMB 120 Brasília.....	78

2.7.3. CBA 123.....	83
2.8. AMX (Avião de ataque ao solo).....	87
2.9. Embraer Regional Jet - 145.....	90
Síntese do capítulo.....	96
Capítulo 3. Mudança tecnológica na indústria de estruturas aéreas.....	99
Introdução.....	99
3.1. Ações do governo.....	101
3.1.1. 1ª Fase: (1920-34). Constituição da indústria de aviação comercial.....	102
3.1.2. 2ª Fase: (1934-40). Desverticalização na indústria e no transporte aéreo.....	103
3.1.3. 3ª Fase: Segunda Guerra Mundial. Ganhos de escala.....	104
3.1.4. 4ª Fase: Pós-guerra até meados da década de 1970. Competição predatória e alteração na dinâmica da mudança técnica.....	105
3.1.5. 5ª Fase: Desregulamentação e os choques do petróleo. Definição do mercado para a aviação regional.....	107
3.2. Mudança técnica por um enfoque na aeronave.....	113
3.2.1. O Douglas DC-3.....	113
3.2.2. O surgimento do motor a jato.....	115
3.3. Concentração no segmento de aeronaves regionais e as estratégias de inovação para a Família E-Jet 170/190.....	121
3.3.1. Concentração na indústria de construção de estruturas aéreas.....	122
3.3.2. Estratégias de inovação para a Família E-Jet 170/190.....	129
Síntese do capítulo.....	145
Comentários Finais.....	146
Referências Bibliográficas.....	152

APRESENTAÇÃO.

O sucesso atual da Embraer (Empresa Brasileira de Aeronáutica) somente pode ser avaliado a partir de sua trajetória tecnológica, na qual o Estado sempre esteve presente. Uma leitura mais minuciosa permite avaliar que o Estado criou as condições necessárias para que ocorresse um processo de aprendizado contínuo no setor aeronáutico nacional: (1) através da criação de um centro de capacitação, materializado no Centro Técnico de Aeronáutica, (2) por meio de seu poder de compra e do apoio financeiro direto e, ainda, (3) através das exigências quanto à transferência de tecnologias ao adquirir-se aeronaves de construtoras consolidadas no mercado internacional, ou seja, das políticas de *off-set*. Estas últimas políticas de corte vertical tinham o efeito de induzir a aceleração do processo de aprendizado articulado ao processo produtivo, principalmente por meio da interação e da transmissão de conhecimento tácito entre técnicos radicados no país e de outras nacionalidades. Tais políticas, ao focalizarem um ramo específico, retratavam a decisão estratégica do Estado brasileiro em privilegiar um setor onde o poder de persuasão de grupos organizados era mais proeminente. Tal fato, no início, se confundiu com o surgimento do Ministério da Aeronáutica, que sempre demonstrou interesse em constituir uma indústria aeronáutica autóctone no país.

A partir do final da década de 1960, o Estado se empenhou em criar uma construtora de estruturas aéreas. Naquela época (1968-73), o Brasil vivia o “milagre econômico” que se conjugava a um contexto internacional favorável, apresentando elevadas taxas de crescimento com relativo controle inflacionário. Visando sustentar as taxas de crescimento, o Estado implantou um ambicioso programa de investimentos, o II PND - Plano Nacional de Desenvolvimento (1974-79), mesmo considerando a tendência à retração do crescimento devido ao primeiro choque do petróleo no contexto internacional, o qual, como veremos, acabou favorecendo a Embraer. Este período ficou caracterizado na literatura como “a economia em macha forçada”, conforme livro de Antônio Barros de Castro e Francisco Eduardo Pires de Souza. No final do período, a Embraer estava relativamente consolidada no mercado internacional.

Os recursos financeiros sempre estiveram disponíveis para esta empresa, mesmo durante o período 1980-84 marcado pelo segundo choque do petróleo e principalmente pelo impacto da elevação dos juros internacionais. A evolução dos projetos desenvolvidos pela Embraer não foi constrangida no período. Na verdade, a vulnerabilidade da economia brasileira, a crise cambial e o conseqüente ajuste externo através de geração de superávits comerciais não prejudicaram a Embraer, que foi responsável pela exportação de 161 Bandeirantes (EMB-110), 49 Xingus (EMB-121), 18 Tucanos (EMB-312) e 18 Xavantes (EMB-326GB), totalizando 246 modelos, de um total de 403 produzidos entre 1980-84. Uma análise mais pormenorizada realizada por Dagnino (1993) indicou que o efeito externo líquido (saldo da balança comercial dividido pela produção total) no período foi positivo. No entanto, somente a partir de 1985 a Embraer passou a apresentar um efeito externo líquido anual sistematicamente positivo.

Considerando como dada a institucionalidade que caracterizou a evolução da Embraer, mas sem negar a importância que ela teve em sua trajetória, uma forma de delinear o processo de aprendizado desta empresa é através da melhor compreensão dos empreendimentos aeronáuticos realizados ao longo de sua existência. O encadeamento dos projetos desenvolvidos pela Embraer, ao mesmo tempo em que permite descrever a evolução do aprendizado tecnológico da empresa, também cria condições para avaliar-se o resultado proporcionado pela institucionalidade que caracterizou seu contexto de atuação em diferentes épocas. Vale ressaltar, que a importância de qualificar-se o processo de aprendizado da Embraer reside em caracterizar melhor a dinâmica inovativa que faz parte dos atributos virtuosos da empresa na atualidade, a qual é reflexo da capacitação acumulada ao longo de sua trajetória.

Articuladas ao ambiente institucional doméstico favorável à formação de capacitação tecnológica da Embraer, observam-se também adversidades que em alguma medida influenciaram a trajetória tecnológica da empresa. Dentro deste espectro, busca-se analisar o impacto que os dois choques do petróleo exerceram na indústria aeronáutica e também na infra-estrutura aeroportuária. Estes choques atuaram como inibidores da utilização dos motores à reação na aviação comercial regular de médio alcance, retendo, desse modo, as expectativas de sua utilização na aviação regional. Tal fato favoreceu a inserção da primeira aeronave comercial (o turboélice Bandeirante) produzida pela Embraer no mercado internacional, sobretudo no mercado norte-

americano. Este mercado foi o mais importante para empresa (e ainda continua sendo) principalmente após o processo de desregulamentação ocorrido em 1978. Foi a partir daquele ano que a Embraer iniciou as exportações para os EUA. Tal evento marginal possibilitou a inserção da Embraer no mercado norte-americano em um momento oportuno em que as companhias aéreas buscavam compatibilizar a taxa de ocupação das principais aeronaves às necessidades dos diversos trechos de transporte aéreo daquele país. A desregulamentação teve o efeito de reativar o segmento onde operavam as aeronaves de médio porte, utilizadas em trechos de média distância, geralmente entre um ponto central e uma periferia. A operação entre dois pontos centrais distantes é realizada por aeronaves de grande porte.

O mercado europeu foi muito importante para as aeronaves militares fabricadas pela Embraer, principalmente o francês e o inglês; o mesmo ímpeto da aviação regional também foi verificado neste mercado na época. O mercado doméstico foi estimulado através de políticas públicas, que visavam desenvolver a aviação regional, adotadas a partir de 1975 com criação do SITAR (Sistema Integrado de Transporte Aéreo Regional). Considerando as dimensões dos mercados, optou-se por analisar o principal deles: o norte-americano. O mercado brasileiro, apesar de estimulado, não logrou fôlego suficiente para dar continuidade ao processo de desenvolvimento auto-sustentado do transporte aéreo regional. Por se tratar de uma empresa global, o mercado das construtoras de estruturas aéreas é o internacional, o que pode ser observado com clareza na estratégia da Embraer.

O relativo ambiente favorável institucional que caracterizou a evolução da Embraer até a primeira metade da década de 80, no entanto, começou a ser modificado devido ao gradual dismantelamento dos instrumentos de incentivos que caracterizaram o setor aeroespacial no período anterior, em função da crise fiscal brasileira. Na mesma época, observa-se um desaquecimento do mercado militar devido ao fim da Guerra Fria, que, conjugado com a crise no mercado aeronáutico civil no final da mesma década, teve como resultado o colapso financeiro que acarretou na privatização da Embraer em dezembro de 1994. Desta forma, a partir de meados da década de 90, a empresa foi lançada em uma nova trajetória de crescimento que refletia de forma mais adequada o novo ambiente institucional. Contudo, o Estado continuou presente na evolução da empresa, principalmente através de mecanismos de financiamento adequados para

vendas de aeronaves. O crescimento consistente da Embraer, a partir de 1996, ficou evidenciado através das vendas de seus primeiros jatos regionais no mercado internacional com o lançamento da família ERJ-145, e recentemente com o lançamento da família E-Jet 170/190. Tais modelos competem na atualidade com os jatos produzidos pela empresa canadense Bombardier e uma faixa de aeronaves produzidas pela Boeing e Airbus.

A dissertação foi desenvolvida dentro do escopo teórico neo-schumpeteriano, buscando valorizar a dinâmica da formação de capacitação e a concorrência baseada na introdução de inovações. O objetivo é caracterizar o recente processo concorrencial no mercado de jatos regionais nucleado na Embraer, a terceira maior construtora de estruturas aéreas para o transporte aéreo regular, atrás da Boeing e da Airbus. Como marco teórico da dinâmica inovativa é utilizada a taxonomia de Freeman e Soete, que, no nível microeconômico, discutem as características das estratégias de inovação disponíveis para as firmas, em particular aquelas de caráter mais audaciosos - inovativas, defensivas e imitativas. Como resultado de tal dinâmica são discutidas a noção de ciclo de vida do produto comercializado no mercado e a idéia de *design* dominante como referencial da dinâmica concorrencial.

Dentro das considerações mencionadas, no primeiro capítulo é discutida a dinâmica da mudança tecnológica, conforme preconizado pelo marco teórico utilizado neste trabalho. No segundo capítulo, a partir de uma visão histórica-tecnológica, procura-se discutir a evolução tecnológica da Embraer, em particular no que se refere à formação de suas competências. Para tanto, são analisados os projetos desenvolvidos pela Embraer e o processo de aprendizado que decorreu da implementação dos mesmos nas diferentes fases de evolução da empresa. O terceiro capítulo analisa a evolução tecnológica da indústria aeronáutica e o surgimento dos principais paradigmas que influenciaram as trajetórias das firmas. Nele também é feita uma breve análise do mercado norte-americano de transporte aéreo, uma vez que este foi o mais importante para Embraer, e do impacto da elevação dos preços do petróleo na estrutura da indústria aeronáutica. Em seguida, é realizada uma caracterização do processo concorrencial mais recente, destacando os principais modelos utilizados na aviação comercial que competem com os produzidos pela Embraer. Na parte final, é feita uma caracterização do ciclo de vida *vis-à-vis* as estratégias ofensivas-defensivas. Na seqüência, é feita uma

discussão sobre a tendência de inserção de novos atores no cenário competitivo da indústria e um breve comentário sobre a importância das autoridades supranacionais de defesa da concorrência atentar para aspectos dinâmicos inerentes ao processo competitivo.

Cap. 1 - Mudança tecnológica, design dominante e concentração industrial.

INTRODUÇÃO.

O presente capítulo tem como objetivo tratar o modelo de Utterback e Suárez (1993), no qual se procura, a partir de uma abordagem da evolução tecnológica, qualificar a dinâmica de sobrevivência das organizações, o processo de formação de uma nova indústria e a concentração que advém do processo de competição. Os elementos envolvidos neste processo são de complexidade superior àqueles presentes nos critérios utilizados pela teoria tradicional para explicar como se realiza a escolha dos agentes (firmas e consumidores). Enquanto a teoria tradicional encara a escolha como uma mera decisão, realizada através da maximização de uma função objetivo com as devidas restrições matemáticas para garantir sua existência, a teoria evolucionária, ao considerar a evolução tecnológica em sua base analítica, procura, além de qualificar melhor o processo decisório, introduzir novos conceitos relacionados não só a este processo, como também outros aspectos relacionados ao tratamento da inovação, alguns dos quais comentados neste capítulo.

Autores de tradição evolucionária procuram identificar, ao analisar a trajetória de inserção de diversas firmas em uma mesma indústria nascente, quais são os fatores explicativos, além da participação do mercado e da taxa de lucratividade (percebidos *ex post*), que caracterizam melhor o sucesso ou fracasso (entendido como maior tempo de sobrevivência) de certas firmas no mercado. Eles criticam a hipótese da ecologia populacional (*population ecology*), ao argumentar que a densidade populacional é somente um reflexo subjacente de forças mais complexas, baseadas na mudança tecnológica, que acabam por determinar a forma e a intensidade da competição, a atratividade da entrada e, por conseguinte, a estrutura da indústria. Sendo assim, nesta abordagem, não é a estrutura (pré-existente) que irá determinar a sobrevivência das firmas imersas no contexto competitivo em uma determinada indústria, e sim a conduta (caracterizada, em especial, pelo universo de inovações) que acabará por caracterizar a estrutura. Esta, por sua vez, irá definir o número de competidores, o grau de diferenciação dos produtos, a dimensão das barreiras à entrada e, ainda, o grau de integração (vertical ou horizontal) verificado *ex post*.

Antes de desenvolver o modelo de *design* dominante, a primeira parte do capítulo discute a noção de ciclo de vida do produto comercializado no mercado, destacando as principais peculiaridades das suas fases (introdução, crescimento, maturidade e declínio). De forma genérica, a primeira fase é caracterizada pela introdução do novo produto, serviço ou processo, em que um número pequeno de firmas adota uma tecnologia. Nessa fase, o grau de incerteza quanto aos resultados da inovação é muito elevado. À medida que a inovação é bem sucedida no mercado, com progressivas melhorias do desempenho da tecnologia, a firma entra na fase de crescimento. O processo de difusão se acelera conforme o aumento do conhecimento acumulado e o aperfeiçoamento tecnológico. Sucessivas inovações incrementais são realizadas visando a melhorar a *performance* e o *design* do produto, assim como investimentos para aumentar a escala do processo. A fase da maturação é caracterizada pela estabilização das vendas, ao mesmo tempo em que as inovações incrementais tornam-se menos freqüentes e os processos produtivos mais homogeneizados. A última fase é caracterizada pelo declínio das vendas com o remanejamento gradual dos consumidores para novas tecnologias que atendam uma nova necessidade social de maneira mais adequada.

O ciclo de vida do produto acaba por caracterizar o ambiente de rivalidade na indústria, ao mesmo tempo em que conduz à estabilização do mercado, consolidando a posição das firmas sobreviventes do processo de concorrência. Deste modo, cada fase do ciclo possui características que irão governar a postura estratégica inovativa das firmas, realimentando as direções que foram tomadas por cada uma delas no ramo industrial. A evolução tecnológica tem o efeito de gerar um padrão particular de evolução da firma e da estrutura industrial.

Dando continuidade ao capítulo, a segunda parte busca complementar a noção de ciclo de vida do produto ao tratar as possíveis estratégias de inovação, segundo a taxonomia de Freeman e Soete (1997), tendo como elemento central a imprevisibilidade que caracteriza o processo inovativo. As atividades internas das firmas definem as posturas estratégicas que elas podem adotar. O objetivo da firma no processo inovador é a sua sobrevivência no mercado por um máximo período de tempo. As estratégias inovativas encerram um conjunto de atividades que são desenvolvidas dependendo das capacitações e objetivos das firmas. A natureza do bem produzido também irá

influenciar a estratégia de inovação da firma. Ao considerar as habilidades das firmas, o contexto histórico (e institucional) ganha particular importância para a sua sobrevivência. A firma é analisada dentro de um espectro tecnológico e de possibilidades de mercado que surgem da evolução da ciência e tecnologia e do crescimento do mercado mundial, eventos que independem da firma individual. A sobrevivência e o crescimento da firma dependem, dentro desta ótica, da sua capacidade de adaptação ao ambiente que muda. A mudança tecnológica é o fato relevante que modela o ambiente da firma na indústria, sendo esta realimentada pelo conjunto das ações estratégicas de todas as firmas da indústria.

Dentro do processo de mudança, as firmas mais capacitadas, considerando suas trajetórias de evolução e suas estratégias de inovação, serão aquelas que terão maiores chances de sobreviver mais tempo no mercado. Segundo os autores, a habilidade técnica e científica da firma (e os seus recursos estratégicos) podem ser combinadas de diversas maneiras. Suas estratégias também podem ser influenciadas pelos objetivos de curto e longo prazo e pelo relacionamento com outras firmas (concorrentes e fornecedores). É esta gama de possibilidades abertas às firmas que não permite a previsibilidade acurada de suas ações. A incerteza da inovação é fato que caracteriza as estratégias das firmas.

Vale destacar, que a nova economia industrial (ramo mais recente da corrente tradicional da economia industrial, oriunda do paradigma Estrutura-Condução-Desempenho) também destaca a importância da condução como determinante da estrutura, ou seja, as estratégias decorrentes da condução para explicar a estrutura. Tal fato pode ser evidenciado pela importância que a teoria dos jogos, e seu caráter endógeno, exerceu no estudo da organização industrial durante a década de 70. No entanto, o grau de similaridade entre estas abordagens é limitado, já que a metodologia de tal corrente se diferencia da proposta desenvolvida na análise dos autores abordados neste capítulo. Em particular, a base analítica destes é fundamentada na biologia evolucionária contrastando com a física newtoniana da teoria tradicional. Eles procuram destacar as estratégias empresariais, sem convergir para a abordagem da nova economia industrial. Eles buscam através da abordagem neo-schumpeteriana caracterizar o processo de mudança oriundo da dinâmica inovativa e seus efeitos na estrutura industrial.

A diferenciação entre as abordagens (da nova economia industrial e neo-schumpeteriana) diz respeito ao modo como cada corrente trata o conceito de concorrência, que se confunde com o próprio surgimento da disciplina de Economia Industrial a partir de 1950. Esta surgiu devido à insuficiência da análise microeconômica neoclássica em tratar a realidade econômica. Desta forma, a abordagem tradicional (*mainstream*), a partir dos anos 50, principalmente na figura de Joe S. Bain, procurou identificar a influência da estrutura na *performance* da economia dando pouca importância à conduta. O paradigma proposto foi colocado à prova, resultando em fortes evidências sobre seu caráter explicativo, ao mesmo tempo em que não se conseguia explicar outros eventos resultantes da influência da conduta na estrutura. Tais deficiências acabaram por introduzir a idéia do efeito da conduta na estrutura de mercado¹ (assim como nas condições de base), o que acabou por considerar o aspecto endógeno da estrutura².

Segundo Kupfer (2002), uma corrente alternativa (da organização industrial) foi desenvolvida a partir dos estudos seminais de Joseph Schumpeter e dos institucionalistas (através de Oliver Williamson e Ronald Coase) sobre a dinâmica da criação da riqueza das empresas e a natureza institucional da mesma, ao considerar as diferentes formas de organização interna e as configurações resultantes, assim como as implicações sobre o funcionamento do mercado. Tal abordagem considera as instituições e o processo histórico ao tratar a firma, procurando incorporar novos conceitos para explicar adequadamente seu processo de formação, capacitação e evolução. Para estes autores, a organização interna da empresa não resulta exclusivamente de um procedimento de minimização de custos, mas da constituição da capacidade de inovação da firma. Desta forma, a abordagem neo-schumpeteriana (também chamada de evolucionária ou evolucionista) surge com a construção de um novo paradigma microeconômico de natureza não-determinista, não sendo simplesmente uma inflexão paradigmática da teoria neoclássica como observado no caso da nova economia industrial. Esta linha interpretativa substitui a noção de equilíbrio pela de trajetória evolutiva ao introduzir o conceito de *path-dependence* (trajetória de dependência), ou seja, a idéia de que uma seqüência de escolhas

¹ É a partir deste ponto que surge a fundamentação teórica para intervenção do governo através da regulação e defesa da concorrência.

² A formalização da influência que a conduta exerce na estrutura foi desenvolvida por F. M. Scherer.

(econômicas) é, a cada momento, condicionada pela situação criada por escolhas anteriores que tende, ao mesmo tempo, a reforçá-las, sem esta consequência ser considerada pelos agentes que tomam a decisão. Procuram também enfatizar o papel da mudança tecnológica na conformação das estruturas de mercado e no processo de mudança estrutural ou na atribuição do papel ativo das firmas na definição de tais mudanças³. Desta forma, a corrente alternativa trata o conceito de concorrência diferentemente do enfoque tradicional neoclássico e do desvio paradigmático daí decorrente.

A consequência imediata do enfoque tradicional neoclássico é refletida no tratamento dado à firma na teoria, considerando os agentes como meros tomadores de preços, que se inserem em um contexto caracterizado pela existência de equilíbrio e a ausência de rivalidade. A concorrência é tratada como o estado que legitima tais premissas sistêmicas. Com a nova economia industrial a concorrência passa a ser vista como um jogo em que empresas disputam parcelas do mercado e dos lucros. Sendo assim, as empresas agem deliberadamente (dentro de um jogo claramente pré-estabelecido) através de políticas (estratégias) que envolvam, por exemplo, preços, esforço de vendas ou diferenciação de produtos. Nesse contexto, assume-se que as regras e as estratégias, de todos os agentes envolvidos no processo interativo de escolhas, são mutuamente conhecidas.

Na abordagem neo-schumpeteriana, a concorrência é analisada como um processo em que cada agente busca diferenciar-se dos demais de modo a reter ganhos monopólicos. A incerteza decorrente do processo inovador torna esta abordagem diferente da nova economia industrial. A inovação de processos, organizacional ou de produto é o principal fato gerador de quase-rendas que resultam naqueles ganhos. A busca permanente de diferenciação, através de estratégias inovativas deliberadas, por parte dos agentes (firmas), é o fato que caracteriza a concorrência schumpeteriana. Tal corrente não entende a concorrência como sendo oposto de monopólio, fato que caracteriza as correntes tradicionais mencionadas. Na ocorrência de retornos crescentes de escala, como é freqüente, a vantagem monopolística tende a se consolidar, em vez de desaparecer.

³ Segundo Kupfer (2002), as formalizações das relações, das regularidades e causalidades relevantes é ainda pouco convergente na teoria.

A interação entre a estrutura e conduta acaba, assim, por determinar o padrão de concorrência. Como destacado anteriormente, o modelo tradicional de Joe S. Bain considera a estrutura (caracterizada em função de aspectos como a natureza das barreiras à entrada, por exemplo) como dada, tendo como efeito uma relação unívoca com o desempenho, caracterizando a hipótese estruturalista. Desta forma, o paradigma neste caso explica os efeitos do grau de concentração e barreiras à entrada no desempenho do mercado. O desempenho é avaliado em termos de desvio da taxa de lucro efetiva em relação à taxa de lucro ideal em eficiência alocativa (ótimo de Pareto). A identificação da importância que a conduta exerce na estrutura acaba por aperfeiçoar o paradigma tradicional, introduzindo a hipótese endogênica, tanto na corrente da nova economia industrial quanto na corrente schumpeteriana - institucional. No entanto, o modo como se processa a articulação, entre condutas e padrões de concorrência, é diferenciado nestas duas últimas correntes, principalmente pelo tratamento que é dado à inovação tecnológica.

1.1 - Ciclo de vida do produto.

Segundo Freeman e Soete (1997), em algumas indústrias e tecnologias (mas não em todas)⁴, o crescimento pode ser representado segundo um padrão cíclico (ciclo de vida do produto do nascimento, passando pelo crescimento, atingindo a maturidade, até o declínio). Este padrão, além de caracterizar o ambiente de rivalidade na indústria em suas diversas fases, tem o efeito de conduzir à estabilização do mercado, ao consolidar a posição das firmas sobreviventes e de seus produtos no processo de concorrência. O ritmo de difusão da tecnologia reflete a velocidade de sua adoção pela sociedade, como resultado da evolução do número de usuários ao longo do tempo. Segundo Britto (2007), a difusão é um processo pelo qual a inovação é transferida e incorporada às atividades produtivas em um sistema social, ou seja, o processo através do qual novas tecnologias eliminam, ou substituem, tecnologias existentes. Tigre (2006) destaca também que a difusão não se dá de modo uniforme e constante no tempo e espaço, uma vez que os agentes econômicos, países e regiões buscam e selecionam tecnologias sob a influência de diferentes fatores condicionantes. Será a habilidade das firmas, no processo dinâmico de mudança tecnológica, que terá o efeito de estender sua vida por um período de tempo maior.

De acordo com Tigre (2006), os primeiros estudos sobre a difusão tecnológica foram realizados por Mansfield⁵ através de trabalhos empíricos sobre a difusão do milho híbrido na agricultura norte-americana para comprovar sua hipótese sobre o ciclo de vida da tecnologia. Ele mostrou que a aderência de uma tecnologia no mercado ao longo do tempo pode ser representada por uma função logística de crescimento. Tal função é simétrica⁶ e tem a forma de um gradiente “S” positivo, sendo conhecida como “Lei de Pearl”. O formato da função, destacado na figura 1.1, informa que as melhorias são lentamente alcançadas a partir da introdução de uma inovação no mercado, em

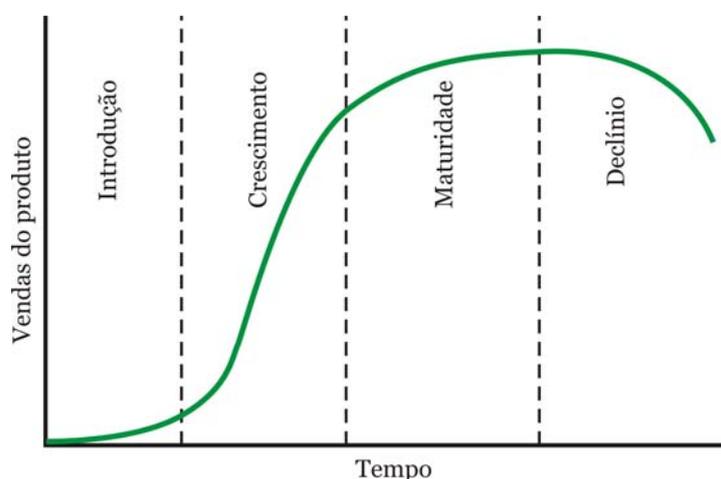
⁴ Pode existir caso em que a trajetória tecnológica seja caracterizada por dois estágios sucessivos do crescimento ao declínio, pulando desta forma a fase da maturidade. Tigre (2006) destaca também que mudanças incrementais de *design*, redução de custos ou melhorias de desempenho podem reverter a fase de declínio sugerido pela curva “S”. As empresas podem também prolongar o ciclo de vida de uma tecnologia por meio de inovações complementares e reposicionamento do produto em um mercado.

⁵ MANSFIELD, E. “Technical change and the rate of innovation”. *Econometrica*, n. 29, p. 741-766, 1961.

⁶ Ela também é utilizada na biologia e nas ciências sociais para analisar modelos de difusão de epidemias e rumores, por exemplo. Segundo Nieto *et al* (1998) *apud* Tigre (2006), a hipótese básica em termos epidemiológicos diz que “a velocidade com que uma doença contagiosa se espalha é diretamente proporcional ao número de pessoas infectadas até o momento e ao tamanho da população da cidade que está potencialmente exposta à doença”.

seguida elas se aceleram e finalmente diminuem de velocidade novamente. De acordo com Freeman e Soete (1997), tal dinâmica tem o efeito de reduzir os retornos dos investimentos em inovações incrementais ao longo do tempo (Lei de Wolff).

Figura 1.1 – Ciclo de vida do produto comercializado no mercado



Fonte: Besanko, D. *et al* (2006).

De forma genérica, o modelo do ciclo de vida do produto pode se apresentar em quatro fases distintas. A primeira é denominada “introdução” do novo produto, serviço ou processo. Nesta fase, o produto é pouco padronizado e seu mercado ainda não está definido. Tal ambiente tem o efeito de intensificar a incerteza que cerca o processo inovativo. A concorrência fortemente baseada na diferenciação, conjugada com a existência de concentração produtiva, tende a tornar a elasticidade-preço da demanda baixa. Segundo Britto (2007), é comum a persistência de uma certa volatilidade quanto às posições de liderança no mercado devido à indefinição das condições de “apropriabilidade” das inovações geradas. Freeman e Soete (1997) afirmam que esta fase é rica para o processo de aprendizado dos agentes econômicos que buscam uma melhor combinação de fatores produtivos (firma) e uma melhor utilização do produto (consumidor). Existe grande interação entre produtores, clientes, fornecedores, e até mesmo entre concorrentes, devido à grande incerteza quanto: (1) às dimensões últimas do mercado, (2) às especificações dos insumos necessários à produção e (3) às especificidades do produto⁷.

⁷ Vernon (1966), em seu artigo sobre investimento externo e ciclo do produto, destaca que o investidor deve considerar tais variáveis quando resolve investir em uma localidade. Desta forma, a localização da planta deve levar em conta uma comunicação estreita entre o mercado e o produtor, onde ela seja rápida e

O nível mínimo de conhecimento científico e tecnológico exigido na fase inicial é provavelmente muito elevado, ao mesmo tempo em que as habilidades e as experiências não são tão exigidas, uma vez que elas tenderão a serem desenvolvidas nas fases sucessivas de produção e comercialização. A localização da planta também deve considerar um ambiente em que possibilite um processo interativo produtivo eficiente. A vantagem locativa é crucial para a introdução bem sucedida de determinado produto. Ela resulta da escolha de um ambiente em que possibilite desfrutar de externalidades positivas, ou seja, onde vantagens produtivas decorrentes da localização da planta sejam relativamente elevadas. Segundo Vernon (1961), “os produtores nesta fase estão particularmente interessados pelo grau de liberdade que têm para mudar seus insumos”. O custo dos insumos somente ganha importância a partir do momento em que um padrão é fixado. Desta forma, “o cálculo do custo precisa levar em conta a necessidade geral de flexibilidade em qualquer escolha de localização”. O nível mínimo de investimento inicial exigido é provavelmente baixo, tornando-se maior à medida que a tecnologia começa a difundir-se. Isto ocorre devido ao processo de especialização produtiva ao longo do tempo.

À medida que a inovação tem sucesso, ao mesmo tempo em que ocorrem melhorias incrementais no desempenho da tecnologia, o ciclo entra na fase de “crescimento” da produção, concomitantemente com a ampliação do mercado. O processo de difusão se acelera com o aumento do conhecimento acumulado e o desempenho tecnológico. Estes são aprimorados através de sucessivas inovações incrementais na *performance* e no *design* do produto. Os investimentos também são aumentados. Nesta fase, ocorre um aumento do volume produzido ao mesmo tempo em que se processa a consolidação de um *design* dominante, que mais adiante tende a gerar um efeito em termos de estabilização da produção. Considerando que o produto está basicamente definido, e evidenciado o potencial de crescimento de seu mercado, o esforço produtivo tende a ser focalizado em seu processo. A planta torna-se importante, ocorrendo sucessivas melhorias tanto no produto quanto no processo de produção visando uma compatibilização mais conveniente entre os dois. Tal dinâmica acaba por incrementar a produção e a produtividade. Os insumos e o *layout* da planta podem ser mudados para reduzir os custos, para melhorar a eficiência da produção ou para

fácil, tendo também o atributo de oferecer uma variedade de tipos potenciais de insumos para produção. Tais considerações estendem-se bem além da análise simples de custos de fatores e transporte.

responder a demanda de maneira mais adequada. A organização da planta é gradualmente melhorada ao mesmo tempo em que os equipamentos produtivos são mais apropriadamente especificados. Britto (2007) destaca que tal dinâmica tende a tornar as estruturas organizacionais mais rígidas, “podendo-se observar uma maior focalização do esforço de capacitação dos agentes no sentido de determinadas competências centrais (*core capabilities*)”, que têm o efeito de conduzir o processo para um aprisionamento (*lock-in*) em termos do tipo do *design* desenvolvido, visto que a focalização e a concentração dos recursos mobilizados no esforço tecnológico dos agentes tendem a descartar os *designs* alternativos do processo competitivo. Freeman e Soete (1997) afirmam que este é o mundo da engenharia de produção e dos gestores de *marketing*.

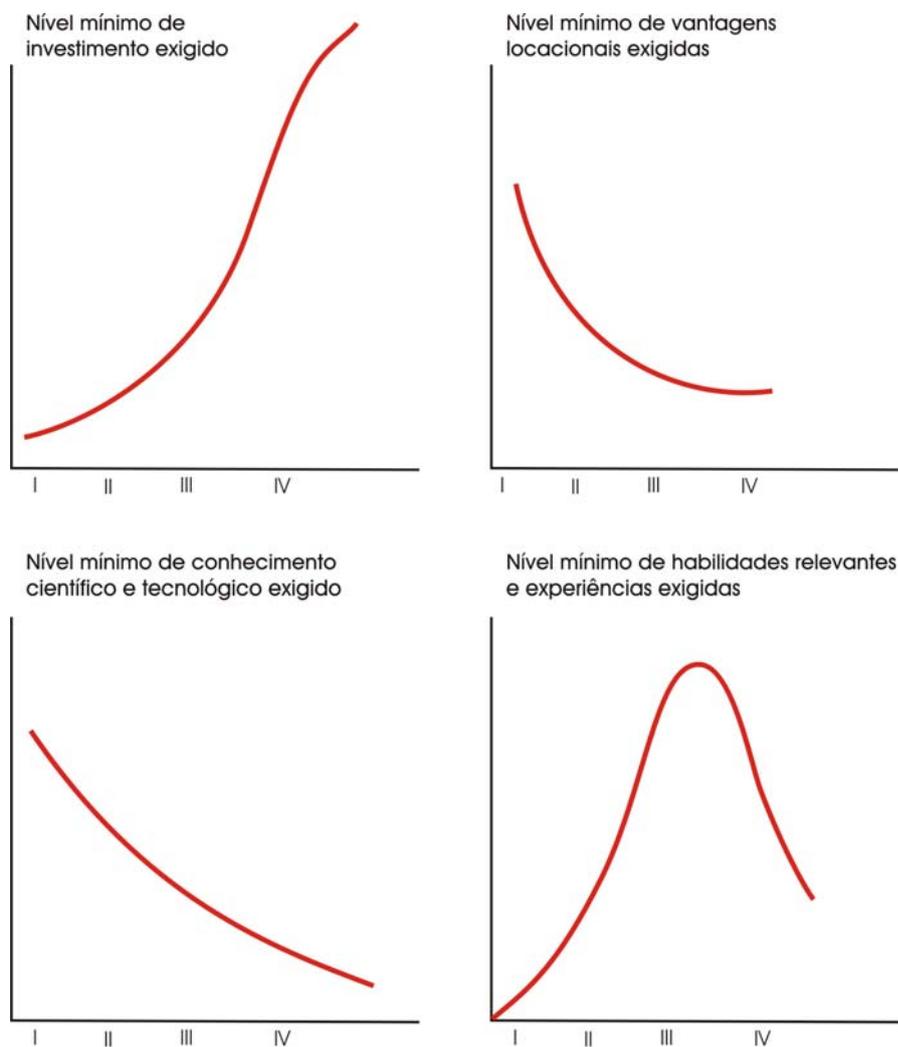
Os problemas científicos e técnicos são gradualmente resolvidos sendo os aprimoramentos incorporados tanto no produto quanto nos equipamentos produtivos e processos. A exigência destes atributos tende a se reduzir para as firmas seguidoras que entram no mercado. No entanto, a taxa de exigência, em termos de habilidades e de experiências acumuladas com relação ao produto, ao processo produtivo e ao *marketing*, cresce rapidamente na segunda fase. As economias locativas e de infra-estrutura crescem às custas dos inovadores mais agressivos, permitindo que os seguidores usufruam das vantagens locacionais decorrentes do processo de mudança. O grau de exigência de entrada para os “seguidores” em termos locacionais será menor nesta fase. O nível de investimento é agora mais alto quando comparado com a primeira fase. Tal fato é devido a uma melhor especialização do equipamento produtivo e do próprio tamanho da planta. Vernon (1961) destaca que, apesar de um certo grau de padronização, ao mesmo tempo em que ocorre uma redução das incertezas, a concorrência ainda é baseada na diferenciação de produto nesta fase. Ele afirma que “na verdade, tais esforços [de diferenciação] podem até intensificar-se à medida que as concorrentes procuram evitar o ímpeto da concorrência de preços”. Vale ressaltar que a variedade pode surgir também devido a uma maior especialização de diversos produtos, por exemplo: rádios portáteis ou despertadores.

Na terceira fase, de “maturidade” do produto, as condições produtivas mais relevantes já foram estabelecidas. O tamanho do mercado e a taxa de crescimento são conhecidas, a relação entre o produto e o processo foi aperfeiçoada. A engenharia e a direção das inovações incrementais permite vislumbrar acréscimos produtivos. Neste

estágio, o foco da produção recai sobre a administração do crescimento da firma e o aumento de participação do mercado. Os custos reais em capital, bem como as habilidades exigidas em gerenciamento são muito elevadas. Tal ambiente, além de ser inóspito para novos concorrentes, pode fazer com que algumas firmas bem sucedidas nas duas fases iniciais sejam excluídas do mercado. Os custos decorrentes do nível de conhecimento são relativamente menores. No entanto, as exigências quanto à experiência e ao investimento estão em um nível superior e crescente. As vantagens locais se tornam menos importantes em comparação às economias internalizadas que as firmas bem sucedidas acumularam e também em virtude do poder financeiro alcançado. Freeman e Soete (1997) afirmam que na fase III o mercado tende a ser monopolizado devido ao maior acúmulo de experiência dentro da firma.

Na fase IV, o produto e o seu processo de produção estão padronizados. Os investimentos adicionais, visando mais melhorias na tecnologia, têm o efeito de diminuir os retornos por unidades adicionais produzidas (Lei de Wolff). Considerando que a combinação ótima de insumos foi estabelecida, a vantagem referente aos menores custos de produção recai sobre as firmas ou localidades que proporcionarem a maior economia em termos comparativos. De acordo com Freeman e Soete (1997), tal dinâmica tende a se estabilizar ainda no final da fase III. Neste contexto, as firmas que obtiveram sucesso, em decorrência dos sucessivos aprimoramentos nas fases iniciais, acabam por converter a tecnologia em uma mercadoria (*commodity*). Com isto, ela passa a ser comercializada através de contratos de licenças e *know-how*. Assim, na fase de maturidade de uma tecnologia, o nível de exigência para a entrada diminui, ainda que os custos reais de entrada possam estar elevados. As habilidades exigidas para entrada estão agora codificadas permitindo que sejam comercializadas. Tal fato, no entanto, exigirá grandes esforços por parte do comprador para que a produção eficiente seja garantida. O nível de conhecimento acumulado exigido para a entrada será baixo, uma vez que estará materializado no produto e nos equipamentos de produção. A vantagem locacional continua sendo importante nesta fase em comparação a fase anterior. O nível de investimento necessário para produção é muito elevado quando comparado com a fase I, no entanto, a oferta de equipamentos e insumos decorrentes do processo de capacitação permite que a produção seja especificada com mais exatidão. Tais dinâmicas, avaliadas em termos do nível mínimo de exigência à entrada nas quatro fases do ciclo de vida do produto, são sintetizadas na figura 1.2.

Figura 1.2 - Exigência mínima à entrada em cada fase do ciclo de vida do produto



Fonte: Perez e Soete (1988) *apud* Freeman e Soete (1997).

Segundo Freeman e Soete (1997), as fases I e IV oferecem as condições mais fáceis para a entrada de novos concorrentes, mas sob exigências e custos totalmente distintas. Desta forma, nas fases iniciais, a consubstanciação de uma quantidade de capital exigida relativamente baixa, com um nível de experiência não tão exigente e com uma boa vantagem locacional tem o efeito de gerar as condições favoráveis para a firma inovadora. Dentro deste contexto, políticas públicas podem ser perseguidas visando uma inserção mais previsível para as firmas no mercado. A entrada na fase IV depende das vantagens comparativas tradicionais e locacionais. No entanto, nesta fase é exigida uma elevada quantidade de capital para custear os investimentos e para a compra de tecnologias. Uma importante diferença para firma que entra nesta fase,

quando comparada com a fase I, é que o componente de incerteza é relativamente muito menor. Tal característica tem o efeito de tornar a sobrevivência da firma que entra na fase I imprevisível. Os esforços em investimento e tecnologia são mais exigentes à medida que a firma avança em sua trajetória de melhorias (*improvement path*). Desta forma, a entrada na maturidade parece ser mais segura desde que o produto em questão não seja substituído por outro radicalmente aperfeiçoado no mercado. Os lucros efetivos dependerão de quantas firmas concorrem por uma parcela do mercado na fase IV. O quadro 1.1 sintetiza as principais características do ciclo de vida do produto quando avaliado em três estágios.

Quadro 1.1 - Características do ciclo do produto

CARACTERÍSTICAS	FASES DO CICLO		
	Início	Crescimento	Maturidade
Tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> • Curta duração. • Técnicas mudando rapidamente. • Dependência de economia externa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos de produção em massa gradualmente introduzidos. • Frequentes variações nas habilidades técnicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Longa duração e estabilidade tecnológica. • Poucas inovações de importância.
Intensidade do capital	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada, devido à alta taxa de obsolescência. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada, devido à grande quantidade de equipamento especializado.
Estrutura da indústria	<ul style="list-style-type: none"> • Entrada é determinada pelo <i>know-how</i>. • Numerosas firmas oferecendo serviços especializados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Crescimento no número de firma. • Muitas falências e fusões. • Crescimento da integração vertical. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos financeiros críticos para entrada. • Número de firmas declinando.
Capital humano	<ul style="list-style-type: none"> • Científico e engenharia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão. 	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades estagnadas.
Estrutura da demanda	<ul style="list-style-type: none"> • Mercado favorável ao vendedor. • Performance e preços dos substitutos determinam as expectativas dos comparadores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produtores individuais enfrentam o crescimento da elasticidade preço. • Concorrência intra-industrial reduz os preços. • Difusão da informação do produto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mercado favorável aos compradores. • Informação facilmente disponível.

Fonte: Hirsch (1965) *apud* Freeman e Soete

1.2 - Inovação e as estratégias das firmas.

As incertezas associadas ao comportamento inovador da firma acabam por caracterizar a insuficiência do tratamento do conceito de inovação através do comportamento racional maximizador da teoria tradicional. Uma forma possível de abordar e compreender o comportamento inovador é analisar as possíveis estratégias da firma quando confrontada com a mudança técnica, conforme preconizado pela taxonomia de Freeman e Soete. Tal abordagem busca, ao levar em conta o contexto histórico de qualquer indústria em um determinado país, classificar algumas possibilidades estratégicas, discutindo-as com relação aos esforços de P&D e outras atividades de inovação internas a firma⁸.

A firma é analisada dentro de um espectro tecnológico e de possibilidades de mercado que surge da evolução da ciência e tecnologia, e do crescimento do mercado mundial. Sua sobrevivência é influenciada por circunstâncias históricas e institucionais, tendo por efeito a parcial arbitrariedade da atividade inovativa. Desta forma, sua sobrevivência e crescimento dependem, em grande medida, da capacidade de adaptação ao ambiente que muda rapidamente (por exemplo, o surgimento de um novo processo de produção ou, em uma maior amplitude, o aparecimento de um novo paradigma tecnoeconômico)⁹. A mudança tecnológica é um aspecto extremamente importante para o ambiente da firma em diversas indústrias em muitos países.

As habilidades técnicas e científicas da firma, assim como seus recursos, podem ser combinados de diversas maneiras. A firma pode, ainda, elaborar suas estratégias considerando os potenciais resultados de curto ou longo prazo, podendo também formar alianças com fornecedores e clientes. Ela pode licenciar inovações ou desenvolver ela própria novos produtos ou processos. No entanto, o leque de possibilidades aberto para firma (na formulação estratégica) sempre será insuficiente para permiti-la prever

⁸ É importante ter em mente que os agentes e as firmas estão sempre mudando, desta forma generalizações sobre as estratégias que foram verdades ontem não serão necessariamente verdadeiras hoje ou amanhã. Tal observação está relacionada com o advento de qualquer mudança de paradigma que por ventura venha a influenciar o comportamento dos agentes ou firmas e, conseqüentemente, a estrutura industrial.

⁹ Segundo os autores, a teoria econômica tradicional ignora o mundo da ciência e da tecnologia e considera o mercado como ambiente.

acuradamente o resultado dos seus esforços inovativos, bem como de seus rivais. Assim a incerteza da inovação é o fato que caracteriza as estratégias da firma.

Apesar da atmosfera de incerteza que cerca a firma, ela precisa inovar para não morrer pois, além do lucro, ela busca sobreviver no mercado o máximo de tempo possível. A questão de como a firma buscará a inovação tem haver com as alternativas estratégicas que ela adotará. Estas dependerão dos recursos, da história, das práticas gerenciais e da sua sorte. O quadro 1.2 destaca as alternativas estratégicas, segundo a taxonomia de Freeman e Soete, indicando o grau de importância das atividades dentro de cada alternativa ¹⁰, segundo uma ponderação de 1 a 5. Estas estratégias (com exceção da estratégia de inovação tradicional) dificilmente podem ser observadas nos modelos de competição perfeita da firma (em informação perfeita e mesma tecnologia) onde a incerteza é inexistente. Nos itens seguintes serão discutidas as modalidades estratégicas de inovação que a firma pode perseguir quando imersa no contexto incerto e imprevisível.

1.2.1 - Estratégia Ofensiva.

A estratégia de inovação ofensiva é a mais agressiva das estratégias de acordo com a taxonomia de Freeman e Soete. Nestas estratégias as atividades inovativas possuem ponderações máximas, 4 ou 5, segundo a sistematização do quadro 1.2. Tal estratégia visa à liderança técnica como forma de elevar a participação no mercado. O departamento de P&D tem um papel chave na estratégia de inovação a ser adotada por uma firma ofensiva. Esta importância é justificada pela origem pluridimensional da inovação, uma vez que o conhecimento e suas informações técnicas e científicas raramente virão de uma fonte única. Dificilmente a inovação se manifestará em um formato pronto para a utilização. As informações técnicas e científicas (e o conhecimento subjacente) que não estão disponíveis deverão ser buscadas pela firma inovadora.

¹⁰ As estratégias não são formas puras, mas interfaces sobrepostas (como se fosse uma sombra dentro de outra). O fato que caracteriza tal representatividade é a similaridade (entendidas como ponderações semelhantes) que certas atividades apresentam em distintas estratégias de inovação.

Os elevados gastos em P&D¹¹, característicos da postura ofensiva, mas não ausente das estratégias defensiva e imitativa, deverão ser justificados pelos ganhos monopólicos característicos da originalidade produtiva e da proteção decorrente da patente (considerada um forte estímulo para este tipo de posicionamento estratégico). A firma deve estar preparada para adotar uma postura de longo prazo, levando em conta os potenciais riscos envolvidos no empreendimento, mesmo que estes não sejam evidentes, uma vez que os retornos das inovações levam muito tempo para se concretizarem.

Considerando o ineditismo que envolve a concepção de uma novidade, as firmas que adotam uma estratégia ofensiva buscam o conhecimento, necessário para uma inovação, através da pesquisa básica realizada *inhouse*, onde procuram combinar atividades monitoradas e de consultorias. Segundo Price e Bass (1969) *apud* Freeman e Soete, os estudos que procuram analisar as inovações realizadas pelas firmas que adotam estratégias ofensivas (mas não exclusivamente) concluíram que:

- 1) Embora a descoberta de um novo conhecimento não seja um ponto de partida típico para o processo inovador, a forte interação com o novo conhecimento ou com os agentes comprometidos com a pesquisa científica é de fundamental importância.
- 2) A inovação depende tipicamente da informação que não pode ser obtida de imediato e de forma definitiva (fato que dificulta uma programação antecipada). A informação chave é frequentemente obtida pela pesquisa não relacionada (ou sem conexão) com o objeto em questão.
- 3) A atividade de pesquisa básica no processo inovador pode muitas vezes ser descrita como uma interação significativa entre a comunidade científica e tecnológica. Os empresários no processo inovador normalmente pertencem ao

¹¹ Os autores argumentam que algumas das melhores inovações ofensivas partiram de pesquisa fundamental *inhouse* (apesar de existir um núcleo consensual, entre economistas, de que a pesquisa básica deva ser desenvolvida pelas universidades). A pesquisa pura em sua tipologia é justificada na medida em que ela oferece condições para que a pesquisa aplicada seja possível, diferenciando desta forma da pesquisa pura na academia, ou seja, em que uma aplicação imediata não é o objetivo fundamental. Eles, também, criticam o argumento simplista de que a pesquisa básica *inhouse* desenvolvida em diversos lugares esteja acessível para a firma, já que tal argumento não procura entender o processo de informação na pesquisa e a peculiar natureza da interface entre ciência e tecnologia (a interação entre estas é extremamente complexa e se assemelha mais a um processo de exame cuidadoso e mútuo de velhos e novos conhecimentos).

segundo grupo, enquanto que o primeiro é formado por pessoas familiarizadas com entendimento científico.

Desta forma, a existência de uma infra-estrutura científica e tecnológica desenvolvida acaba por ser um elemento crítico para a eficiência inovativa, ao favorecer a ampliação do estoque de conhecimento, todavia este não é suficiente para garantir a socialização do conhecimento entre diversas firmas e países, uma vez que o acesso a este conhecimento é limitado por barreiras culturais, educacionais, políticas ou de patentes. A capacidade de gerenciamento da P&D é outro fator determinante para o acesso ao conhecimento. Sendo assim, a performance da pesquisa básica (embora não seja exclusiva da estratégia ofensiva) é muitas vezes um meio valioso que permite o acesso ao novo e velho conhecimento gerado fora da firma. Ela também pode ser uma fonte de novas idéias dentro da firma. A firma, ao adotar uma estratégia ofensiva, visa sair na frente. Mesmo que ela não desenvolva propriamente a pesquisa básica, ela deverá ser capaz de manter relações com outras firmas ou instituições que realizem tais pesquisas.

Outra atividade de importância crítica adotada pela firma ofensiva (além do acesso ao conhecimento básico científico) é a centrada no desenvolvimento experimental, onde a engenharia de *design* e a pesquisa aplicada ganham particular importância. Por ser a primeira a elaborar um novo produto ou processo, a firma deve apresentar uma capacidade de planejamento desenvolvida, sobretudo para soluções de problemas (muitos inéditos) durante a fase de escolha da planta produtiva e dos testes de protótipos. Suas despesas são elevadas nestas áreas o que provavelmente motivará a proteção das inovações por meio de patentes.

O sucesso da estratégia inovativa ofensiva da firma será influenciado, nos estágios iniciais, pela capacidade para educar (e treinar) tanto seus consumidores quanto seus funcionários (posteriormente tais atividades poderão ser socializadas, à medida que a nova tecnologia seja difundida pela economia). O esforço da firma pode envolver, por exemplo, cursos contínuos, desenvolvimento de manuais e livros, produção de filmes, assistência técnica e de serviços, consultorias ou desenvolvimento de novos instrumentos didáticos.

O inovador ofensivo costuma ter em seu efetivo, cientistas e técnicos altamente capacitados trabalhando em atividades de produção e *marketing* do novo produto. Estas firmas são intensivas em educação, ou seja, seu corpo de funcionários apresentará uma quantidade de treinamento superior à média total da indústria. O desenvolvimento e o processamento de informações, com a sua conversão em novo conhecimento, em produtos e processos ocupam uma parcela significativa da força de trabalho, fato não verificado na estratégia tradicional.

Os autores argumentam que somente uma minoria de firmas está disposta a adotar uma estratégia inovativa ofensiva por um período determinado, uma vez que as incertezas decorrentes do lançamento de um novo produto, ou mesmo de um processo, tem o efeito de atuar como um “inibidor” da postura inovativa das firmas no mercado. A intensidade das inovações, ou seja, se são radicais ou incrementais, acaba por intensificar as incertezas decorrentes da mudança. Outro fator explicativo da descontinuidade da postura estratégica é o próprio ciclo do produto, onde os primeiros estágios são caracterizados pela novidade, até atingir a estabilidade e na seqüência a obsolescência. Sendo assim, a grande maioria das firmas (incluindo aquelas que foram inovadoras ofensivas) acabará por adotar uma estratégia diferente, ou seja, defensiva, imitativa, dependente, tradicional ou oportunista em decorrência do ciclo de vida do produto, ou seja, do declínio da taxa de mudança tecnológica.

Quadro 1.2- Estratégias de inovação da firma

		Atividades científicas e técnicas dentro da firma									
		Pesquisa básica	Pesquisa aplicada	Desenvolvimento experimental	Engenharia de <i>design</i>	Controle de qualidade da engenharia de produção	Serviços Técnicos	Patentes	Informação científica e técnica	Educação e treinamento	Previsão de longo alcance e Planejamento da produção
Estratégias	Ofensiva	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5
	Defensiva	2	3	5	5	4	4	4	5	4	4
	Imitativa	1	2	3	4	5	3	2	5	3	3
	Dependente	1	1	2	3	5	2	1	3	3	2
	Tradicional	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1
	Oportunista	1	1	1	1	1	2	1	5	1	5

Fonte: Freeman e Soete

Intervalo de 1 até 5, indicação fraca (ou inexistente) até muito forte.

1.2.2 - Estratégia Defensiva.

A estratégia de inovação defensiva não implica na ausência de P&D, muito pelo contrário, uma política defensiva pode ser tão intensiva em pesquisa quanto uma ofensiva. A diferença entre as duas modalidades estratégicas está relacionada com a natureza e a cadência em que se processa a inovação. Os inovadores defensivos não desejam ser os primeiros, porém não desejam, também, ser deixados para trás pela onda de mudança técnica¹². Os fatores tomados isoladamente ou de uma forma combinada, que levam algumas firmas a adotarem a postura defensiva estão relacionados com: 1) a aversão ao elevado risco que caracteriza a originalidade; 2) o desejo de tirar proveitos dos erros cometidos pelos inovadores mais agressivos; 3) a relativa pouca capacitação em pesquisa básica; ou 4) a vantagem apresentada em habilidades particulares em engenharia de produção e *marketing*.

Diversos estudos¹³ citados por Freeman e Soete indicam que boa parte da atividade de P&D na indústria de países desenvolvidos, quando avaliados no curto prazo, apresentam características defensivas ou imitativas, se preocupando principalmente com inovações secundárias, com modificações nos produtos, processos e serviços técnicos existentes. A P&D defensiva é típica para a maioria dos mercados oligopolistas, estando relacionada com a diferenciação do produto. Os oligopolistas encaram a P&D defensiva como uma forma segura que capacita a firma a reagir (e adaptar-se) as mudanças técnicas introduzidas pelos rivais. Firms que adotam uma estratégia defensiva e que desejam ter participação significativa no mercado devem desenvolver modelos pelo menos tão bons quanto àqueles desenvolvidos pelos primeiros inovadores, se possível incorporando alguns avanços técnicos que diferenciem seus produtos e com custos menores. Neste sentido, a atividade de desenvolvimento experimental e engenharia de *design* são importantes para a estratégia defensiva e ofensiva. Quanto maior a taxa de inovação maior e mais rápida deve ser a

¹² Pode existir o caso em que um pretensioso inovador ofensivo seja ultrapassado por um competidor ofensivo mais bem sucedido (caracterizando a estratégia de inovação defensiva involuntária do primeiro ou mesmo uma estratégia oportunista).

¹³ Como por exemplo: 1) Nelson, R. R., Peck, J. e Kalachek, E. (1967) *Technology, Economic Growth and Public Policy*, Washington, DC, Brookings Institution; 2) Schott, K. (1975) "Industrial R and D expenditures in the UK: an econometric analysis", DPhil thesis, Oxford University; 3) Schott, K. (1976) "Investment in private industrial R and D in Britain", *Journal of Industrial Economics*, vol. 25, nº 2, pp. 81-99 e 4) Sirilli, G. (1982) "The researcher in Italian Industry", mimeo, Science Policy Research Unit, University of Sussex.

capacidade de resposta das firmas defensivas, pelo menos para que seja possível alcançar a inovadora ofensiva, ou ultrapassá-la.

Os inovadores defensivos procuram adotar os recursos necessários para educação e treinamento de seus clientes e funcionários (*staff*), buscando também uma estrutura de atividade técnica e de informação tão boas quanto das firmas ofensivas. As firmas que atuam no mercado oligopolista podem adotar uma combinação de diferenciação de produto com serviços técnicos para garantir o *market share* não alcançado pela inovação original plenamente. Tanto o inovador defensivo quanto o ofensivo estarão preocupados com o planejamento de longo prazo. Porém, a inovação mais arriscada e incerta é uma característica do inovador ofensivo. A informação científica e técnica assumem importância considerável para a firma defensiva, uma vez que a sobrevivência e o crescimento serão condicionados a partir do instante em que ela se insere no mercado. O inovador defensivo pode observar como o mercado se comportará com o lançamento ofensivo aproveitando-se dos erros cometidos por estes. Desta forma, quando uma firma introduz uma inovação, mas não conta com os recursos necessários para desenvolvê-la de forma adequada, acaba por criar espaços para concorrentes em melhores condições para ocupar o mercado criado.

As firmas que adotam uma estratégia ofensiva ou defensiva são, deste modo, intensivas em conhecimento. No entanto, o ambiente nacional e a política de governo exercem forte influência no formato estratégico a ser adotado pela firma inovativa. A complexa interação do ambiente nacional com a estratégia da firma é tratada pela literatura de sistema nacional de inovação¹⁴.

De acordo com Freeman e Soete, firmas que adotam estratégias de inovação ofensiva e defensiva aprendem a inovar gradualmente, todavia não existe uma receita que possa garantir o sucesso, existindo, também, grande controvérsia quanto aos ingredientes deste. Tal fato remonta às possíveis trajetórias que as firmas podem seguir no processo de inovação, ou seja, a postura idiossincrática caracterizará a evolução das firmas de uma indústria. Eles destacam, ainda, que a inovação no mercado mundial tem o efeito de aumentar a incerteza com a qual as firmas se confrontam. Tais fatos têm

¹⁴ Os autores destacam que a política nacional japonesa conduziu a transformação de firmas meramente imitativas e tradicionais para uma postura estratégica de inovação ofensiva e defensiva.

levado o governo a subsidiar a P&D, criando também uma infra-estrutura apropriada para reduzir a incerteza do mercado.

1.2.3 - Estratégia Imitativa.

A estratégia inovativa imitativa é adotada por firmas que não almejam uma liderança de mercado ou tecnológica. Elas geralmente não têm recursos suficientes para a aquisição de *know-how* e licenças de outras firmas¹⁵. Esta postura se diferencia da estratégia defensiva, uma vez que esta última busca, através da licença, o desenvolvimento de capacitações que possibilite aprimorar o produto ou a técnica produtiva. As firmas imitativas são as seguidoras de firmas inovativas mais agressivas que buscam uma liderança - tanto tecnológica quanto mercadológica - no ambiente competitivo. As patentes são resultados secundários (ocasionais) de sua atividade. Os recursos disponibilizados em serviços técnicos e treinamentos não são significativos quando comparados com as estratégias inovativas mais agressivas. Tal fato é justificado pela a socialização destas atividades (através do sistema de ensino nacional) que foram desenvolvidas anteriormente em decorrência da difusão das habilidades de firmas ofensivas e defensivas¹⁶.

A firma imitativa deve gozar de certas vantagens - como exclusividade na fabricação, explorando um mercado cativo ou, ainda, vantagens de custos claras - quando entra no mercado, uma vez que, como afirma Tigre (2006), “a estratégia imitativa apresenta a desvantagem de proporcionar margens de lucro muito apertadas, pois produtos indiferenciados são tomadores de preços estabelecidos pelo mercado” (p. 174). Esta situação é típica em muitos países em desenvolvimento no período de substituição de importação. O imitador pode também, desfrutar de outras vantagens, como por exemplo: menores custos de mão de obra, em energia e outros insumos, que podem ser provenientes de outras indústrias existentes na economia doméstica. A

¹⁵ A aquisição de licença e *know-how* é determinada pela extensão do atraso tecnológico; caso o atraso não seja pequeno existe a necessidade de adquirir o licenciamento, uma vez que o custo será justificado pela *gap* tecnológico.

¹⁶ A exceção a esta generalização é quando em países em desenvolvimento nenhuma firma inovadora abriu uma subsidiária para explorar o mercado. Nesta situação, o empreendedor imitativo pode se tornar um inovador defensivo, especialmente em economias que crescem rapidamente. Isto implicará um melhoramento no sistema dos serviços científicos e tecnológicos e no fortalecimento (ou começo) de atividades de P&D (frequentemente ocorrerá *joint ventures* ou acordos de colaboração com firmas estrangeiras).

cadência da mudança tecnológica na economia tem o efeito de ditar até que ponto uma firma imitativa ameaça a posição alcançada pelos primeiros inovadores. Caso a tecnologia em uma determinada indústria se estagne, as imitativas podem corroer a posição das firmas mais inovativas. Desta forma, a acomodação tecnológica em uma indústria madura tem o efeito de induzir as firmas inovativas para outras áreas, onde a cadência da mudança técnica seja mais intensiva. Às vezes a cadência da mudança técnica e a rápida sucessão de novas gerações de produtos podem retardar a maturidade ou outras indústrias aparentemente maduras podem ser rejuvenescidas. A tipologia de Hirsch (1965), no quadro 1.1, ajuda identificar os elementos que caracterizam a maturidade de uma indústria (cenário potencialmente favorável para firmas imitadoras)¹⁷.

Caso o grau de proteção (ou incentivos) não seja suficiente, os imitadores se esforçarão para ser mais eficiente no processo de produção, tendo por efeito uma diminuição de seus custos unitários de produção. Apesar do esforço ao buscar a eficiência produtiva, a firma imitadora se defronta com economias estáticas e dinâmicas de escala que estarão contribuindo para sua desvantagem competitiva. Tais fatos justificam a estrita ligação da P&D adaptativa com a produção, fazendo com que a engenharia de produção e de *design* sejam duas atividades técnicas fortes das firmas imitadoras. A informação científica e técnica são outras atividades não negligenciadas pela firma imitativa, que deve estar bem informada sobre as mudanças que ocorrem nas técnicas de produção e no mercado. Estas atividades também são importantes para a escolha do produto e do *know-how*¹⁸.

¹⁷ A capacidade das firmas seguirem tal tipologia (particularmente nos países em desenvolvimento) é fortemente influenciada por fatores institucionais e políticas de governo.

¹⁸ As políticas nacionais e as estratégias das firmas são de fundamental importância para melhorar a competitividade dos países (sobretudo atrasados). Desta forma, políticas de educação, treinamento e, ainda, condições de financiamentos para os investimentos e importações de tecnologias são ações que podem ser utilizadas para reduzir o atraso de certos países (o processo para diminuição do *gap*, contudo, pode ser muito prolongado). A literatura sobre Sistema Nacional de Inovação trata desta questão.

1.2.4 - Estratégia Dependente.

A estratégia de inovação dependente envolve um papel essencialmente subordinado em relação a outras firmas mais fortes. A “satelitização” é o fato que caracteriza as firmas dependentes. Estas firmas não buscam iniciar uma mudança técnica, ou mesmo imitar. Tais posturas somente são efetivadas à medida que a firma principal solicita. Normalmente estas firmas contarão com especificações técnicas do novo produto fornecidas pela firma principal. A maioria das firmas dependentes em países industrializados acaba fornecendo componentes ou atuando como fornecedor de serviços para uma firma principal. Assim, a cadência da mudança técnica da firma principal dita o comportamento das firmas satélites. Tais firmas são freqüentemente subcontratadas e tipicamente perdem todas iniciativas no *design* do produto, não tendo nenhuma instalação, ou recursos, direcionada para a P&D. No entanto, algumas firmas subcontratadas podem buscar melhorar sua tecnologia. As firmas principais podem inclusive ajudar as firmas satélites em tais melhorias, principalmente em decorrência da adoção de uma nova tecnologia. Algumas firmas subcontratadas podem, eventualmente, se mover da dependência para a categoria de firmas inovativas ao aperfeiçoar seu conhecimento especializado em um restrito campo do conhecimento. Outra forma de diminuir sua dependência é através do aumento de sua rede de clientes, o que acaba por fortalecer sua própria competência inovativa.

O conjunto de firmas principais pode fornecer assistência técnica aos fornecedores de primeiro nível, emprestando engenheiros ou colaborando no melhoramento de especificações dos componentes e materiais que eles fornecem. A dependência pode assumir uma característica de mútua colaboração, a partir do momento que as firmas principais (e as satélites) estabeleçam relações de confiança entre si, as quais acabam por introduzir o conceito de controle da cadeia de valor, o que constitui uma alternativa em relação à firma fortemente verticalizada, possibilitando reduzir a incerteza produtiva¹⁹.

A firma que adota a estratégia de inovação dependente difere da tradicional na natureza de seu produto, o qual muda pouco para firma tradicional. O produto fornecido

¹⁹ Nos anos oitenta e noventa, ocorreu uma forte tendência mundial para subcontratação pelas grandes firmas (através um processo de terceirização de atividades).

pela firma dependente pode mudar muito, mas em resposta a uma nova especificação da firma principal que visa atender, por exemplo, as necessidades de sofisticados consumidores. Estes acabam por se envolver intensamente na criação e desenvolvimento do produto²⁰. As firmas tradicionais não vêem nenhuma razão para mudar seus produtos porque o mercado não demanda uma mudança e a concorrência não as compele a fazer isto. As duas situações carecem de capacidade científica e técnica para iniciar uma mudança de caráter radical no produto. A mudança no produto da firma tradicional é de natureza “cosmética” ao invés de técnica.

1.2.5 - Estratégia Tradicional.

A estratégia de inovação tradicional, ao dar pouca importância às atividades de pesquisa e desenvolvimento, pode ser caracterizada a situações de firmas produzindo um bem homogêneo sobre competição perfeita. Nesta modalidade estratégica, o *learning by doing* é o mecanismo que permite a firma desenvolver economias dinâmicas. A firma ao adotar esta estratégia acaba por se concentrar na produção de menor custo, ignorando as atividades científicas e técnicas, ou tratando-as como exógenas. A estratégia tradicional é essencialmente não-inovativa²¹. Quando a mesma se torna inovativa é porque adota inovações de processos gerados em outros lugares, mas disponíveis para todos os concorrentes.

Os autores argumentam que o padrão de concorrência das firmas tradicionais pode se aproximar das condições de concorrência perfeita. No entanto, tais firmas podem funcionar também sob condições de monopólio, como resultado: (1) da falta de informação ou comunicação entre os agentes e (2) mercado pouco desenvolvido, sistema social pré-capitalista. Sua tecnologia é baseada muitas vezes na habilidade tácita, com a contribuição científica sendo mínima ou não existente. Como exemplos de firmas tradicionais os autores citam aquelas relacionadas com serviços de alimentação (restaurantes), artesanato ou decoração. No entanto, será a cadência de mudança tecnológica, assim como a própria fase do ciclo de vida da firma ou do ramo industrial,

²⁰ Este é o caso de bens complexos (*complex product systems*), conforme destacado por Hobday, M. (1995), onde o processo de inovação, na qual a atividade de desenvolvimento usualmente envolve muitos fornecedores, é baseado na atividade de projeto, no desenvolvimento e na integração de sistemas.

²¹ A mudança no paradigma tecnoeconômico pode afetar as firmas ou as indústrias que adotam costumeiramente a estratégia tradicional; obrigando-as a mudar compulsoriamente caso desejem continuar sobrevivendo.

que ditará a característica da atividade produtiva e a estratégia inovativa que advém de tais processos. A firma tradicional apresenta grande capacidade de sobrevivência (até em economias industrializadas), porém quando submetida à mudança tecnológica sua vulnerabilidade aumenta. Esta característica é explicada pela incapacidade de iniciar uma inovação técnica em sua linha de produção, ou de responder defensivamente as mudanças técnicas introduzidas por outras firmas. O processo de mudança técnica acaba por expulsar gradualmente firmas tradicionais do mercado.

1.2.6 - Estratégia Oportunista.

As estratégias mencionadas retratam os diversos artifícios que as firmas podem adotar para sobreviver buscando lucro e crescimento, e tendo como entidade a incerteza da inovação. A conjugação das respostas estratégicas das firmas, sobretudo quando decorrentes de uma mudança maior, será determinada pela postura oportunista das firmas. Tal postura acaba por definir a última estratégia da tipologia, ou seja, a estratégia oportunista ou de nicho. O empresário (ou a firma inovadora) onde a P&D *inhouse* não tem muita importância será motivado a identificar algum potencial no mercado que muda rapidamente. Ele espera descobrir um importante nicho e oferecer um produto ou serviço que os consumidores necessitam, mas que ninguém tenha pensado oferecer. Para tanto, a firma deve estar bem informada sobre o conhecimento científico e técnico para que possa vislumbrar os potenciais alcances de sua ação no longo prazo. Estas firmas buscam explorar uma oportunidade imediata do mercado em decorrência do forte monitoramento exercido.

Tigre (2006) cita como exemplo de firmas oportunistas, aquelas que surgiram em decorrência da crise energética vivenciada no Brasil no início do novo milênio. Aproveitando-se das janelas de oportunidades que se abriram, muitos novos fornecedores de material elétrico poupador de energia, como lâmpadas de baixo consumo e luminárias sensíveis a presença humana foram lançados no mercado. A rápida inserção de produtos no mercado constitui o atributo essencial dessa estratégia.

1.3 - Inovação, competição e estrutura industrial.

Utterback e Suárez (1993) procuram identificar fatores mais consistentes do que a hipótese da ecologia populacional (*population ecology*)²² para explicar como se processa a sobrevivência das organizações e a consolidação de uma nova indústria. Segundo a linha da ecologia populacional, a chance de sobrevivência de uma firma é afetada pela densidade populacional (*population density*) na ocasião de seu lançamento na indústria. Todavia, para Utterback e Suárez (1993), é a evolução da tecnologia, em uma indústria, que influencia a sobrevivência da firma. A densidade populacional é tratada apenas como um reflexo subjacente, conduzido por forças baseadas na mudança tecnológica. Tal fato acaba por determinar a forma e o nível de competição, a atratividade da entrada e, em última instância, a estrutura de uma indústria. Ao relacionar o sucesso (ou fracasso) da firma, no longo prazo, à perspectiva da evolução da tecnologia, a forma como a mudança do produto e o processo tecnológico se relacionam com a concorrência e a estrutura industrial ganha importância. Desta forma, a base analítica passa a considerar as múltiplas relações existentes entre: 1) o processo de produção e as melhorias; 2) o aumento de produtividade; 3) a competitividade; 4) a tecnologia do produto e sua relação com a capacitação e 5) as estratégias corporativas; visto como de fundamental importância para o sucesso (ou fracasso) de firmas (ou até indústrias) no longo prazo.

A estrutura competitiva e a dinâmica de uma indústria refletem implicitamente o produto, o processo tecnológico e as inovações. É esta idéia que permite trabalhar com o conceito de *design* dominante. A intensidade competitiva - com um número significativo de participantes no processo iterativo da inovação - tem por efeito incrementar a velocidade da mudança tecnológica, ao mesmo tempo em que a tecnologia avança e o seu potencial de aplicação é ampliado, o que acaba por atrair novos concorrentes. Deste modo, não é o número de firmas em si, no processo competitivo, que irá justificar a

²² De acordo com esta linha, as organizações fundadas durante períodos de intensa competição têm maiores chances de sobreviver. Sendo assim, algumas firmas inauguradas em épocas de competição acirrada seriam premiadas por sobreviver mais tempo no mercado (tendo como resultado o sucesso produtivo). No entanto, as outras que surgissem em épocas com pouca competição teriam poucas chances de sobreviver por um longo período, apresentando um ciclo de vida menor. Nesta visão, o sucesso (caracterizado por um maior tempo de sobrevivência) ou o fracasso (caso contrário) de uma firma é determinado pela peculiar intensidade competitiva que caracteriza uma dada indústria no momento em que ela resolve entrar no mercado. O grau de concentração do mercado acabará por ditar a sobrevivência da firma (entrante) em um determinado ramo industrial.

sobrevivência das firmas no longo prazo. A mudança tecnológica é o fato relevante para a sobrevivência da firma. O fluxo líquido de concorrentes ao longo do tempo acaba por contribuir com a dinâmica inovativa ao intensificar a taxa de mudança técnica. Tal dinâmica toma uma nova forma a partir do surgimento do *design* dominante. Sua ocorrência altera as características de inovação e a competição das firmas tendo o efeito na estrutura industrial. Ele usualmente toma a forma de um novo produto, ou de um conjunto de características, sintetizado por inovações tecnológicas individuais introduzidas independentemente, em certa medida, de variantes do produto anterior.

Um *design* dominante tem o efeito de reforçar ou encorajar a padronização, de forma que a produção, ou outras economias complementares, possa ser buscada. Então a competição efetiva começa a tomar lugar sobre a base de custos, escalas e desempenho do produto. Antes do aparecimento de um *design* dominante, ocorre uma onda de firmas entrando com muitas variedades e versões experimentais de produtos. Após o seu surgimento, ocorre uma onda de saídas e a consolidação da indústria. Ele é geralmente o resultado de experimentos, possibilidades técnicas e escolhas de sua época. Uma vez estabelecido, o *design* dominante exerce um impacto profundo sobre: 1) a direção do avanço técnico futuro; 2) a taxa daquele avanço; 3) a estrutura industrial; e 4) a competição. A sua consolidação, e a conseqüente padronização do produto, marca um divisor de águas para a estrutura industrial e competitiva.

A noção de que o lançamento de um novo produto (uma novidade) por uma ou poucas firmas engendra uma situação temporária de monopólio, caracterizada por elevadas taxas de lucros, caminha concomitantemente com o aumento da produção e da variedade de produtos (decorrente da participação de novos concorrentes²³) e, ainda, com o aumento da própria demanda, que acaba, também, por influenciar o processo de inovação. Todos estes fatores se conjugam para o nascimento do *design* dominante. Este referencial atribui pouca importância ao tamanho da firma como elemento fundamental para determinar o potencial inovativo da organização, pelo menos na fase de definição

²³ Novos concorrentes são tratados no modelo como o fluxo líquido positivo, ou seja, o número de firmas que entram na indústria é superior ao número de firmas que saem. Isto possibilita trabalhar com a idéia de que, mesmo durante o período que antecede o surgimento do *design* dominante, existem algumas firmas que são expulsas da indústria nascente devido às incertezas que cercam o processo de inovação. Segundo os autores, a noção de indústria é sempre um pouco obscura, devido à dificuldade de definir estes limites. A Indústria, no modelo, é composta por uma classe de produtos, isto é, um grupo de produtos similares que atende as necessidades de um mesmo mercado.

do produto em uma nova indústria. O surgimento do motor de combustão interna como tecnologia de propulsão dominante é um exemplo do advento de um *design* dominante. Segundo Mowery e Rosenberg (1998), o aparecimento do motor a gasolina não era, de modo algum, um efeito previsível em 1900. Na época, existiam 1.681 automóveis movidos a vapor, 1.535 carros elétricos e 936 automóveis movidos à gasolina, nos Estados Unidos. No entanto, em 1905, o motor de combustão interna havia se tornado a tecnologia de propulsão dominante na indústria automobilística americana. A explicação, de acordo com os autores, para o sucesso do motor a gasolina está relacionada ao: 1) maior raio de autonomia; 2) ao menor custo da gasolina em relação à eletricidade; e 3) aos avanços no desempenho do motor a gasolina entre 1900 e 1905 frente às outras duas alternativas de combustível (muito dos quais em decorrência das melhorias na metalurgia, como nos métodos de fundição, que permitiram maior precisão na confecção de cilindros)²⁴.

Utterback e Suárez (1993) sustentam que as firmas inovadoras vêm do lado de fora da indústria, antes da definição do design que irá prevalecer na indústria em questão. Assim, o número e o tamanho das firmas tem pouca importância. O surgimento do *design* dominante (como resultado do processo de mudanças que caracteriza a dinâmica da inovação) acaba por alterar a ênfase competitiva em favor daquelas firmas (grandes ou pequenas) capazes de adquirir habilidades no processo de inovação e integração, caracterizado pelo maior desenvolvimento técnico, organizacional e estratégico. Ele marcará o início de um período de turbulência (com entradas e saídas) em uma indústria. Firmas incapazes de realizar a transição em direção ao melhor produto (padronizado) e ao novo processo produtivo tenderão a falir ou serão absorvidas por aquelas mais bem habilitadas no processo, fazendo com que a estrutura do mercado tenda a se consolidar de forma concentrada. Outras firmas poderão possuir recursos especiais e, deste modo, combiná-los satisfatoriamente com o resultado da firma dominante, como ocorre no caso de firmas defensivas (rivais) e dependentes (fornecedores), conforme descrito por Freeman e Soete (1997). Em todo caso, será a inabilidade das firmas em mudar sua estrutura organizacional e suas práticas ao longo da evolução tecnológica na indústria a sua principal fonte de falência.

²⁴ Mowery e Rosenberg (1998) destacam também que os altos níveis de renda nos EUA, no início do século XX, associados com a maior propensão do público consumidor a aceitar produtos padronizados (principalmente depois do método de produção fordista) e as grandes distâncias em diversos pontos daquele país, acabaram por influenciar a escolha do motor de combustão interna.

A próxima etapa é o aparecimento de um período de estabilidade na indústria em que existem poucas firmas (grandes) com produtos padronizados (ou levemente diferenciados), desfrutando de vendas e participações no mercado relativamente estáveis. A maturidade do ciclo do produto caracteriza esta fase. Tal estabilidade, no entanto, é interrompida quando ocorre uma descontinuidade tecnológica que resulta em um novo ciclo interativo e no surgimento de um outro novo *design* dominante. Durante o período de estabilidade, algumas firmas podem permanecer na indústria servindo segmentos especializados no mercado, porém, ao contrário de outras firmas lançadas em segmentos particulares no início de formação da indústria, elas têm pouco potencial de crescimento. As novas firmas concorrentes, dentro deste cenário, incluem aquelas (grandes ou pequenas) existentes que se movem em seu mercado estabelecido ou, ainda, as firmas que mudam dentro de uma base tecnológica em uma nova área de produto.

Segundo os autores, a hipótese da relação existente entre uma nova indústria e a inovação deve-se aos estudos de Muller e Tilton (1969). Estes autores argumentam que uma nova indústria é criada pela ocorrência de processos superiores (*major process*), baseados em inovações de produtos e no desenvolvimento tecnológico, sem que isto implique que inovações radicais sejam introduzidas. Eles argumentam que uma grande corporação raramente incentiva seu departamento de P&D a iniciar um desenvolvimento radical significativo. Deste modo, essa mudança tende a ser desenvolvida por novos concorrentes sem uma experiência consolidada em um dado segmento de mercado. Nem o tamanho (absoluto) maior e nem o poder de mercado parece ser condição necessária para o desenvolvimento bem sucedido da maioria das inovações superiores (*major innovations*).

Uma vez estabelecida uma inovação superior, haverá uma corrente de firmas entrando na indústria recém fundada. Este fato pode ser relacionado com as diversas possibilidades estratégicas da taxonomia da seção anterior, ou seja, diversas firmas adotando diversas estratégias de inovação. Durante o período inicial de entrada e experimentação, que se segue à introdução da inovação superior, a ciência e a tecnologia são grosseiramente compreendidas. É este fato que tende a reduzir as vantagens de firmas grandes sobre as outras. O aumento marginal no número de firmas, que passa atuar após o surgimento da inovação superior, acaba por induzir aumentos em P&D nas firmas, o que acaba por influenciar o processo de inovação. As pesquisas

tornam-se crescentemente especializadas e as inovações tendem a se focalizar em pequenas melhorias tecnológicas (inovações incrementais). Desse modo, as firmas maiores possuem uma maior capacidade de expandir a indústria, desfavorecendo os concorrentes menores. Neste sentido, observa-se que a vantagem decorrente do tamanho somente é caracterizada após o surgimento da inovação superior, ou seja, após o processo de sua consolidação, onde as inovações incrementais ganham importância. A diferenciação de produto estará crescentemente centrada na solidez técnica (capacitação) e na organização das atividades de P&D das firmas existentes. A inserção das primeiras firmas na recém criada indústria acaba por estabelecer uma posição que é difícil de ser alcançada pelas concorrentes que entram depois.

Burton Klein (1977), em seu trabalho seminal sobre economia dinâmica, também não encontrou evidências de que um avanço importante (*major advance*) parte de uma firma maior (*major firm*) em uma dada indústria. Ao examinar a ligação entre a estrutura industrial e mudança tecnológica, constatou que os investimentos das firmas e a introdução de produtos, como experimentos, acabaram por municiá-las (assim como a indústria) através de um processo de avaliação corretiva (*corrective feedback*) e de incentivo (*stimulating feedback*) com relação ao produto e as necessidades do mercado. Deste modo, a fase inicial de desenvolvimento de uma linha de produtos ou de uma indústria, em que poucas firmas participam, seria um período relativamente lento de progresso técnico (caracterizado por situação temporária de monopólio) e de aumento de produtividade. Estes, no entanto, tenderiam a crescer à medida que o número de experimentos aumentasse, em decorrência da entrada de novas firmas no cenário competitivo, contribuindo para a definição da tecnologia do produto. Na fase final, devido à relativa consolidação do produto tecnologicamente superior e dos significativos ganhos de produtividade, poucas firmas tendem a dominar a indústria, fazendo com que tanto a experimentação quanto os ganhos de produtividade acabem por diminuir. Ele concluiu que o processo de mudança de uma organização dinâmica para uma estática - partindo de um período de rápido aprendizado organizacional para um período de lento (ou ausente) progresso tecnológico - parece ser irreversível.

Os conceitos de *design* dominante (Utterback e Suárez), de definição da tecnologia do produto (Burton Klein) ou de inovação superior (Muller e Tilton) sustentam que, com a estabilização de uma indústria, ou seja, com a diminuição do

progresso técnico e com a padronização das técnicas produtivas, o grau de barreiras à entrada tende a aumentar. Os nichos de mercados mais atrativos já estarão ocupados. À medida que ocorre o aperfeiçoamento no processo de integração, o custo de equipamento (material ou insumos) de produção aumenta drasticamente. Os preços e os custos de produção diminuirão, de forma que as firmas com maiores participações no mercado serão aquelas que se beneficiarão pela expansão mais adiante. Nesta fase, Utterback e Suárez (1993) destacam que as firmas sobreviventes - caracterizando um ambiente de estabilidade industrial - passam a se preocupar com a qualidade do produto e com o progressivo controle sob a cadeia de valor. Este processo pode tomar as seguintes formas:

- 1) Uma melhoria na relação com fornecedores e distribuidores através de uma relação mais integrada e cooperativa; ou
- 2) A perseguição da integração vertical, isto é, o domínio (controle) direto dos diferentes estágios (fases) da cadeia de valor.

No modelo apresentado aqui, as firmas sobreviventes realmente buscam “controlar toda cadeia de valor”, sendo a integração vertical uma das possibilidades para alcançar tal controle. Segundo os autores, as firmas passam crescentemente a confiar no melhoramento da relação com fornecedores e distribuidores para alcançar o controle sobre a cadeia de valor. Neste contexto, a estratégia dependente para as firmas satélites ganha importância. O aparecimento de um conjunto de fornecedores mais ou menos cativos de equipamentos (material ou insumos) e componentes ligados a uma grande firma é corriqueiro. Freeman e Soete (1997) observam que, embora as relações estreitas com distribuidores possam ter benefícios semelhantes, a maior parte da literatura tem focalizado em relações com fornecedores, particularmente ao descrever o modelo asiático (principalmente o japonês). Realmente, o nível de cooperação alcançado pelas firmas asiáticas e seus fornecedores é muito elevado. Frequentemente “times técnicos” provenientes da firma matriz (*parent firm*) trabalham na localidade dos fornecedores por longos períodos de tempo, resolvendo um problema de produção específico. Fornecedores são frequentemente convidados pela companhia matriz para participar no *design* de um novo produto desde seu início. Eles podem desempenhar um papel criativo se a firma matriz for capaz de induzir lealdade suficiente e cooperação.

Segundo os autores, tal relacionamento estreito sugere uma revisão nos vários conceitos de firma e serve para repensar seus limites. Somente quando as relações com fornecedores são deficientes em cooperação existirá uma pressão para que as firmas produtoras verticalizem alguma etapa da cadeia de produção, ou seja, a integração vertical pela firma, nesta visão, tem o intuito de reduzir as incertezas do processo produtivo²⁵.

Os fatores mencionados acabam por conduzir a indústria para uma situação de concentração, caracterizando o ambiente de estabilidade em que as barreiras à entrada ganham importância no final do ciclo. É este argumento que os autores utilizam para defender a idéia de que as inovações radicais ocorrem a partir de novas firmas (entrantes) ao romper o *status quo* que caracteriza a concorrência nesta fase. Os competidores estabelecidos estão envolvidos em um processo produtivo cujo capital e recursos estão alocados na tecnologia existente. Este fato também é explicado através dos conceitos de *path-dependence* e *lock-in*²⁶, ou seja, uma situação de armadilha de equilíbrio estável em que todos agentes do processo produtivo encontram-se aprisionados. A hipótese de Utterback e Suárez (1993) é de que um período de estabilidade na estrutura industrial e na participação do mercado indica um prenúncio de uma funcionalidade superior que invadirá a indústria (todavia partindo de novas firmas entrantes), porém com um custo tecnológico maior. Tal funcionalidade superior está relacionada com uma nova descontinuidade tecnológica. Desta forma, após um período de estabilidade, uma nova onda de mudança de produtos e processos - ou, em alguns casos, a própria revitalização da tecnologia dominante através da melhoria do produto ou, ainda, do uso de novas técnicas produtivas e tecnológicas - tende a ocorrer.

²⁵ Em 2006, a Embraer assumiu a produção da Kawasaki (em Gavião Peixoto - SP), já que o fabricante estava atrasando as entregas das asas do E-190. Este evento comprometeu, inclusive, o calendário de entregas de aeronaves. A falta de cooperação tem o efeito de intensificar a incerteza aumentando, desta forma, o grau de verticalização.

²⁶ Heller (2006) discute o debate em torno dos teclados QWERTY e DVORAK em que Paul A. David e Brian W. Arthur destacam o conceito de *lock-in* e seu surgimento como sendo um processo de *path-dependent*. O conceito (ortodoxo) de inércia e falhas de mercados é rivalizado com o conceito de *lock-in*.

1.4 - Alguns conceitos correlacionados com a idéia de design dominante.

Outros conceitos que procuram tratar a evolução tecnológica estão mutuamente correlacionados com a proposta analítica do modelo de *design* dominante. Dentre estes conceitos, é possível destacar: (1) paradigma tecnológico; (2) trajetória tecnológica; (3) “sinalizadores tecnológicos” (*technological guideposts*); (4) ecologia populacional (*population ecology*) (5) “hierarquia do *design* do produto” (*product design hierarchies*); e (6) descontinuidade tecnológica. O principal aspecto que aproxima e integra tais conceitos é que a mudança tecnológica tem como resultado a concentração da indústria. Abaixo é discutido como cada abordagem trata o processo, ao mesmo tempo em que se procura correlacionar os conceitos de cada abordagem.

1.4.1 - Paradigma tecnológico e trajetória tecnológica.

Os conceitos de paradigmas e trajetórias tecnológicas foram consolidados por Giovanni Dosi, estando baseados nos estudos científicos de Kuhn de 1962, *A Estrutura das Revoluções Científicas*²⁷. A construção destes conceitos insere-se na visão neoschumpeteriana sobre inovação e o seu papel no crescimento econômico, procurando caracterizar as causas e os impactos estruturais do progresso técnico no sistema produtivo. Estes autores - também chamados evolucionistas ou evolucionários - procuram analisar de que forma as inovações são geradas e difundidas no mercado. De acordo com esta visão, o processo de geração e difusão das inovações seria o fator mais importante dos chamados ciclos longos do capitalismo. O progresso técnico é resultado do desenvolvimento de inovações que dependem não apenas da natureza de sua origem - do lado da oferta ou da demanda - como também de fatores institucionais.

²⁷ Rovère (2006) destaca também, que estes conceitos foram desenvolvidos a partir da década de 1970 por vários autores, sendo os mais importantes (além de Dosi) Richard Nelson e Sidney Winter (1977) e Christopher Freeman e Carlota Perez (1986). Estes últimos desenvolveram a noção de paradigma tecnoeconômico, ou seja, de que o processo inovador resulta de escolhas condicionadas pelo ambiente competitivo. As firmas dos diferentes ramos industriais são tratadas como organismos em diferentes nichos ambientais; tal analogia acaba por aproximar a economia com a biologia evolucionária (de caráter não determinista). Em contraste, a teoria econômica convencional tratava o progresso técnico resultante da adoção de inovações como um elemento exógeno ao sistema econômico. O debate se limitava em discutir se o progresso técnico era determinado pela oferta, através da dinâmica de inovações resultante do avanço do conhecimento científico e pelas atividades de P&D industriais, *technology-push*; ou pelo lado da demanda, através das preferências dos consumidores, *demand-pul*.

De acordo com Dosi (1982), o paradigma tecnológico é definido como um “modelo” ou um “padrão” de soluções de um conjunto de problemas de ordem técnica, selecionado a partir de princípios derivados do conhecimento científico e das práticas produtivas. Ele representa uma heurística seletiva, ou um conjunto de prescrições, que definem as direções das mudanças tecnológicas a serem seguidas e aquelas a serem negligenciadas. O paradigma tecnológico define uma idéia de progresso técnico resultante do desenvolvimento de inovações. Isto quer dizer que ele aponta para trajetórias tecnológicas específicas que são tratadas como desenvolvimentos tecnológicos secundários e que são governados pelo padrão fixado pelo paradigma, ou seja, a trajetória tecnológica é uma atividade “normal” de solução de problemas técnicos recorrentes dos padrões produtivos que são determinados pelo paradigma tecnológico.

Nelson e Winter (1977) tratam a trajetória, também, como uma direção tomada pelo desenvolvimento tecnológico uma vez que as firmas escolhem determinadas tecnologias visando à obtenção de lucros. Segundo estes autores, o conceito de paradigma tecnológico foi desenvolvido para atender a geração e a adoção de inovações enquanto o conceito de trajetória tecnológica refere-se mais à difusão de inovações.

Dentro destas abordagens, o paradigma tecnológico refere-se a um conjunto de procedimentos e rotinas predominantes. O conceito de trajetória, ao ser definido como a direção tomada pelo desenvolvimento tecnológico (dadas as escolhas constantes do paradigma) sugere que as firmas se defrontam com um processo de desenvolvimento tecnológico que é condicionado pelas escolhas passadas que elas fizeram. A firma seria assim dependente de sua trajetória tecnológica anterior, o que aponta para o caráter *path-dependent* de sua trajetória evolutiva.

1.4.2 - Sinalizadores tecnológicos (*technological guideposts*).

Devendra Sahal (1981) desenvolveu o conceito de *technological guideposts*. Nesta perspectiva, a mudança tecnológica é conduzida por “sinalizadores tecnológicos”, definidos como avanços superiores (*major advances*) na tecnologia capazes de fixar uma direção a ser seguida para uma maior quantidade de desenvolvimento incremental. Em sua estrutura, os “sinalizadores tecnológicos” são escolhidos entre muitas

alternativas por acaso. Somente quando um *guidepost* é estabelecido, o processo de melhorias se inicia.

Utterback e Suárez argumentam que os conceitos de Dosi e Sahal estão relacionados com as noções de regimes tecnológicos e trajetórias naturais de Nelson e Winter (1982). Segundo estes autores, as trajetórias naturais são específicas a uma tecnologia particular, podendo ser genericamente definidas como regimes tecnológicos, relacionados às crenças dos técnicos (de caráter cognitivo) sobre o que é viável. Como exemplo, os autores citam o advento do DC-3, nos anos 30, que definiu um regime tecnológico particular, ou seja, os aviões com casco totalmente metálico, asas baixas e motor a pistão. Os engenheiros do projeto tinham noções relativas ao potencial desse regime. Desta forma, por mais de duas décadas as inovações em projetos de aeronaves envolveram essencialmente uma melhor exploração desse potencial, mediante o aprimoramento dos motores, o aumento do tamanho dos aviões e de sua eficiência.

Nelson e Winter (1982) argumentam que, em muitos casos, as trajetórias e estratégias promissoras para o avanço técnico de um dado regime estão associadas a aprimoramentos dos principais componentes ou de seus aspectos. Eles observam que, na fabricação de aviões, os engenheiros podem trabalhar no aprimoramento da razão propulsão/peso dos motores, ou na ampliação da razão sustentação/resistência da estrutura do avião. A compreensão teórica genérica fornece as sugestões de como proceder. Na tecnologia do motor a jato, o entendimento da termodinâmica relaciona o desempenho do motor a variáveis como temperatura e pressão da combustão. Isso leva naturalmente à procura de projetos de motor que permitam a entrada de temperaturas e pressões mais altas. No projeto da estrutura do avião, a compreensão teórica sempre indicou que havia vantagens em fazer o avião voar a altitudes maiores, onde a resistência do ar é menor. Tal fato levou os projetistas a pensarem na pressurização das cabines, demandando motores que operem eficazmente a maiores altitudes. Assim, freqüentemente existem complementaridades entre as várias trajetórias; por exemplo, os progressos na potência dos motores e na aerodinâmica dos aviões são complementares.

1.4.3 - Ecologia populacional (*population ecology*).

A *population ecology* argumenta que as organizações sobreviventes em um nicho ambiental seriam aquelas melhores preparadas para resistir a um processo de “seleção natural”. De acordo com Utterback e Suárez, a idéia geral da *population ecology* se aproxima ao modelo por eles proposto, no sentido de que, no início da formação da indústria, ocorre um rápido crescimento no número de firmas até atingir-se um pico seguido por um declínio no número de organizações (firmas). No entanto, existe uma importante diferença entre os modelos, uma vez que para a *population ecology* (pelo menos em sua estrita representação) a inércia organizacional está sempre presente. Para eles as organizações não mudam, elas são selecionadas fora do nicho (mercado) em função da interação com competidores melhores providos.

No modelo de *design* dominante, a mudança organizacional é a característica que torna as duas abordagens divergentes. Segundo esta abordagem, a mudança organizacional é conduzida pela mudança tecnológica na indústria. As organizações não estão predestinadas (ao nascer) à vitória ou a um incerto processo de seleção natural. Ao invés disso, algumas delas evoluem por causa das mudanças em suas estruturas administrativas e produtivas alavancadas pela mudança tecnológica, tornando-se desta forma sobreviventes do processo interativo tecnológico.

No entanto, a abordagem dos *population ecologists* pode se aproximar do modelo de *design* dominante quando a mesma é avaliada a partir dos tipos de organizações, ou seja, as especialistas e as generalistas. Estas duas modalidades retratam os efeitos que o ambiente exerce no processo de seleção das organizações. Em linhas gerais, a organização generalista tenderá a ser selecionada fora de ambientes estáveis, nos quais a especialista estará mais bem adaptada. Reciprocamente, a organização especialista tenderá a ser selecionada fora de ambientes voláteis, onde a capacidade de adaptação é um recurso fundamental. Nesta situação, a organização generalista tem uma vantagem clara sobre as organizações mais rígidas. A taxonomia defendida pelos ecologistas da população, ao ser conformada com o modelo *design* dominante, pode ser entendida como os estágios de uma indústria. Desta forma, nas primeiras fases do ciclo de produção (onde a volatilidade ambiental é observada e o *design* ainda não foi definido), as firmas apresentam características conforme preconizado às organizações

generalistas. Com o surgimento do *design* dominante (e a posterior seleção das firmas que sobreviverão), as organizações especialistas acabam por surgir na nova fase estável do ciclo. Sendo assim, o sucesso das firmas na indústria será o resultado da transmutação das organizações generalistas em especialistas, em decorrência da melhor acomodação à evolução da tecnologia na indústria.

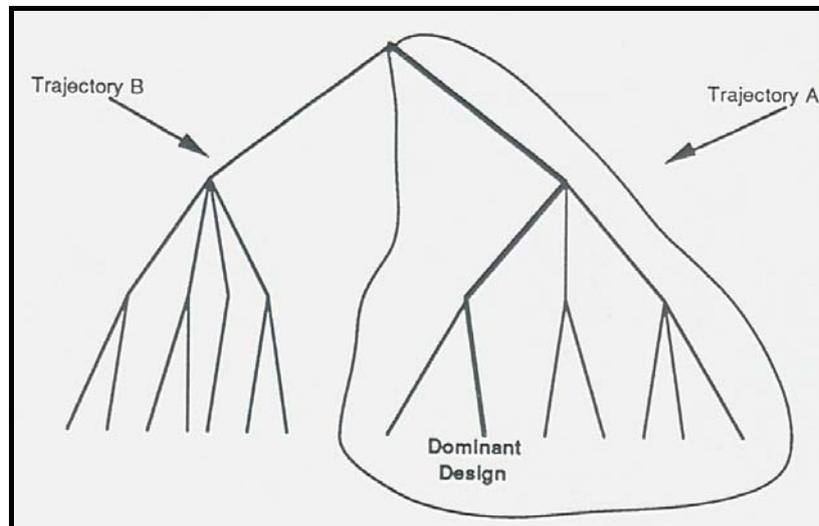
1.4.4 - “Hierarquia do design do produto” (product design hierarchies) e descontinuidade.

Utterback e Suárez afirmam que a noção de *design hierarchies* de Clark (1985) está mais relacionada com os conceitos do modelo de *design* dominante. De acordo com os autores, os padrões de inovação estão relacionados a dois aspectos importantes: (1) a lógica de solução de um problema em *design* e (2) a formação dos conceitos implícitos (subjacentes) na escolha dos consumidores. Os dois processos conformam uma estrutura hierárquica que afetam a evolução tecnológica. A escolha de um conceito técnico “núcleo” - como, por exemplo, o motor de combustão interna na indústria automobilística - estabelece uma agenda para o desenvolvimento técnico do produto. Da mesma forma, o problema a ser solucionado do lado do consumidor também ajuda a estabelecer uma agenda de desenvolvimento tecnológico. O modelo “T”, por exemplo, surgiu não somente devido ao resultado de decisões técnicas feitas pelos projetistas. Ele foi também resultado da evolução da consciência e da preferência dos consumidores sobre os automóveis, ou seja, a demanda por um bem durável para as massas, seguro e de custo baixo como meio de transporte básico. Segundo Mowery e Rosenberg (1998), Henry Ford não foi o inventor do automóvel e nem o primeiro norte-americano a experimentar o sucesso comercial na venda de automóveis. No entanto, Ford tomou uma tecnologia já existente, de origem estrangeira, redesenhou-a e introduziu melhorias drásticas nos métodos de sua produção. Esta nova tecnologia de produção foi aplicada a uma ampla variedade de produtos ao longo do século XX o que levou ao epônimo “fordismo”²⁸.

²⁸ Segundo Rosenberg (1972), a nova tecnologia das linhas de montagem foi transmitida, durante os anos 20, para uma ampla gama de produtos, resultando na rápida expansão da produção de novos bens de consumo da indústria elétrica (motores, máquinas de lavar, geladeiras, telefones e rádios) de bens de consumo duráveis. Tais métodos de produção foram também aplicados a bens de produção duráveis (maquinaria e equipamentos agrícolas), e a diversos outros produtos que podiam ser produzidos em uma quantidade suficientemente grande para justificar os elevados custos fixos que esses métodos requeriam.

O conceito de *design* dominante também é tratado como um resultado da interação entre escolhas técnicas e de mercado. A figura 1.3 ilustra um caso simplificado de *design hierarchies*. Uma trajetória tecnológica é o caminho de progresso técnico estabelecido pela escolha de um conceito técnico “núcleo” (observe-se que no início existem duas trajetórias). Um *design* dominante é o resultado de uma série de decisões técnicas sobre o produto motivadas por escolhas técnicas anteriores e pela evolução das preferências dos consumidores. Ele freqüentemente não representa uma mudança radical, mas uma síntese criativa da tecnologia disponível e do conhecimento existente sobre as preferências dos consumidores.

Figura 1.3 - Design hierarchies e design dominante



Fonte: Utterback e Suárez (1993)

O *design* dominante não representa necessariamente uma escolha ótima quando avaliada em um horizonte de tempo mais amplo, constituindo, na verdade, o *design* mais preferível. Um exemplo é o caso dos teclados QWERTY que se tornou o padrão efetivo, mesmo considerando a capacidade de se projetar teclados melhores. As dificuldades para mudança de uma trajetória claramente bem estabelecida para uma outra diferente pode ser significativa. Este exemplo tem o efeito de destacar a limitação cognitiva que encerra o processo das escolhas dos agentes (em um ambiente de informações incompletas e de racionalidade limitada), ressaltando, ainda, o conceito de *path-dependence* (trajetória-dependência) onde o surgimento de externalidades positivas (ou “externalidades de redes”) tem o efeito de influenciar o comportamento dos mercados, reduzindo o papel teoricamente rigoroso do mecanismo de preços para

determinar o resultado econômico eficiente. A trajetória encerra também o conceito de *lock-in*, mostrando que os resultados ineficientes podem ocorrer e ser duradouros. De acordo com Heller (2006), a idéia de ineficiência na escolha foi fortemente questionada e contra-argumentada por Stan J. Liebowitz e Stephen E. Margolis. Segundo estes estudiosos, o êxito de tecnologias inferiores pode ser explicado pela inércia, ou seja, por uma situação em que as falhas de mercado (sobretudo falhas de informação) constroem os ajustes necessários para que a tecnologia mais eficiente se estabeleça. Sendo assim, a ineficiência seria remediável pela remoção dos fatores causadores de inércia.

A mudança tecnológica “radical” está associada com um movimento acima da hierarquia do *design*, ou seja, quando os conceitos “núcleos” existentes são desafiados. Nesta perspectiva, os conceitos de paradigma tecnológico e de *guidepost* estão também relacionados com a noção de descontinuidade tecnológica. Utterback e Suárez consideram a descontinuidade tecnológica como fator explicativo do nascimento de uma indústria.

SÍNTESE DO CAPÍTULO.

A primeira parte do capítulo buscou tratar o ciclo de vida do produto que é comercializado no mercado, caracterizando as quatro fases de evolução. Tal dinâmica produtiva tem o efeito de retratar o padrão particular de evolução da firma e da estrutura da indústria como resultado da evolução tecnológica. Complementando a noção do ciclo de vida do produto, a segunda parte tratou a inovação por um enfoque evolucionário ao desenvolver a taxonomia de Freeman e Soete sobre estratégias de inovação. Foi argumentado que a firma, ao buscar sobreviver o máximo de tempo possível, inevitavelmente precisa inovar. No entanto, a inovação incorpora elementos de incerteza que constroem sua previsibilidade. Mesmo assim, a firma busca inovar para sobreviver por um período maior de tempo e auferir quase-rendas decorrentes das inovações que conseguem se aderir ao mercado. A taxonomia de Freeman e Soete ajuda a compreender o papel ativo que as firmas exercem na definição da mudança tecnológica. Este processo de realimentação das forças que governam a mudança tecnológica tem o efeito de conduzir o mercado para a conformação de suas estruturas produtivas, resultando em um processo de concentração.

Desta forma, após uma breve introdução foram discutidas as possibilidades estratégicas para firma que busca a inovação. As atividades dentro de cada estratégia foram ponderadas, conforme o quadro 1.2, para retratar a característica de cada uma delas. A estratégia ofensiva é a ação praticada por firmas desejosas em liderar o processo de inovação no ramo em que atuam, buscando também uma maior participação no mercado. As outras estratégias surgem como consequência do ciclo do produto (ou da taxa de mudança tecnológica), onde as fases (início, crescimento e maturidade) da evolução da indústria governam as estratégias inovativas, até que uma nova descontinuidade tecnológica apareça novamente.

A estratégia de inovação defensiva é a ação da firma que procura adotar uma cadência inovativa de menor magnitude que a firma ofensiva. A incerteza sobre a inovação faz com que a firma defensiva observe os passos da firma ofensiva. Tal postura estratégica pode ser mudada a qualquer momento (tornando-se ofensiva), uma vez que a firma defensiva busca acompanhar de perto a evolução tecnológica empreendida pela ofensiva. A P&D defensiva é típica de mercado oligopolistas e está relacionada com a diferenciação do produto. A firma defensiva pode almejar uma maior participação no mercado, fato que a motiva a acompanhar de perto as mudanças técnicas introduzidas pela rival. A atividade de informação (técnica e científica) será muito desenvolvida pelas firmas defensivas.

A estratégia imitativa (da mesma forma que a defensiva) empreende esforços principalmente em inovações secundárias, ou seja, modificações incrementais nos produtos, processos ou nos serviços de assistência técnica visando acompanhar as ofensivas. No entanto, elas não almejam uma liderança mercadológica ou tecnológica. As atividades de informação e de engenharia de produção são muito desenvolvidas dentro da postura estratégica. As economias de escala estáticas e dinâmicas das firmas mais agressivas em inovação têm o efeito de inibir a vantagem competitiva das firmas imitativas. A diminuição da taxa de mudança técnica tem o efeito de melhorar a posição das firmas imitadoras.

A estratégia de inovação dependente caracteriza a postura da firma que é conduzida por uma outra firma principal. A firma dependente busca iniciar uma mudança técnica somente quando solicitada pela firma principal, que provavelmente

fornecerá os recursos, com apoio técnico, para auxiliar o processo de mudança da firma dependente. A maioria das firmas que adotam uma estratégia dependente acaba atuando como fornecedora de serviços ou componentes para a firma principal. Desta forma, a cadência da mudança técnica da firma principal dita o comportamento da firma satélite. O controle da cadeia de valor pela firma principal acaba por governar as trajetórias de inovação das firmas dependentes. Tal controle é buscado pela firma principal uma vez que ele atua como inibidor das incertezas produtivas.

A estratégia tradicional é a postura que se conforma com os preceitos da teoria convencional. Nesta modalidade estratégica, o *learning by doing* é o único mecanismo que permite a firma desenvolver economias dinâmicas. A firma somente se concentra na produção de menor custo, não dando importância à diferenciação produtiva ou do produto, enquanto a tecnologia é homogênea e exógena. O tratamento pouco elaborado sobre a inovação e tecnologia advém da ausência de incerteza no processo. A inovação somente é tratada quando disponibilizada para todos os concorrentes.

A cadência da mudança tecnológica faz com que algumas firmas atuem essencialmente como observadoras das tendências de mercado. Tais firmas buscam uma oportunidade de nicho, motivando-as a adotarem uma postura estratégica que usufrua ganhos imediatos de curto prazo. O empresário espera descobrir um importante nicho e oferecer um produto ou serviço que os consumidores necessitam, mas que ninguém tenha pensado oferecer. A firma deverá estar bem informada com respeito à ciência e tecnologia.

Na terceira parte do capítulo foi discutido o conceito de *design dominante* de Utterback e Suárez como indicador da tendência de estabilização (ou de maturidade) na indústria. Segundo esta abordagem, o desenvolvimento de um conjunto de competidores se inicia com uma onda de firmas entrando (entrada líquida positiva) no processo competitivo. Esta onda alcançará gradualmente um pico que sinaliza o surgimento do *design* dominante do produto superior (*major product*). A onda de entrada começa com uma subida suave, representando os primeiros poucos fluxos de unidades produtivas que entram no negócio, caracterizando a entrada das firmas mais ofensivas (conforme preconizado pela taxonomia de Freeman e Soete). Em seguida, ocorre uma subida muito inclinada, caracterizando a inserção das firmas imitativas no cenário competitivo. Nesta

fase, conforme postulado pelo ciclo do produto, ocorre concomitantemente muitas falências e fusões de firmas, com o aumento gradual do controle da cadeia de valor pelas firmas principais. Na seqüência, a onda diminui rapidamente, caracterizando o resultado líquido negativo da entrada de novos competidores. O fluxo líquido de concorrentes ao longo do tempo contribui com a dinâmica inovativa, ao intensificar a taxa de mudança técnica. Desse modo, o papel ativo das firmas, através de suas estratégias de inovação, tem o efeito de intensificar a mudança técnica.

O *design* dominante acaba por reforçar ou encorajar a padronização. Ele exerce um forte impacto na direção do avanço técnico futuro, na taxa de mudança tecnológica, na estrutura industrial e na concorrência na indústria. Este estágio é similar à fase da maturidade da tipologia de Hirsch apresentada na primeira parte. Aqui é presenciada pouca inovação e o número de firmas declina na estrutura industrial. As firmas sobreviventes nesta fase desfrutam de vendas e participações no mercado relativamente estáveis. Tal estabilidade somente é interrompida quando ocorre uma descontinuidade tecnológica superior (*major technological discontinuity*) que resulte em um novo ciclo do produto.

Dando seqüência, a última seção introduziu alguns conceitos correlacionados com a idéia de *design* dominante (paradigma tecnológico; trajetória tecnológica; sinalizadores tecnológicos; ecologia populacional; hierarquia do *design* do produto e descontinuidade tecnológica). Estes conceitos estão relacionados com a inevitável concentração do mercado em decorrência da diminuição da taxa de mudança tecnológica, ou da evolução do ciclo do produto.

Cap. 2 - O Aprendizado Tecnológico na Embraer.

INTRODUÇÃO.

Este capítulo tem por objetivo descrever os principais modelos de aeronaves fabricados e desenvolvidos pela Embraer ressaltando a acumulação de competências decorrente dos processos de desenvolvimento e produção das aeronaves, bem como, as inovações incorporadas em alguns modelos. Ele foi subdividido de acordo com os projetos desenvolvidos pela Embraer, com exceção da parte 1 (que trata do processo de criação do Centro Técnico de Aeronáutica) e da parte 6 (que trata da aquisição da Neiva pela Embraer). Contudo, antes de dar prosseguimento, ao presente capítulo, procura-se oferecer uma visão geral dos principais processos de aprendizado descrito pela literatura.

A importância de focalizar a análise no aprendizado tecnológico se contrasta com a teoria convencional da firma, que tem o paradigma da maximização como hipótese comportamental. Penrose (1959) trata a firma como um agente inovador que acumula competências e opera em um ambiente em permanente mutação. A firma encontra-se em constante evolução aproveitando-se das oportunidades produtivas, principalmente internas, para seu crescimento. Além de determinar a identidade da firma, o aprendizado acaba por ter implicações econômicas. Desta forma, a análise do aprendizado é justificada por contribuir para a formulação de decisões estratégicas, ou seja, que competências acumular, como adquirir capacidades complexas ou que tipo de investimento realizar, dentre outras.

O aprendizado tecnológico compreende uma multiplicidade de processos de acumulação de habilidades e conhecimentos, que tem implicações no aperfeiçoamento contínuo da tecnologia. Tal característica acaba por determinar ganhos de desempenho para a firma. O primeiro destes processos foi tratado por Arrow (1962), em seu artigo seminal: *“The Economic Implications of Learning-by-doing”*. O aprendizado pela prática ocorre no estágio da produção industrial, depois que o produto foi projetado. O processo é decorrente da própria atividade produtiva que surge após ter sido completada a aprendizagem dos estágios de P&D. Na pesquisa, o processo de aprendizagem envolve a aquisição de conhecimentos a respeito das leis da natureza. Já no

desenvolvimento, trata-se em procurar e descobrir as características de projeto ótimas para o produto. A idéia básica do aprendizado pela prática é de que quanto maior for a produção acumulada tanto maior será a experiência adquirida pelos agentes produtivos, e tanto melhor será o desempenho tecnológico da firma. Este tipo de aprendizado tem um forte viés neoclássico.

Rosenberg (1982) incluiu na literatura o aprendizado pelo uso (*learning-by-using*). Este processo se originou de seu estudo sobre a indústria aeronáutica. Ele decorre somente depois que um certo produto novo passa a ser usado pelo consumidor. O autor distingue, em um dado produto, os ganhos internos ao processo de produção (fazer) e os ganhos gerados como resultado do uso subsequente daquele produto (usar), destacando a existência de aspectos essenciais da aprendizagem que são determinados pelo usuário final. Este foco se diferencia do aprendizado pela prática, em que existe somente a participação dos agentes produtivos. A importância da aprendizagem pelo uso torna-se mais evidente à medida que aumenta o grau de complexidade dos produtos (como no caso de aeronaves que são formados por diversos subsistemas) já que as características de desempenho somente pode ser entendidas após uma experiência prolongada do produto. Desta forma, os resultados de P&D não são suficientes para garantir a melhor performance do produto.

A experiência do aprendizado pelo uso gera dois tipos de conhecimento: o incorporado e o não-incorporado. O primeiro é decorrente de um melhor entendimento da relação entre o desempenho e as características específicas do projeto, o que permite aperfeiçoamentos subsequentes do mesmo. A modificação apropriada do projeto, por interação entre o produtor e usuário, conduzirá a sua otimização. Isto ocorre na fase de desenvolvimento do projeto²⁹. Tal postura acaba por caracterizar um circuito de realimentação no estágio de desenvolvimento (o projeto ótimo muitas vezes envolve muitas interações). No segundo caso, de conhecimento não-incorporado, o usuário aperfeiçoa a utilização do produto (esta é a forma mais pura de aperfeiçoamento pelo uso). Aqui não ocorrem modificações no projeto do equipamento, observando-se somente modificações triviais. A experiência prolongada com o equipamento acaba por

²⁹ Como será visto a Embraer, no desenvolvimento do Brasília, disponibilizou um modelo em escala natural (*mock-up*) para que potenciais compradores avaliassem a disposição das cabines dos pilotos e passageiros. Outra forma de se buscar o conhecimento, que implicará no projeto ótimo, é através do teste de protótipos de aeronaves.

gerar informações sobre seu desempenho e suas características operacionais que acabam por conduzir a novas e melhores práticas que tem por efeito elevar a produtividade do equipamento.

Os dois processos de aprendizados mencionados (*learning-by-doing* e *learning-by-using*) trabalham com a idéia de otimização. No entanto, Lundvall (1988), objetivando destacar o caráter do aprendizado conjunto entre os agentes, introduziu o conceito de aprendizado por interação (*learning-by-interacting*). Este processo é caracterizado por laços de cooperação em um contexto institucional determinado. Ele refuta a idéia de comportamento maximizador dos agentes afirmando que é da cooperação conjunta que surge a inovação nos produtos e processos. Como será visto, tal característica foi marcante em várias fases da evolução da Embraer (principalmente durante os períodos de interação com os técnicos italianos).

Katz (1976), a partir de sua experiência com estudos empíricos sobre a mudança técnica em países latino-americanos, introduziu a noção de aprendizado adaptativo (*learning-by-adapting*)³⁰. Trata-se do aprendizado decorrente das modificações de processos e produtos, objetivando a utilização destes em contextos diferentes daqueles em que foram inicialmente desenvolvidos e produzidos. O autor constatou que as firmas usuárias de tecnologias importadas (filiais de empresas multinacionais) realizavam um esforço significativo de adaptação tecnológica com o intuito de obter melhores resultados de desempenho em processos e produtos. Tal postura era justificada pela impossibilidade de reprodução nas mesmas condições que verificadas em seus países de origem.

Outras modalidades de aprendizado também surgem na literatura como as definidas por Bell (1990): pela mudança (*learning-by-changing*); pela análise de desempenho (*system performance feedback*); pela contratação (*learning-by-hiring*); pela

³⁰ Dagnino (1993) destaca que a trajetória tecnológica seguida pela Embraer difere da experiência de outros setores industriais de países periféricos, descrita na literatura como *learning-by-doing* ou *learning-by-adapting*. Segundo o autor, ela não foi baseada em “pacotes tecnológicos” que seriam importados e posteriormente “abertos” e adaptados às condições locais e eventualmente otimizados mediante “engenharia reversa”. Sua intenção, com tal afirmação, era destacar a estratégia, adotada pelo governo brasileiro, voltada para capacitação em pesquisa básica e aplicada e para a formação de recursos humanos capazes de aprimorar soluções tecnológicas específicas. Contudo, Bernardes (2000) destaca que os processos mencionados estiveram presentes em diversas fases da evolução da Embraer, principalmente no início.

busca (*learning-by-searching*); e o aprendizado pelo treinamento (*learning through training*).

Todos os processos de aprendizagem mencionados têm a intenção de resolver problemas. Eles possuem um caráter cumulativo que contribui para a formação de capacitação da firma. Esta por sua vez acaba favorecendo a capacidade de aprendizagem da mesma. Desta forma, o caráter cumulativo surge, também, do fato de que quanto mais uma organização aprende, mais eficientemente ela vai gerenciar seu próprio processo de aprendizado (*learning-by-learning*). No entanto, de acordo com Queiroz (2006), o primeiro dos processos citados, o *learning-by-doing*, se diferencia dos demais ao estabelecer uma relação direta entre aprendizado e produção acumulada. Neste caso, a firma aprende “automaticamente” sem a necessidade de um esforço explícito para aprender. Nos outros processos, o aprendizado é “buscado”, com as organizações gastando para aprender, ou seja, investindo em tempo e recursos para expandir suas capacitações tecnológicas. O aprendizado decorre de um esforço deliberado e consciente. A atividade de P&D é o exemplo natural, porém não único, que caracteriza o aprendizado buscado e os esforços daí decorrentes, contrastando com o aprendizado “automático” e sem custo.

2.1 - A Criação do Centro de Capacitação.

As diversas tentativas no passado, sobretudo nas décadas de 30 e 40, de implantação de uma fábrica de aviões no Brasil, esbarraram na inexistência de um centro de pesquisa e ensino que fosse capaz de garantir uma oferta de mão-de-obra qualificada e de forma continuada. Os engenheiros aeronáuticos que existiam na época eram formados no exterior e, em sua grande maioria, constituídos por militares. Este cenário começou a mudar com a contratação, pelo Ministério da Aeronáutica³¹, do professor, em aerodinâmica, Richard Herbert Smith do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), em maio de 1945. O objetivo era que ele assessorasse a criação de uma escola que funcionasse como um centro de pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

Em 29 de janeiro de 1946, foi criada a Comissão de Organização do Centro Técnico de Aeronáutica (COCTA)³² que resultou na criação do Centro Tecnológico de Aeronáutica (CTA). Posteriormente, em 1950, o CTA passou a abrigar seu primeiro instituto, o Tecnológico de Aeronáutica (ITA)³³. O corpo docente pioneiro do instituto era composto por professores norte-americanos ou radicados nos EUA que foram trazidos pelo professor Smith³⁴ (muitos de renome internacional, na época, com destaque para os professores Francis Dominic Murnaghan, autoridade mundial em matemática e Theodor Theodorsen, grande especialista no campo da aerodinâmica). O ITA passou a contratar professores brasileiros para trabalhar conjuntamente com os estrangeiros. O objetivo era a formação de uma massa crítica nacional voltada para a pesquisa e desenvolvimento aeronáutico.

³¹ Os primeiros contatos, objetivando a contratação do professor Smith, foram realizados pelo tenente-coronel Casimiro Montenegro Filho. Foi ele que inicialmente previu a necessidade de criação de uma instituição de ensino voltada para ciências aeronáuticas. E foi através das discussões realizadas com Smith que se chegou a conclusão de que o futuro estabelecimento de ensino deveria funcionar como um centro de pesquisa e desenvolvimento, conforme ocorria, na época, nos melhores centros localizados nos EUA e Europa.

³² Esta comissão foi extinta em 31/12/1953, uma vez que foi considerada finalizada a organização do Centro Técnico de Aeronáutica.

³³ Em 03/11/1939, através do Decreto Lei nº 1.735, foi criado o curso de Engenharia Aeronáutica na Escola Técnica do Exército, atualmente Instituto Militar de Engenharia (IME). Em 20/01/1941, através do Decreto Lei nº 2961, foi criado o Ministério da Aeronáutica, e a partir desta data várias atribuições, relacionada à atividade aérea, como por exemplo, o ensino de caráter aeronáutico, foram transferidas, paulatinamente, para responsabilidade deste órgão. A primeira turma do ITA iniciou os estudos, em 1947, ainda nas instalações do IME, mas graduou-se em 1950, nas novas instalações localizadas em São José dos Campos. Foi somente em 16/01/1950, através do Decreto Lei nº 27.695, que foi oficializado a criação do ITA, sendo sua definição estipulada na Lei nº 2.165, de 05/01/1954.

³⁴ Smith permaneceu no Brasil até agosto de 1953. Ele foi o primeiro reitor do ITA, exercendo, também, atividade docente.

No mesmo período em que se consolidou o acordo de contratação dos professores norte-americanos, as autoridades brasileiras aeronáuticas buscaram atrair técnicos ligados à pesquisa e desenvolvimento de projetos, aproveitando a oferta de cientistas, no mercado internacional, decorrente do fim da segunda guerra mundial. Foi nesta ocasião que ocorreu a contratação do famoso engenheiro alemão Heinrich Focke³⁵, um dos fundadores da fábrica Focke Wulf de aviões, e sua equipe de cerca de vinte integrantes, para trabalhar no CTA. Na ocasião, ficou acordado que as autoridades brasileiras deveriam possibilitar os mecanismos necessários para o desenvolvimento de seu ambicioso projeto, designado de Heliocónair. Na verdade tratava-se de uma aeronave de decolagem vertical que apresentaria características de vôo similares a de um avião. O projeto contou com vários técnicos brasileiros e estrangeiros radicados³⁶ no país.

A construção de um avião com hélice, para decolagem vertical, como se fosse um helicóptero, não logrou resultado positivo. Algumas das explicações para o fracasso foram relacionadas à limitação do parque metal-mecânico nacional e à complexidade do projeto para época. Os gastos com o programa foram muito elevados, segundo Bernardes (2000) da ordem de 7 a 8 milhões de dólares. Isto teve por efeito a interrupção do programa do convertiplano (Heliocónair) em 1955. Contudo, apesar do projeto não ter logrado êxito, os esforços e, sobretudo, o contato estabelecido entre técnicos alemães e os residentes no Brasil, acarretou em um processo de aprendizado difícil de ser estimado. Este contribuiu para acumulação de competências, já que a absorção de conhecimento tácito³⁷ foi facilitada devido à interação entre os técnicos³⁸.

³⁵ Pacitti (2000) destaca que Heinrich Focke participou, na Alemanha, em 1937, do projeto do primeiro helicóptero que conseguiu ser controlado em pleno vôo.

³⁶ Como Joseph Kovacs, que participou ativamente do projeto entre 1952 e 1953. Segundo Cabral e Braga (1986), “[Ele] era um projetista húngaro radicado no Brasil após a II Guerra. Antes de trabalhar com o grupo Focke, Kovacs esteve no IPT e após a experiência frustrada do Convertiplano [Heliocónair], trabalhou na Neiva (1961-73), transferindo-se para a Embraer em 1973. Kovacs é um dos projetistas mais férteis da história da indústria aeronáutica brasileira, tendo sido o principal responsável pelo projeto do T-25 Universal da Neiva e pela concepção do Tucano T-27 da Embraer”. (p. 11).

³⁷ Conhecimento tácito, segundo GASPIIL (2005), é aquele que reside em crenças, valores, saberes e habilidades do indivíduo ou organização. Incluem-se aí: 1) saberes sobre o processo produtivo que não estão disponíveis em manuais; 2) saberes gerais e comportamentais; 3) capacidade para resolução de problemas não codificados; e 4) capacidade para estabelecer vínculos entre situações e interagir com outros recursos humanos. O conhecimento tácito geralmente encontra-se associado a contextos organizacionais ou geográficos específicos, como é o caso de sistemas produtivos locais. Tal característica contribui para sua circulação localizada e dificulta ou mesmo impede sua transmissão, acesso e uso por atores externos. O aprendizado interativo é a principal forma de transmissão de conhecimento tácito.

Posteriormente ao nascimento do ITA, outros institutos³⁹, voltados para pesquisa aplicada, foram criados e agregados às instalações do CTA. O Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IPD) foi o segundo deles, tendo sido criado em 1954, com o objetivo de realizar pesquisas nas áreas fundamentais de aplicação aeronáutica, como: projeto de aeronaves, eletrônica, materiais, ensaios, ensaios em vôo e motores. O Bandeirante e o Ipanema foram desenvolvidos dentro do IPD. Tais aeronaves representaram, a partir da década de 70, a materialização do elo entre o instituto de pesquisa aplicada (IPD) e a estruturação de uma fábrica de aviões brasileira (Embraer).

A concepção do CTA residiu no fato de assegurar a operação de um conjunto institucional baseado no bipé ensino e pesquisa. Estes acabaram por se materializar no ITA e IPD. A Embraer surgiu para completar a trilogia, tendo sido concebida somente no terceiro estágio em que ocorreu a transferência de técnicos e ferramental do IPD para instalações da nova fábrica. O IPD funcionou como uma incubadora que viabilizou a criação da fábrica de aviões, de forma sustentável do ponto de vista tecnológico no Brasil. Segundo Cabral e Braga (1986), a criação do CTA representou um marco na história da Indústria Aeronáutica Brasileira. Através dele, o Estado manifestou sua intenção de viabilizar o surgimento e a manutenção de uma massa crítica de cientistas dedicados ao desenvolvimento e absorção de tecnologia aeronáutica.

³⁸ Foi conhecimento adquirido com a fabricação de moldes em madeira para as peças, que formavam o Convertiplano, e a utilização do martelo manual que ajudaram a construção do primeiro protótipo do Bandeirante.

³⁹ O Instituto de Atividades Espaciais (IAE) e o Instituto de Estudos Avançados (IAV) foram criados em 17/10/69 e o Instituto de Fomento e Desenvolvimento Industrial (IFI) em 05/07/1971.

2.2- A Criação da Embraer (Bandeirante e Ipanema, oriundos do IPD-CTA).

No início dos anos 60, o Departamento de Aeronaves do IPD (PAR)⁴⁰ trabalhou em conjunto com o Departamento de Aviação Civil (DAC) em uma pesquisa sobre o sistema brasileiro de transporte aéreo regular no Brasil. O estudo constatou a existência de uma demanda potencial, nas pequenas e médias cidades, que poderia ser preenchida com a oferta de aeronaves de menor porte. O desinteresse das empresas aéreas em operar naqueles trechos era devido aos elevados custos operacionais, decorrentes da baixa infra-estrutura aeroportuária⁴¹ (pista curtas e não pavimentadas) e da insuficiente lotação das aeronaves. O mercado doméstico demandava, naquela época, aviões menores que oferecessem condições capazes de reduzir os custos operacionais e com isto gerar maiores retornos econômicos para as operadoras aéreas. Segundo Silva (2005):

“O mercado que, portanto, se abria para aviões de pequeno porte, porém concebidos como *mini-airliners*⁴², era grande. Havia toda uma demanda a satisfazer, visando responder, às crescentes reclamações que chegavam ao nosso Departamento de Aviação Civil. O que verificamos mais tarde é que este perfil, originalmente determinado para o Brasil, era o mesmo que se desenvolvia em outros países, notadamente os Estados Unidos” (p.126).

Na mesma época em que foi finalizada a pesquisa, em março de 1965, o construtor francês Max Holste⁴³ buscou firmar uma parceria para fabricação de aviões no Brasil. Na ocasião, ele procurou José Carlos de Barros Neiva (dono da construtora de aviões Neiva) que resolveu apresentá-lo a Ozires Silva (naquela época chefe do PAR). A partir de então, foram realizados esforços no sentido de convencer as autoridades aeronáuticas sobre a viabilidade de construção de uma nova aeronave. O processo de persuasão foi conduzido de modo muito hábil, às vezes de forma dissimulada, pelos

⁴⁰ O PAR era a autoridade homologadora de aeronaves na época. Seu objetivo fundamental era a coleta de um acervo técnico de testes, ensaios e verificações que tinha por objetivo garantir a segurança operacional e a integridade física do produto final. Também apoiava os projetos aeronáuticos de empresas de desenvolvimento de aviões e equipamentos. Já no início da década de 50, na época em que a equipe do engenheiro alemão Henrich Focke veio para o Brasil, o PAR tinha por objetivo projetar e construir aeronaves.

⁴¹ Na época, as condições operacionais adequadas eram preenchidas por menos de 40 aeroportos em todo território nacional brasileiro, concentrados notadamente nas capitais.

⁴² Aviões de transporte de menores dimensões (9 a 12 passageiros), mas projetados de forma a satisfazer os requisitos das empresas de transporte aéreo na época.

⁴³ Quando a França iniciou o processo de estatização de parte de sua produção nacional, a Max Holste Aviation foi comprada pelo governo. A partir de então, Max Holste passou a buscar, pelo mundo, parcerias para seus empreendimentos aeronáuticos.

técnicos do PAR, já que era ainda patente, mesmo depois de uma década, o fracasso que representou o projeto do convertiplano. O resultado final foi a contratação de Max Holste ainda em 1965.

Desta forma, providos de informações sobre o mercado doméstico de transporte aéreo regular, os idealizadores passaram a se concentrar no desenvolvimento e aprovação do projeto de construção da aeronave que atendesse as necessidades levantadas. A aprovação acabou ocorrendo em 26 de junho de 1965. Segundo Drumond (2004), o projeto (IPD-6504)⁴⁴ somente foi aprovado porque os técnicos do PAR asseguraram às autoridades aeronáuticas que o desenvolvimento seria custeado com recursos das reformas das aeronaves Texan⁴⁵, T-6, da Força Aérea Brasileira e, ainda, devido ao argumento sobre a importância do projeto como laboratório para obtenção de novos conhecimentos e a formação de técnicos para o IPD.

Em agosto de 1965, a equipe do projeto IPD-6504 foi criada. Ela era formada por técnicos oriundos do PAR que estiveram envolvidos nos projetos do Converteiplano e Beija-flor⁴⁶. Professores e especialistas (de diversos departamentos do CTA) também fizeram parte da equipe. O professor Guido Fontegalant Pessoti⁴⁷, do ITA, foi designado por Max Holste para conduzir frações do projeto. Max Holste detinha vasta experiência na área produtiva, influenciando a seleção de motores, de equipamentos e diversos sistemas. Ele, segundo Silva (2005), desenvolveu grandes debates com relação aos tipos de soluções técnicas que deveriam ser empregadas na construção do protótipo, contribuindo, ainda, para indicação de potenciais fornecedores do sistema hidráulico, trens-de-pouso (empresa francesa ERAM) e sistema elétrico.

A precariedade da infra-estrutura aeroportuária, associada à demanda potencial existente, em comunidades menores espalhadas pelo território nacional, acabou por determinar o perfil básico da aeronave. O motor foi um dos componentes especificados

⁴⁴ Foi o projeto de uma aeronave com capacidade de 9 passageiros que deu origem ao Bandeirante (19 passageiros na fase de produção seriada, na Embraer).

⁴⁵ Segundo Silva (2005) e Drumond (2004), a motivação “oficial”, para a contratação de Max Holste foi a substituição dos motores do T-6. Silva (2005) relata a dificuldade que Max Holste teve para compreender a manobra com o intuito de viabilizar a sua contratação. Na verdade procurava-se dar menos importância ao fato da fabricação da aeronave e destacar mais a substituição dos motores do T-6.

⁴⁶ O responsável pelo desenvolvimento do BF-1 (Beija Flor) foi um integrante da equipe de Focke Wulf que permaneceu no Brasil, o técnico Hans Swoboda. A aeronave viria a ser testada na década de 60.

⁴⁷ Foi Guido Pessoti que desenvolveu o planador de alta *performance* Urupema.

para atender as necessidades, anteriormente levantadas, do mercado doméstico⁴⁸. Na época optou-se por um lançamento da Pratt & Whitney do Canadá (PWC)⁴⁹, o motor a hélice PT6-A20 de 550 HP. A escolha de um motor a hélice se baseou no baixo consumo de combustível. A tolerância do motor com relação à qualidade do combustível, nem sempre das melhores, nos distantes aeródromos espalhados pelo país, carentes de apoio técnico, foi constatada quando a aeronave entrou em operação⁵⁰. O motor a jato foi descartado, logo no início do programa, por ser muito dependente de uma boa infra-estrutura aeroportuária e por consumir muito combustível.

As primeiras interações com fornecedores começaram nesta fase, ainda dentro do IPD. Silva (2005) presenciou o “caldo” interativo no processo de montagem do IPD-6504, agora denominado Bandeirante⁵¹, destacando:

“O esquema montado para o aprendizado de nossa equipe foi amplo. Cobria pesquisa, desenvolvimento e absorção de informações através do sistema internacional de normalização e de um real *Know-how* que vinha embutido nos pacotes dos materiais importados. Esses pacotes eram constituídos de matérias-primas, componentes e equipamentos, os mais variados, os quais para serem instalados nos aviões necessitavam de assistência dos fornecedores. Este era um aspecto que, por vezes, escapava aos observadores externos. Nosso pessoal buscava permanentemente, no contato com os especialistas - que os fornecedores de equipamentos colocavam à disposição para instalar seus equipamentos nos protótipos -, trabalhar próximo a eles e, daquele modo, compreender melhor, e mesmo aprender, as condições de contorno e de funcionamento de tudo que ia sendo instalado a bordo” (p. 186).

Ele continua dizendo:

“Víamos os estrangeiros que estavam conosco acompanhado em nome de suas empresas a instalação dos seus respectivos equipamentos, acotovelando-se ao lado dos brasileiros, buscando espaço dentro da pequena fuselagem do nosso bimotor. O curioso era que se viam franceses, americanos, canadenses e brasileiros, todos trabalhando nas horas mais exóticas, e ninguém protestava. Ou

⁴⁸ A concepção do projeto também se baseou nos regulamentos da FAA (*Federal Aviation Administration*). Este órgão americano trata do processo de certificação das aeronaves (fabricadas) que operam nos EUA. Estabelecendo regras claras e específicas para os projetos de aeronaves. Estas vão se aprimorando em função da experiência adquirida (principalmente em incidentes e acidentes aéreos). O objetivo final é a segurança dos passageiros.

⁴⁹ Subsidiária da empresa norte-americana de mesmo nome.

⁵⁰ Segundo Cassiolato, a simples manutenção do Bandeirante foi outro fator que possibilitou a operação nos mais remotos pontos do país.

⁵¹ O Bandeirante decolou pela primeira vez em 22/10/1968, sendo o primeiro vôo oficial realizado no dia 27/10/1968.

melhor, protestava por não encontrar espaço na apertada fuselagem e dar conta de seu recado. Foi nesses momentos que cresceu a imagem de Fred Cowley, da Pratt Whitney do Canadá, que incumbido do motor colocou a mão na graxa e sorriu de alegria conosco quando, na fria madrugada de 17 de outubro [de 1968], os motores giraram pela primeira vez” (p. 189).

Na época, também, o IPD foi procurado pela Good Year do Brasil com o objetivo de desenvolver os pneus do Bandeirante. Estes, concebidos domesticamente pelos engenheiros brasileiros, atenderam satisfatoriamente as operações aéreas nos mais remotos aeroportos do mundo.

A restrição de recursos e a ausência de fornecedores domésticos para construção do protótipo, motivaram os responsáveis do IPD a buscarem peças e componentes dentro dos parques de material aeronáutico da Força Aérea Brasileira (FAB), sobretudo dos Afonsos e de São Paulo, que pudessem contribuir para sua construção. Peças menos complexas foram fabricadas, pelos técnicos do IPD, através de tornos e fresas mecânicas. Nesta época, o processo era liderado pelo engenheiro Guido Pessoti e supervisionado pelo francês Max Holste. Para a fabricação dos gabaritos em madeira, que tinha por finalidade moldar a estrutura da aeronave (asas, fuselagem e empenagem⁵²), foi contratada uma empresa que fornecia madeira tratada para revestimento de vagões ferroviários.

Naturalmente foi sendo desenhada uma estrutura produtiva que viria caracterizar a Embraer. Esta estrutura podia ser também observada em outras fábricas produtoras de aeronaves, de uma forma específica, e, de uma forma mais geral, correspondia às características observadas em empresas que fazem parte da indústria de bens complexos, ou seja, de evitar a verticalização desnecessária da produção (privilegiando o controle da cadeia de valor). Com isto, os fabricantes especializados e dedicados à produção de equipamentos, como motores, aviônica⁵³, por exemplo, puderam fornecer melhores produtos decorrentes do processo de aprendizado de suas fábricas.

Além do Bandeirante, foi projetado, em 1969, e encomendado pelo Ministério da Agricultura, um modelo de aeronave para a pulverização de inseticidas, visando o

⁵² Parte de aeronave, situada no extremo ré da fuselagem, formada pelos lemes e estabilizadores horizontais e verticais.

⁵³ Conjunto de equipamentos eletrônicos montados em aviões.

aumento da produtividade das lavouras brasileiras. Na época, o Brasil era um grande importador de aeronaves agrícolas, principalmente dos modelos: Piper Pawnee, Cessna AgWagon e Crumman AgCat, todos de fabricação americana. O desenvolvimento do projeto contou com o apoio do Ministério de Agricultura que contribuiu com cerca de 10% dos custos de desenvolvimento.

Na fase pré-Embraer foi verificado os esforços para criação de uma aeronave, dentro do IPD, com o objetivo de atender as necessidades locais, ou seja, o transporte aéreo regional através das pequenas e médias cidades, que muitas vezes não contavam com a infra-estrutura necessária para a operação das aeronaves mais modernas. Tal aeronave, além de atender as necessidades das cidades, deveria também se submeter à lógica estratégico-militar que predominava no contexto institucional da época e, ainda, a restrição financeira, sobretudo devido às lembranças sobre gastos excessivos que foram empreendidos no projeto do Converteplano e Beija-flor.

Paulatinamente, as autoridades iam ganhando confiança na idéia de implantação de uma fábrica de aviões no país, sobretudo pelo sucesso que representou o primeiro vôo do Bandeirante e, ainda, devido à encomenda realizada pelo Ministério da Agricultura de um modelo agrícola. Por outro lado, não existia interesse do setor privado em investir na produção seriada. Na época, buscou-se, junto à iniciativa privada, interessados no desenvolvimento do projeto do IPD, todavia não obteve-se sucesso.

Em 26 de junho de 1969, em uma reunião Ministerial, foi cogitada pela primeira vez a possibilidade de se criar uma empresa e encarregá-la de fabricar um avião a jato, sob licença estrangeira, para atender as necessidades da FAB em atividades militares específicas. É neste contexto que amadurece a idéia do Estado assumir a produção das aeronaves. Desta forma, através de uma “brecha na legislação”⁵⁴ foi possível à constituição da Embraer (Empresa Brasileira de Aeronáutica), em 19 de agosto de 1969, através do Decreto-lei nº 770. A empresa teria como responsabilidade implantar a linha

⁵⁴ Tratava-se do Decreto-lei nº 200, de 25/02/1967 que em um de seus artigos estava definida, entre outras, a possibilidade de investimentos diretos da União Federal no setor produtivo. A legislação estabelecia como mecanismo a criação de uma Sociedade de Economia Mista, na forma de uma entidade de direito privado e caracterizada segundo a Lei das Sociedades Anônimas, no entanto deveria ser controlada pela União.

de produção das aeronaves que foram projetadas pelo IPD. O Instituto foi responsável também pelo fornecimento dos técnicos e equipamentos que pudessem ser utilizados no processo produtivo. Este fato ao mesmo tempo em que viabiliza uma força produtiva imediata para operar, teve por efeito o total esvaziamento do IPD. Segundo Bernardes (2000), demoraria duas décadas para que o Instituto realizasse uma nova pesquisa de conteúdo tecnológico significativo.

2.3 - A interação da Embraer com os técnicos italianos (Xavante), Aermacchi.

Na mesma época em que foi levantada a idéia do Estado abraçar a causa de produção seriada de aeronaves, o Ministério da Aeronáutica buscava, dentre os fabricantes estrangeiros, aquele que poderia fornecer aeronaves com o intuito de equipar os Esquadrões de Reconhecimento e Ataque (ERA). A idéia era criar um Esquadrão de Defesa Aérea, equipado com aviões de caça supersônicos.

Uma comitiva do Ministério da Aeronáutica criada, com o intuito de buscar potenciais fornecedores de aviões supersônicos, e também formada por técnicos do IPD, visitou várias fábricas na Europa e analisou os modelos disponíveis dentro de um conjunto de parâmetros estabelecidos previamente. A exigência mais importante que a comitiva estabeleceu foi vincular o fornecimento das aeronaves, de treinamento e emprego tático, à fabricação no Brasil, sob licença. Não importava se a proposta, da empresa potencial, estivesse disponível em projeto ou produção, desde que atendida a exigência.

Dentre as empresas visitadas, destacou-se a italiana Aeronáutica Macchi (Aermacchi), com sua aeronave MB-326G⁵⁵. Na época a Embraer já tinha sido criada. A proposta dos italianos no campo da assistência técnica era muito atrativa⁵⁶. A escolha da Macchi foi seguida pela assinatura do contrato entre a Embraer e o Ministério da

⁵⁵ A sigla MB é relativa à Macchi e a letra B se refere ao projetista-chefe do avião, Ermanno Bazzocchi, posteriormente acrescentou-se a letra E, quando as aeronaves foram adquiridas pela FAB.

⁵⁶ Além desta vantagem, a Aeronáutica Macchi permitiu que a Embraer (licenciada) exportasse o Xavante. No entanto, a condição econômica e financeira doméstica não possibilitou a criação de mecanismos típicos de financiamento governo a governo. Tal fato não permitiu que se efetivassem as exportações, via Brasil, do Xavante de forma continuada. Foram produzidos 182 modelos, dos quais 155 destinaram-se a FAB, 6 ao Togo (primeira exportação da Embraer fora do continente sul-americano ocorrida em novembro de 1976, segundo a revista Flap Internacional, jun. 1994), 10 ao Paraguai e 11 à Argentina.

Aeronáutica (Maer), em maio de 1970, para a fabricação de 80 Bandeirantes e 112 EMB-326GB, agora rebatizado de Xavante. A conjugação do apoio técnico dos italianos e do fornecimento dos modelos ao Maer foi o evento importante que caracterizou a fase inicial produtiva da Embraer.

A especificação do Bandeirante foi baseada em parâmetros adotados pela indústria aeronáutica norte-americana, com o objetivo de exportar, no futuro, as aeronaves produzidas pela Embraer. Acreditava-se, também, que tal iniciativa poderia favorecer a obtenção da certificação das aeronaves junto às autoridades daquele país. Neste momento da evolução da Embraer, a empresa contava com três modelos de aeronaves, ou seja, o Bandeirante (EMB-110) e Xavante (EMB-326GB), que seriam utilizados pelos militares, e a aeronave de pequeno porte agrícola Ipanema⁵⁷. Esta última e o Bandeirante foram desenvolvidos ainda no IPD (dentro do PAR, como visto no tópico anterior) sendo que o primeiro modelo do Bandeirante foi concebido e construído na fase anterior a criação da Embraer e o Ipanema somente projetado naquela fase, tendo sua produção iniciada em 1970, e a primeira venda ao setor privado, de dez modelos, ocorrida em março de 1971.

A parceria com os italianos se mostrou muito favorável à Embraer, não só no âmbito produtivo, através do aprendizado proporcionado pelo contato com técnicos daquele país, como também pelo fato do financiamento da produção (objetivando a contratação de fornecedores de matérias-primas, peças e equipamentos), ter sido apoiado pelas autoridades daquele país. O Bandeirante, ao ser produzido concomitantemente com o Xavante, acabou por se beneficiar do auxílio técnico proporcionado pelos italianos. A equipe da Embraer envolvida na produção do Bandeirante trabalhava na confecção dos gabaritos e do ferramental a ser utilizado no processo produtivo. Após a assinatura do contrato com a Aermacchi um novo impulso foi dado à produção seriada do Bandeirante. Como destaca Silva (2005):

“O Eng. Bazzochi não tinha compreendido quando pedimos um número realmente grande de italianos residindo em São José dos Campos (lembro-me do

⁵⁷ Em 2002, foi desenvolvido o primeiro protótipo do Ipanema que utilizou motor a álcool para ser utilizado no mercado brasileiro (principal comprador, respondendo por cerca de 80%). A certificação pelo CTA ocorreu em 19/07/2004. Em 2005, a Neiva iniciou o processo de conversão das aeronaves que já operavam no mercado. Ele foi primeiro avião de série no mundo a sair de fábrica certificado para voar com motor a álcool.

número 600 homens-meses). A razão é que desejávamos fundamentalmente ter não somente uma simples ajuda para aprender a montar e operar os MB-326, mas sim ter os técnicos italianos projetando e ajudando-nos na fase da produção seriada dos Bandeirantes. Isso eles fizeram com entusiasmo e alguns acabaram por se naturalizar como brasileiros, e nunca mais saíram do país” (p. 277).

A importância dos italianos na fase inicial produtiva da Embraer pode ser destacada, desta forma, pelo (1) processo de aprendizado por interação propiciado com a produção do Xavante; (2) o aporte financeiro concedido pelas autoridades italianas; e, ainda; (3) pela consultoria técnica que propiciou a produção seriada do Bandeirante. Foi o laço estabelecido nesta fase que acabou por determinar a Aeronáutica Macchi como a candidata natural para o desenvolvimento conjunto da primeira aeronave a jato concebida pela Embraer, o caça subsônico AMX, no início da década de 80. Do ponto de vista tecnológico, esta parceria⁵⁸, como será vista, proporcionou a formação de capacitação da Embraer em sistemas de aviônicos.

⁵⁸ A empresa estatal Aeritalia também participou do consórcio.

2.4 - Oportunidades no mercado de pequenas aeronaves (O Acordo com a Piper) e o início das vendas do Ipanema.

A primeira metade da década de 70 caracteriza-se pelas atividades produtivas iniciais na Embraer. Como visto anteriormente, a produção seriada do Xavante e Bandeirante começou neste período. O Bandeirante foi desenvolvido para atender o transporte aéreo regional da época, satisfazendo a demanda, ainda que pequena quando comparada às encomendas efetuadas pelo Maer, das principais companhias de transporte aéreo nacional, como a Vasp e a Transbrasil⁵⁹.

A capacidade do Bandeirante de transportar 15 passageiros foi posteriormente aumentada para 19, para atender a demanda do segmento que correspondia as aeronaves de médio porte (*commuters*). No entanto, existia um nicho no mercado brasileiro que poderia ser preenchido por aeronaves de menor porte. Muitas destas aeronaves eram importadas e contavam com a satisfação dos clientes no Brasil, em virtude da consolidação de suas marcas no país.

Os compradores contavam, ainda, com a isenção do imposto de importação para compra das aeronaves de menor porte, que juntamente com outras facilidades, como disponibilidade de peças, pacotes de treinamentos e assistência técnica, conferia os produtos características competitivas que demandariam grandes esforços da Embraer, caso desejasse quebrar a barreira existente pela oferta de aeronaves de pequeno porte importadas para o Brasil. Vale ressaltar, ainda, que, dentro do pacote de vendas realizado pelos produtores dos EUA, existia o financiamento das aeronaves em

⁵⁹ Segundo Silva (2005), em janeiro de 1973, foi fechado um contrato com a Transbrasil para o fornecimento de 6 Bandeirantes, com capacidade para 15 passageiros. Posteriormente, em agosto, a Embraer assinou outro contrato para o fornecimento de 5 Bandeirantes para a Vasp. Também, em 1975, através do Decreto nº 76.590, de 12 de novembro, o governo criou o SITAR (Sistema Integrado de Transporte Aéreo Regional), tendo por efeito a divisão do país em cinco regiões distintas para operação de empresas aéreas regionais. Este surgiu devido ao advento das aeronaves a jato no mercado brasileiro no início dos anos 60. O maior custo operacional destes modelos, associado à inexistência de uma infraestrutura adequada para sua operação e a baixa demanda, resultou no encerramento no serviço prestado à maioria das cerca 400 localidades no interior do país. Na ocasião, surgiram cinco empresas que passaram a operar nas regiões criadas: 1) Transporte Aéreo da Bacia Amazônica S.A. (TABA), operadora da região norte; 2) Linhas Aéreas Regionais S. A. (NORDESTE), companhia de propriedade conjunta da Transbrasil e do Governo do Estado da Bahia; 3) Transportes Aéreos Regionais S. A. (TAM), empresa resultante da associação da Táxi Aéreo Marília com a VASP; 4) Serviços Aéreos Regionais (RIO SUL), resultante da associação entre a Varig e a Top Táxi Aéreo, que recebeu a região sul; e 5) Serviços Aéreos Regionais (VOTEC), tradicional operadora de serviços de táxi aéreo, que ficou com a região centro-oeste. As linhas de financiamento concedidas às empresas aéreas, para compra de aeronaves Bandeirantes, resultaram na aquisição de 52 aeronaves, segundo Bernardes (2000).

condições favoráveis para o consumidor doméstico. Estes financiamentos competitivos eram estranhos ao Brasil. Os aviões comercializados pelos produtores americanos contavam com taxas de juros de longo prazo concedidas pelo Eximbank⁶⁰.

Um dos fatores que teve forte participação, no passado, para que aeronaves leves fabricadas por empresas nacionais, como a Neiva e a Aerotec, não lograssem êxito, além da forte dependência da demanda governamental, foi a ausência de proteção contra produtores estrangeiros. Bernardes (2000) destaca que:

“... as empresas privadas nacionais eram prisioneiras do dilema imposto pelo descompasso e assincronia das políticas governamentais. Uma vez que o mercado interno de aeronaves leves não era protegido contra produtores estrangeiros, essas empresas tinham no próprio governo a única fonte de demanda com capacidade de alavancá-las economicamente” (p. 158).

Os impostos cobrados oneravam a produção doméstica de tais aeronaves, contribuindo de certa forma para diminuir ainda mais a competitividade. Apesar da isenção do IPI⁶¹ (Imposto sobre Produtos Industrializados) e de uma redução de 4% do ICM (Imposto sobre Circulação de Mercadorias)⁶², as aeronaves importadas contavam com a isenção total do Imposto de Importação e ICM. Silva (2005) destaca, também, que os compradores domésticos jamais conseguiram escapar do Imposto sobre Serviços (ISS)⁶³.

Os consumidores que demandavam aeronaves no segmento de menor porte - com capacidade de 1, 2 ou mais passageiros, porém não superando 8 - eram em geral pessoas jurídicas, sobretudo fazendeiros que tinham a necessidade de se deslocar para suas propriedades, normalmente situadas em distantes pontos do território nacional. O

⁶⁰ Segundo Silva (2005), em março de 1971, foi levantado pela primeira vez a questão da necessidade de financiamento para vendas de aeronaves produzidas pela Embraer, quando a empresa Corsário de Aviação S. A., de Campo de Marte, em São Paulo decidiu adquirir 10 aeronaves agrícolas Ipanema. Neste período a empresa buscou linhas de créditos que garantisse a operação de financiamento, junto ao BNDE, para vendas de aeronaves. A discussão girou entorno do prazo e juros de financiamento, e sobre a possibilidade da aeronave vendida fazer parte da garantia de pagamento dos compromissos (o que foi rejeitado pelo Banco).

⁶¹ A partir de 31/12/1974, através do Decreto-lei nº 1.386, a empresa ficou isenta da tributação do IPI.

⁶² A Embraer ficou isenta destes impostos quando realizou as primeiras vendas para o Maer, já que as aeronaves estavam sendo compradas pelo governo federal.

⁶³ Apesar dos empecilhos citados, é inegável o apoio estatal para a concepção da Embraer. Os insumos utilizados na produção de aeronaves também eram isentos de Imposto de Importação, já que se apoiava no benefício fiscal concedido para os produtos que não tivessem similares fabricados no país.

Brasil, naquela época, era o segundo maior comprador de aeronaves da aviação geral⁶⁴, sobretudo, os de fabricação americana. Em 1973, segundo Bernardes (2000), o Brasil importou mil unidades.

Tal fato não passou despercebido pela Embraer, que se mostrou interessada em atender a forte demanda do mercado interno de aeronaves de pequeno porte. No entanto, seria muito arriscado assumir mais um projeto de desenvolvimento, mesmo considerando o elevado grau de confiança conquistado junto às autoridades brasileiras, que especulavam sobre a possibilidade de ser explorado o nicho do mercado doméstico para aeronaves da aviação geral. Na verdade, os anseios, segundo Silva (2005), eram devido ao impacto que estes produtos representavam na balança comercial.

Foi neste contexto que a Embraer resolveu adotar a estratégia de fabricação sob licença, evitando, desta forma, a aventura na produção dos mais diferentes modelos e tipos de aviões existentes no segmento de pequeno porte. A produção licenciada serviria para minimizar as incertezas e custos, como estudos minuciosos de concepção, de projeto, de fabricação e, ainda, de certificação. Este segmento era muito competitivo, na época, para que uma empresa nascente - comprometida com projetos complexos como o Xavante e o Bandeirante - se envolvesse. Além do mais, a Embraer estava demasiadamente atarefada com a produção, e cumprimento de prazo de contratos, com o Maer, tornando proibitiva a relocação dos técnicos e engenheiros envolvidos no processo produtivo.

Como dito anteriormente, na primeira metade da década de 70, o Brasil era um grande importador de aeronaves da aviação geral, principalmente dos seguintes fabricantes americanos: Cessna Aircraft Company, Piper Aircraft Corporation e Beech Aircraft Company. Neste período, o Brasil constituía o segundo maior mercado existente, atrás somente dos EUA⁶⁵. A Embraer soube utilizar o argumento que representava o mercado brasileiro para convencer os potenciais aliados. Vale destacar que o limite de utilização de tal argumento persuasivo esbarrou na elevada dependência que a empresa tinha, e ainda têm, em relação aos fornecedores americanos, sobretudo de

⁶⁴ É um “jargão” genérico que compreende todas aeronaves com exceção os aviões militares e os civis destinados ao transporte regular de passageiros e cargas.

⁶⁵ Segundo Silva (2005), em 1972 os dados de comércio exterior indicaram que o Brasil importou cerca de 300 aviões da aviação geral dos EUA.

componentes e equipamentos essenciais para a fabricação incipiente do Bandeirante, Ipanema e também do próprio Xavante.

Apesar dos dirigentes apresentarem interesse em contratar a empresa Cessna Aircraft, que detinha maior participação no mercado brasileiro, foi escolhida a Piper Aircraft Corporation. Ela era a segunda maior fornecedora de aeronaves para o Brasil. Em 19 de agosto de 1974, foi assinado um acordo⁶⁶ de cooperação industrial que teve por efeito completar, em linhas gerais, o processo de desenvolvimento e aprendizado tecnológico, por ter trazido benefícios no desenvolvimento comercial e assistência técnica. A Embraer pode usufruir da rede de representantes da Piper e, ainda, ficou isenta do pagamento de *royalties*.

O acordo previa que a Embraer, em uma primeira etapa, se encarregaria da montagem dos componentes e sistemas enviados pela Piper, ou seja, as estruturas, fuselagem, comandos e asas. Na etapa intermediária, a Embraer ficaria responsável pela montagem completa da aeronave. Nesta fase, a Piper disponibilizaria apoio técnico e se encarregaria de fornecer os componentes pré-montados. A última etapa do contrato previa a nacionalização gradual⁶⁷, com apoio técnico, das peças fabricadas pela Piper, que passariam ser produzida domesticamente, incluindo mais de 50% das peças de acrílico e fibra de vidro (materiais compostos).

Completadas as etapas mencionadas, prenunciava-se a produção das aeronaves no Brasil com as peças e componentes sendo produzidos localmente. No entanto, a superação de tais etapas não garantiria, por si só, a produção doméstica dos diversos itens e componentes, já que a produção também era determinada por questões tecnológicas ou problemas de escala.

⁶⁶ Apesar dos receios destacados por Ozires, relativos a uma eventual reação dos fabricantes dos EUA, após a formalização do acordo, o governo do Brasil aumentou as tarifas alfandegárias de 7% para 50%. Tal fato permitiu a criação de uma reserva de mercado doméstico para o segmento de aeronaves de pequeno porte da aviação geral. Tal postura também coincide com o objetivo do II PNB, do governo Ernesto Geisel, em que se presenciaram formas mais ou menos explícitas de reserva de mercado para novos empreendimentos, como por exemplo, a Lei da Informática.

⁶⁷ Em agosto de 1990, a Neiva começou o processo de nacionalização dos componentes dos aviões da linha Piper (Fonte: Embraer, Linha do Tempo)

A importância do contrato com a Piper residia no fornecimento de assistência técnica e na utilização da rede de vendas⁶⁸ daquela empresa para aquisição das aeronaves. Isto caracterizava uma experiência nova para Embraer. Segundo Bernardes (2000):

“[...] os benefícios do acordo com a Piper, no tocante a aprendizado tecnológico, destinaram-se mais para estratégia de *marketing*, comercialização e apoio ao produto do que para a tecnologia de produção. O sistema de distribuição da Embraer teve como ponto de partida o sistema de distribuição da Piper” (p.184).

Quadro 2.1 - Relação das aeronaves leves produzidas pela Embraer

Embraer	CARACTERÍSTICAS			Piper
	Número de passageiros	Motor (a pistão)	Trem-de-pouso	
EMB-710 (Carioca)*	4	Lycoming 235 HP	Fixo	Pathfinder (PA-28-235)
EMB-711 (Corisco)*	4	Lycoming 200 HP	Retrátil	Arrow II (PA-28R-200)
EMB-720 (Minuano)	6	Lycoming 300 HP	Fixo	Cherokee “Six”
EMB-721 (Sertanejo)	6	Lycoming 300 HP	Retrátil	Cherokee “Six”
EMB-810 (Sêneca)**	6	Continental de 200 HP (bimotor)	Retrátil	Seneca II (PA-34-200T)
EMB-820 (Navajo)***	6	Lycoming 350 HP (bimotor)	Retrátil	Navajo Chieftain (PA-31-350)

Fonte: Elaboração própria a partir de Silva (2005) e Embraer (Linha do Tempo). Observações:

(*) A Indústria Neiva foi subcontratada pela Embraer para a produção destes monomotores, produzindo, também, o monomotor de 4 passageiros EMB-712 (Tupi); (**) Primeiro avião a ser montado a partir de março de 1975, na Embraer. (***) Em 1982, a Neiva também ficou encarregada da produção do Carajá (Neiva N-821), uma versão do Navajo equipado com motores turboélices Pratt & Whitney, PT6A-27, de 550 HP. A Neiva foi comprada pela Embraer em 11 de março de 1980, tornando-se sua subsidiária. Na ocasião foi transferido para Neiva, localizada em Botucatu-SP, o projeto de construção do avião agrícola Ipanema.

⁶⁸ Sobre a rede vendas Silva (2005) comenta: “Foi necessária muita criatividade para superar os problemas e conseguir colocar os aviões no mercado. Um primeiro desafio foi vencido procurando-se criar uma rede de revenda de nível nacional. Para isso facilitou o acordo que tínhamos com a Piper, que nos permitiu usar a rede montada pelo distribuidor brasileiro, a J. P. Martins, sediada no Campo de Marte” (p. 357).

2.5 - Projeto Tucano.

Em meados da década de 70, o Ministério da Aeronáutica foi notificado pela empresa americana Cessna, fornecedora das aeronaves a jato de treinamento T-37, que estava sendo programada a interrupção do fornecimento de peças de reposição para tal modelo. Com a notificação fechava-se uma porta para FAB e abria-se uma oportunidade produtiva para Embraer, uma vez que a inexistência de artefatos aeronáuticos fundamentais para manutenção das aeronaves tinha por conseqüência o abandono do modelo fornecido pela Cessna.

Desta forma, a Embraer resolveu apresentar, em maio de 1977, uma proposta para o desenvolvimento de uma aeronave de treinamento para pilotos militares. Para tanto, foi produtivo o laço existente com a empresa canadense Pratt & Whitney, desde a concepção do Bandeirante. Especificou-se para a primeira versão da aeronave a turbina PT-6A-34, de 750 HP. A especificação de um motor a hélice permitia um treinamento mais proveitoso para os pilotos devido à possibilidade de manobrabilidade oferecida pelo modelo com a vantagem decorrente de um menor gasto de combustível. Silva (2005) destaca que na época várias Forças Aéreas pelo mundo que optaram por aeronaves a jato acabaram por demonstrar insatisfação com a escolha devido aos elevados gastos com manutenção e combustível. No entanto, a preferência da Embraer por turboélices como aeronave de treinamento tinha por efeito a desconfiança de alguns militares na época. Estes acabaram convencidos, principalmente devido aos efeitos da primeira crise do petróleo de 1973.

O EMB-312⁶⁹ foi desenvolvido para ser uma aeronave de asa baixa, com dois pilotos instalados na cabine, em *tandem*, ou seja, os pilotos seriam acomodados longitudinalmente, um atrás do outro. Tal configuração se diferenciava do Cessna T-37 e mantinha a similaridade com as aeronaves de caça mais modernas. O projeto previa, também, a instalação de assentos ejetáveis, item que onerou demasiadamente o preço final da aeronave, na ordem de 30% de seu valor total. A FINEP (Financiadora de

⁶⁹ Também chamado de T-27, ou Tucano.

Estudos e Projetos) financiou parte do projeto disponibilizando, em setembro de 1978, US\$ 150 mil.⁷⁰

O desafio de fabricar uma aeronave de treinamento a hélice que possuísse um comportamento similar ao de um caça a jato residia em compensar o desvio, decorrente da aplicação de potência ao motor, que uma aeronave a hélice sofria naturalmente quando submetida a altas velocidades. Segundo Silva (2005), tal característica exigia uma compensação contínua dos pilotos quando operavam a aeronave. A Embraer conseguiu corrigir este problema com a instalação de um motor desviado em relação ao eixo longitudinal da aeronave. Desta forma, evitava-se a utilização do compensador pelo piloto, com o intuito de corrigir o desvio da aeronave, quando submetida a altas velocidades.

O *canopy*⁷¹ que cobria os dois assentos dos pilotos também representou uma inovação. Foi construída em *plexiglass* (espécie de acrílico transparente) em uma única peça e em vários perfis de cônicas (círculo, parábola, hipérbole e elipse). Tal desenvolvimento foi facilitado pelo uso de computadores (CAD - *Computer Aided Design*). Outra inovação importante - copiada, no futuro, pela empresa Suíça, fabricante do Pilatus PC 9 - foi o desenvolvimento de uma única manete para o controle da rotação e da potência da aeronave, tornando o comando parecido com de um caça. Segundo Silva (2005), antes da concepção do Tucano, o controle das aeronaves era feito por duas manetes, uma controlava a rotação, por isso chamada manete da hélice, e a outra controlava a potência, como se fosse um acelerador, chamada manete de potência. A Pratt & Whitney do Canadá (a fabricante do motor do Tucano) se engajou juntamente com a Embraer na busca deste desenvolvimento. O resultado final foi uma aeronave turboélice de treinamento de alto desempenho - incorporando inovações concebidas domesticamente e em parceria com a fornecedora do motor - que se comportava muito parecido com um jato.

⁷⁰ Segundo Silva (2005), apesar do valor insuficiente para o desenvolvimento do projeto, o montante se constituiu na maior quantia financiada pelo órgão desde sua criação. Naquela época, não existiam restrições para solicitação de tais financiamentos oficiais por uma estatal. Essa possibilidade deixa de existir, a partir do final da década de 70, com o início do processo de desestatização nacional. Tal fato pode ser melhor caracterizado pela negativa dos órgãos oficiais em financiar o desenvolvimento do AMX, no início da década de 80.

⁷¹ Peça de vidro ou *plexiglass* que reveste e protege a cabine de pilotagem, normalmente de aeronaves leves (ou militares).

O primeiro protótipo voou em 16 de agosto de 1980, tornando-se a primeira aeronave estritamente militar desenvolvida na Embraer. O *roll-out* foi realizado em 19 de agosto de 1980. O Maer encomendou 118 aparelhos, com a produção se iniciando em 1982. As vendas, no mercado internacional, começaram em 1985, com um contrato estabelecido com o governo do Egito, ainda em 1983, para o fornecimento de 120 unidades e mais 60 opções. Este foi o primeiro contrato significativo fechado pela Embraer, totalizando US\$ 181 milhões. O contrato estabelecia, ainda, a fabricação sob licença de 110 modelos pela Arab Organization for Industrialization (AOI)⁷², localizada no Cairo, podendo o Egito vender 40 aeronaves para o Iraque. Posteriormente, foi fechado outro contrato com Ministério da Defesa da Grã-Bretanha, em março de 1985, o que propiciou o fornecimento de 130 aparelhos, em parceria com a empresa irlandesa Short Brothers, visando a substituição dos antiquados jatos Jet Provost. Os primeiros 25 aparelhos dessa encomenda foram produzidos pela Embraer e os demais pela Short Brothers.

O fornecimento do Tucano, para RAF (*Royal Air Force*), da Grã-Bretanha, foi de grande importância para a Embraer, uma vez que, juntamente com a Short Brothers⁷³, conseguiu-se desbancar o consórcio British Aerospace e Pilatus, que pretendiam concorrer com a aeronave Pilatus PC-7. Vale destacar que o contrato ficou condicionado ao desenvolvimento de uma nova versão do Tucano, para atender os requisitos do Ministério da Defesa Inglês. A principal mudança foi a substituição do motor da Pratt & Whitney por um desenvolvido pelo consórcio anglo-americano Rolls-Royce e Garret Engines Division⁷⁴, o motor Garrett TPE 331-12B de 1.100 SHP. Segundo Bernardes (2000), para ganhar a concorrência, o consórcio (Embraer e Shorts) não vinculou as modificações, que por ventura ocorressem, em possíveis alterações no preço final da aeronave, mesmo que se revertessem em algum prejuízo para o consórcio (tal fato elevou os custos médios das aeronaves produzidas).

Em outubro de 1991, a Embraer desenvolveu uma versão francesa do Tucano, designada EMB-312 F, visando a atender a encomenda de 80 modelos. Este modelo

⁷² O acordo com o Egito representou mais um ponto de inflexão na história da Embraer, que a partir de então passou da condição de simples licenciada à de licenciadora de seus produtos para a fabricação por terceiros.

⁷³ O consórcio entre a Embraer e Short Brothers foi firmado em 18 de maio de 1984.

⁷⁴ No final da década de 90, a Garret Engines Division participou como parceira no desenvolvimento do CBA-123.

diferiu basicamente do modelo padrão por ter estrutura com vida em fadiga para 10.000 horas, freio aerodinâmico, indicador de ângulo de ataque, sistema de degelo para hélice e o *canopy* e também a eletrônica de voo de origem francesa.

O Tucano, desde sua criação, sofreu inovações significativas, incorporando armamentos pesados e sofisticados, bem como aviônicos mais avançados e um motor com o dobro da potência original, que acarretaram uma nova denominação: Super Tucano AL-X (Aeronave de Ataque Leve). Esta aeronave foi desenvolvida para atender as necessidades da Força Aérea Brasileira, tratava-se do Super Tucano armado⁷⁵, sendo seus custos de pesquisa e desenvolvimentos, no valor de US\$ 21,7 milhões, financiados pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos). Ele representou e, ainda continua representando, um grande sucesso de vendas da Embraer, com a sua evolução das vendas podendo ser vista na Tabela 2.3 (no final do capítulo), tendo sido vendido para diversas forças aéreas pelo mundo, como: França, Argentina, Peru, Paraguai e Kuwait. Em 2001, foram encomendas 76 unidades firmes e 23 opções pela FAB e, em 2006, foram vendidas 5 unidades para Colômbia.

⁷⁵ O Super Tucano foi desenvolvido, a partir de 1991, para participar da concorrência JPATS (*Joint Primary Aircraft Training System*) que visava substituir os modelos de treinamento da Força Aérea (Cessna T-37) e Marinha (Beechcraft T-34) dos EUA. O comprimento de sua fuselagem, 1,42 m maior que o modelo da RAF, foi justificado para acomodar o motor da Pratt e Whitney, o PT6A-67R de 1600 SHP, provido de hélice pentapá da Hartzell. Este modelo incorporava também assentos ejetáveis do tipo zero-zero, que podiam ser utilizados no solo, freio aerodinâmico ventral, sistema de geração de oxigênio de bordo e ponto único de reabastecimento sobre pressão. A Embraer se associou, na época, com a Northrop Aircraft Corp para participar da concorrência. O valor do contrato era de US\$ 7 bi, para o fornecimento de 711 aviões de treinamentos. No entanto, o consórcio foi derrotado em meados da década de 1990 pela Beechcraft e Pilatus que competia com o Pilatus PC-9 Mk. II.

2.6 - Aquisição da Neiva pela Embraer.

A Sociedade Construtora Aeronáutica Neiva Ltda iniciou suas atividades em 12 de outubro de 1954, no antigo aeródromo de Manguinhos, no Rio de Janeiro. Tinha como objetivo principal o projeto e a fabricação de planadores. Na época foram concebidos os planadores BN-1 e o Neiva B Monitor, com um (*monoplace*) e dois (*biplace*) lugares respectivamente. O segundo modelo foi adquirido pelo Departamento de Aviação Civil (DAC) para que fosse distribuído aos aeroclubes espalhados pelo Brasil.

A Neiva mudou-se para o município de Botucatu-SP em 1956, segundo Silva (2005) devido aos incentivos concedidos pela Prefeitura. Em Botucatu, a empresa se dedicou à fabricação de aviões de pequeno porte. Na época, através de modificações realizadas no projeto do CAP 4, o Paulistinha⁷⁶, a Neiva desenvolveu o P-56 (produzido até 1967) visando à instrução de pilotos. Foram fabricados 240 exemplares, distribuindo as aeronaves aos aeroclubes brasileiros. Através de um projeto concebido anteriormente, no início da década de 40, a Neiva conseguiu desenvolver seu primeiro avião⁷⁷. Posteriormente foram desenvolvidos e construídos o Regente U-42, Regente Elo L-42 e o Universal T-25. Todos os modelos foram adquiridos pela Força Aérea Brasileira (FAB).

Em 1960, foi aberto um escritório da Neiva, em São José dos Campos, com o objetivo de intensificar a pesquisa e o desenvolvimento de novas aeronaves, já que a proximidade com o CTA facilitaria a interação entre técnicos e pesquisadores. Foi no escritório que se desenvolveu o projeto do Universal, o T-25. Tratava-se da primeira aeronave totalmente em metal que seria produzida, posteriormente, em série no Brasil.

Como visto no quadro 2.1, do tópico anterior, a Neiva chegou a produzir, por subcontratação, alguns modelos de aeronaves da linha Piper para Embraer a partir da primeira metade da década de 70. A dependência da Neiva em relação ao Ministério da

⁷⁶ O CAP 4 foi projetado e fabricado pela Cia Aeronáutica Paulista, de Francisco Pignatari, entre 1943 e 1948, sendo produzidos 777 unidades, conforme quantificado por Bernardes (2000).

⁷⁷ O empreendimento somente foi possível devido à intermediação do CTA, através do Brigadeiro Casemiro Montenegro Filho e do Coronel Aldo Vieira Rosa, junto ao detentor do projeto do CAP 4, ou seja, o industrial Francisco Pignatari. Convencendo-o a transferir a licença de fabricação do CAP 4 ao CTA.

Aeronáutica, que era o principal comprador de seus produtos e, ainda, a relação que mantinha com a Embraer, seja através de subcontratação ou adiantamentos financeiros por conta de recebimentos futuros, acabou por sinalizar sua absorção pela Embraer em 11 de março de 1980. Como subsidiária da Embraer, a Neiva passou a produzir também a aeronave agrícola Ipanema a partir de 1982.

O escritório da Neiva, onde existia uma intensa atividade de projetos exercida por especialistas e engenheiros da empresa, instalado em São José dos Campos, foi absorvido pela Embraer. A subsidiária passou a se concentrar somente nas atividades industriais em Botucatu. Silva (2005) destaca que a aquisição da Neiva foi oportuna, também, devido à necessidade de novas áreas cobertas para abrigar a produção de aeronaves existentes na Embraer, ao deslocar a produção das aeronaves leves para Botucatu.

2.7 - Projeto 12X (1º- EMB 121 Xingu; 2º- EMB 120 Brasília; 3º CBA 123).

2.7.1 - EMB 121 Xingu.

O desenvolvimento de um Projeto visando a comunalidade entre aeronaves foi imaginado na metade da década de setenta, porém somente em 1983 foi lançado o Projeto denominado 12X. Tratava-se do desenvolvimento de uma família, conceito também utilizado pela Boeing e Airbus, composta por aeronaves pressurizadas. A incógnita “X” representava os valores 0, 1 e 3 que dava origem às aeronaves: EMB-120 (Araguaia), EMB-121 (Xingu) e EMB-123 (Tapajós).

O conceito de família oferece a vantagem de menores custos: 1) em infraestrutura de manutenção e 2) em treinamentos de pilotos e pessoal técnico devido ao *upgrade* da tripulação. Este conceito possibilita, também, o lançamento do produto em um menor espaço de tempo no mercado (cerca de dois ou três anos, ou seja, metade dos cinco ou seis anos que leva normalmente). Isto ocorre devido às similaridades entre as aeronaves pertencentes à mesma família como: os instrumentos de pilotagem, a mecânica e a estrutura interna. Desta forma, a decisão de um operador aéreo de trocar de modelo de aeronave, para atender uma demanda maior de passageiros, por exemplo, tem seus custos reduzidos quando comparado com a aquisição de um modelo pertencente a outro fabricante. Este conceito acaba por criar um vínculo entre o fabricante de aeronaves e as companhias aéreas que demandam seus produtos (em certo ponto, esta dinâmica pode se assemelhar a um aprisionamento, caso as companhias não procurem uma combinação de modelos fabricados por distintos produtores para compor sua frota).

O EMB-121, Xingu, foi a primeira aeronave desenvolvida na Embraer (já que o Bandeirante e Ipanema foram concebidos no IPD, e a linha Piper e Xavante eram licenciadas, ver Tabela 2.3) . Ele foi concebido para ser vendido no mercado de aviões executivos. Possuía dois motores turboélices Pratt & Whitney⁷⁸ PT-6, sendo pressurizado e com capacidade para transportar até sete passageiros. A estrutura da aeronave tinha a forma mais cilíndrica quando comparado ao Bandeirante, já que a

⁷⁸ A Pratt & Whitney teve um papel importante na transmissão de informações sobre o desenvolvimento de aeronaves pressurizadas para Embraer.

aeronave era pressurizada. Isso era necessário para evitar as concentrações de tensões decorrentes das pressões internas quando em vôo, ou seja, a nova fuselagem, além de resistir às cargas de inércia e aerodinâmicas, deveria também suportar a pressão interna decorrente da pressurização. Até então, a tecnologia da Embraer permitia trabalhar com chapas de alumínio rebitado. Tal fato, para uma aeronave pressurizada, se resumia em maior peso estrutural, devido ao aumento da espessura das chapas de alumínio com o objetivo de resistir às novas cargas decorrente da pressurização. Com o intuito de se reduzir o peso, sem prejuízo da resistência estrutural, a Embraer decidiu adotar a técnica de usinagem química⁷⁹.

A técnica de usinagem química foi repassada pela empresa americana, fabricante de helicópteros, Sikorsky Aircraft. Ela foi obtida através de uma política de compensação (*off-set ou countertrade*), empreendida pelo governo brasileiro. Na época, o Brasil fechou um contrato para aquisição de helicópteros para a Força Aérea. A contrapartida do contrato foi a transferência para a Embraer dos métodos, processos e treinamentos necessários para propiciar a utilização da técnica de usinagem química nas estruturas que viesse a fabricar. Além do frutífero aprendizado transmitido pela Sikorsky, ela acabou por indicar os fornecedores para o processo de tratamento do alumínio e, ainda, os fornecedores das matérias-primas utilizadas nesse processo.

O Xingu foi desenvolvido e concebido sem uma encomenda inicial do governo. Segundo Bernardes (2000), todos os gastos no desenvolvimento desta aeronave foram arcados pela Embraer. Muitos componentes, como o conjunto de trem-de-pouso e os sistemas, que funcionavam bem no Bandeirante foram aproveitados no Xingu. As asas do Bandeirante (devidamente adaptadas com um corte nas suas pontas) foram também aproveitadas no Xingu. A idéia era conseguir produzir aparelhos com custos reduzidos.

Além da nova estrutura, desenvolvida para suportar o sistema de pressurização, que permitia vôos em grandes altitudes, o Xingu inovou com a instalação de uma cauda em formato tipo “T”⁸⁰. Esta configuração apresentava a vantagem de deixar o conjunto estabilizador horizontal fora do sopro da hélice, propiciando à aeronave menores níveis

⁷⁹ É um processo de corrosão controlada das aéreas das chapas menos solicitadas pelas cargas de vôo. Nessas áreas, as chapas teriam menor espessura. Isso permitiria, ainda, uma maior homogeneidade estrutural da aeronave.

⁸⁰ Conjunto estabilizador horizontal e leme de profundidade montado no topo de estabilizador vertical.

de ruídos e vibração. Além dessa vantagem, o conjunto exigiria áreas menores no conjunto estabilizador horizontal, reduzindo ainda mais o peso final da aeronave. Em 10 de outubro de 1976, o EMB-121, Xingu, realizou seu primeiro voo.

Apesar dos esforços realizados pela Embraer, no desenvolvimento de sua primeira aeronave pressurizada, o avião não logrou o êxito comercial esperado. Isso ocorreu devido à dificuldade de se pilotar a aeronave, ocasionada pela pouca estabilidade direcional⁸¹. As primeiras 6 unidades foram vendidas para o Maer. Posteriormente, foram vendidas, em 1980 e 1981, respectivamente, 6 unidades para Bélgica e 41 unidades para França⁸². A carteira de pedidos do Xingu contabilizou, ainda, vendas para Colômbia, Inglaterra e Nigéria. Pouco mais de 100 unidades do Xingu foram produzidas, sendo 55 unidades comercializadas domesticamente.

Segundo Dagnino (1993), apesar do fracasso⁸³, do ponto de vista comercial, do Xingu, seu concebimento permitiu a Embraer adquirir a capacidade para o desenvolvimento conseguinte, ou seja, o Brasília e a família de aeronaves que se sucedeu. A ênfase excessiva no desenvolvimento tecnológico do Xingu, às custas da inviabilidade comercial momentânea, foi compensada pelo sucesso que estaria por vir com o desenvolvimento e as vendas da aeronave Brasília, no mercado internacional, a partir de 1985.

Vale ressaltar que o segmento de aeronaves de aviação executiva, no início da década de 80, começou a apresentar uma tendência para utilização de pequenas turbinas. A justificativa eram os benefícios associados à alta velocidade e os baixos níveis de consumo de combustíveis em grandes altitudes. Apesar de elevar o preço da aeronave, os benefícios justificavam os custos que um seleto nicho estava disposto a pagar. Além disso, o preço das aeronaves de menor porte (aviação geral sem turbinas) aumentou muito durante a década de 80, sem que os benefícios justificassem a possível

⁸¹ Segundo Silva (2005), a pequena distância das asas até a cauda parecia não ser adequada para o controle direcional da aeronave. Em 1982, foram realizadas modificações no Xingu, os motores foram substituídos pelo modelo PT6-A135, mais potente, de 750 HP; e as hélices passaram a ter quatro pás. Também foram feitas algumas modificações aerodinâmicas com o objetivo de facilitar a pilotagem. Essa versão despertou interesse de compradores no Brasil.

⁸² Na ocasião houve um grande esforço do Ministério das Relações Exteriores junto ao governo francês para venda das aeronaves.

⁸³ O volume de vendas finais do Xingu foi insuficiente para cobrir os custos de seu desenvolvimento e produção.

demanda⁸⁴. Este novo cenário no mercado internacional acabou por intensificar a inviabilidade do Xingu.

Na mesma época, chegou-se a desenvolver uma terceira versão do Xingu, mais alongada, com motores mais potentes de 850 HP, dois PT6A-41. No entanto, foi produzido somente um protótipo, que acabou por conseguir uma potência-peso relativamente melhor, associada, ainda, a uma boa velocidade. Porém, apesar desse desenvolvimento, perdeu-se o *timing* para conquistar uma fatia do mercado americano.

2.7.2 - EMB 120 Brasília.

O Bandeirante, aeronave concebida endogenamente com a intenção inicial de atender a demanda doméstica de vôos regionais e, também, as necessidades da Força Aérea Brasileira para o transporte de tropas e carga, recebeu sua certificação da FAA (*Federal Aviation Administration*)⁸⁵ somente em 18 de agosto de 1978, após o empenho do Ministério das Relações Exteriores, iniciado a partir da primeira metade da década de setenta⁸⁶, nas figuras de Paulo Tarso Flecha, Luiz Felipe Lampréia, Fernando Alves, Carlos Pardellas e Botafogo Gonçalves. Dagnino (1993) observa que apesar da Embraer ter solicitado a certificação junto às autoridades americanas em 1969, ela somente constituiu sua divisão de vendas a partir de 1974. Como mencionando anteriormente, quando foi realizado o acordo com a Piper, a Embraer dava os primeiros passos no sentido de desenvolver uma rede comercial e de assistência técnica⁸⁷. Tal fato pode ter

⁸⁴ Segundo Silva (2005), as explicações para o processo de desaquecimento do mercado de aeronaves leves, sobretudo nos EUA, versaram sobre: 1) a vascularização do sistema de tráfego aéreo, ao longo da década de 80, permitindo maior flexibilidade e oferta de transporte aéreo; 2) a elevação do preço das aeronaves desse segmento, devido à incorporação de novas tecnologias ou a inflação americana. Para se ter uma idéia, o preço de um avião Cessna 150, em 1973 era US\$ 10 mil, passando a custar US\$ 90 mil durante a década de 80; 3) os seguros de responsabilidade civil que elevaram muito o preço da aeronave; 4) os elevados custos com pessoal, combustíveis, manutenção, tarifas aeroportuárias; e, ainda; 5) a melhoria no sistema de transporte público.

⁸⁵ Órgão de certificação de aeronaves dos EUA.

⁸⁶ Na ocasião a Embraer recebeu Keith Blythe (técnico da FAA), que segundo Silva (2005) disse que a aeronave não teria condições de ser certificada. De acordo com o técnico, o projeto de concepção do Bandeirante teria que ser aprimorado para refletir as configurações estruturais e soluções de sistema de bordo no nível do estado da arte internacional. Vale destacar, ainda, que a demora na efetivação de um acordo bilateral entre o Brasil e os EUA, objetivando o processo de homologação, decorreu também do tempo necessário para a instalação de equipamentos de aferição no CTA, bem como da capacitação necessária dos técnicos do Centro para que realizassem o processo de homologação de acordo com que previa a FAA.

⁸⁷ A Embraer Aircraft Corp. (EAC) foi criada em 1979 em Dania, na Flórida, e transferida em 1981 para as instalações definitivas no aeroporto internacional de Fort Lauderdale. Em 1983, foi criada a Embraer Aviation International (EAI) sediada no aeroporto de Le Bourget, ao norte de Paris.

contribuído para que a FAA relutasse em conceder o certificado de homologação, no início da década de 70, explicando o porque das autoridades brasileiras terem se empenhado no processo de certificação junto ao EUA a partir metade da década de setenta⁸⁸. O Brasília não encontrou as dificuldades para certificação verificadas no processo de regularização do Bandeirante junto ao órgão de certificação americano.

O Brasília foi desenvolvido para suceder o Bandeirante de 19 assentos, atendendo as crescentes demandas por aeronaves de mais assentos. No final da década de setenta, a aviação regional ganhava importância e as exigências das autoridades homologadoras aumentavam cada vez mais. Um novo perfil se consolida no caso das empresas de transporte *commuters*, que passaram de organizações tipicamente familiares para companhias profissionais, estabelecendo mecanismos que garantissem a regularidade do transporte aéreo para um número crescente de localidades, principalmente nos EUA. É nesse período que se inicia o processo de desenvolvimento do EMB 120, o Brasília, aeronave de transporte regional com capacidade para 30 passageiros.

Com o intuito de iniciar o projeto, um modelo em escala natural (*mock-up*) das cabines dos pilotos e dos passageiros foi desenvolvido, ficando exposto na fábrica da Embraer para a visita de potenciais compradores. Nesta fase, a Embraer buscou adequar o desenvolvimento da aeronave às necessidades dos operadores recolhendo informações dos visitantes. A nova aeronave incorporou a cauda no formato em “T” (o mesmo do Xingu, ou seja, o estabilizador horizontal instalado no topo da deriva vertical). Segundo Silva (2005), foi a primeira aeronave pertencente à aviação regional a ser especificada com essa característica. Outra inovação foi a instalação de uma Unidade Auxiliar de Partida (APU). Pela primeira vez esse equipamento foi instalado em aviões de transporte aéreo regional. Tal instrumento permitia a ignição dos motores e do funcionamento do ar-condicionado no período em que aeronave estivesse no solo.

Outro fator determinante no sucesso mercadológico do Brasília, que estaria por vir, foi o peso da aeronave. Tal fato evidencia o processo de aprendizagem decorrente

⁸⁸ Segundo Dagnino (1993), o Bandeirante, em 1982, passou a dominar 32% do mercado americano no segmento de 10 até 20 assentos, representando cerca de 62% das importações dos EUA de aeronaves deste segmento. Dos 400 Bandeirantes construídos pela Embraer, 246 foram exportados, sobretudo para empresas aéreas americanas.

do desenvolvimento do Xingu (neste caso, apesar da preocupação com o peso, as incertezas, que envolveram o desenvolvimento de um novo modelo, acabaram por determinar um peso acima do previsto). Por ser uma aeronave que incorporou novos materiais compostos, como fibra de carbono, Kevlar (plástico reforçado para uso em elementos estruturais), além da utilização de uma moderna liga de alumínio para revestimento da fuselagem, o Brasília apresentou um peso menor. A utilização de policarbonato nos pára-brisas também contribuiu para a diminuição do peso estrutural. Menor peso da aeronave implica em menores custos operacionais para empresas aéreas, tornando a aeronave mais competitiva.

A tecnologia e os contatos com fornecedores de insumos repassados pela Sikorsky, como exigência de uma política de compensação do governo brasileiro (*offset*), permitiram que a Embraer realizasse investimentos no processo de usinagem química, favorecendo o tratamento do laminado que revestia a estrutura do Brasília. Desta forma, fica caracterizada mais uma contribuição do Xingu, só que agora decorrente diretamente de uma técnica produtiva para o tratamento de superfícies de ligas de alumínio. Outra inovação no Brasília foi a instalação de sistemas digitais computadorizados na cabine de pilotagem, objetivando a redução da carga de trabalho do piloto e o aumento da segurança operacional. Esses sistemas eram comandos e controlados eletricamente (*fly-by-wire*), o que era uma novidade para aviões daquela categoria naquele momento.

O longo contato com a Pratt & Whitney do Canadá e a Embraer, como fornecedora de motores para o Bandeirante, Xingu e para a primeira versão do Tucano, teve por efeito tornar aquela empresa a candidata natural para o fornecimento dos motores para o Brasília. Tal fato acabou por gerar diversas discussões sobre a especificação dos motores entre as duas empresas. A Embraer necessitava de um motor que propiciasse uma potência de 1.600 HP, que não era fabricado pela Pratt & Whitney. Todavia a empresa canadense resolveu adotar uma postura agressiva e desenvolver o motor. Ele seria inicialmente projetado para atender as necessidades do Brasília. Além de atender a potência especificada, ele buscou incorporar novos conceitos de controle de potência, rotação, ruído e de consumo de combustível. A nova geração de motores turboélices nasce com o desenvolvimento do PWC 100. A postura da Pratt & Whitney

visava se antecipar aos novos rumos que aviação regional começou a sinalizar naquele momento. Conforme destaca Silva (2005),

“Era muito claro na época que a aviação regional iria se desenvolver e as pequenas companhias, [...], tenderiam a desaparecer, dando lugar a empresas profissionais que certamente desejariam operar com aparelhos cada vez maiores e com maior capacidade de transporte de passageiros ou carga” (p.450).

A hélice do Brasília foi outra inovação que permitiu a redução no nível de ruído, o melhor aproveitamento da baixa rotação do motor e, ainda, uma maior eficiência propulsiva, decorrente do formato das quatro pás da hélice, em cimitarra e com grande diâmetro. A empresa contratada para o desenvolvimento das hélices foi a americana Hamilton Standard.

O Brasília realizou seu primeiro voo em 27 de julho de 1983, e dois dias depois o primeiro voo oficial (*roll-out*)⁸⁹ que contou com a presença de diversos operadores da aviação regional, principalmente dos EUA, e a mídia internacional especializada em aviação. O sucesso foi materializado com pedidos de vendas a partir de 1984, pela empresa aérea PBA (*Provincetown Boston Airlines*) e posteriormente pela ASA (*Atlantic Southeast Airlines*), totalizando vinte aeronaves⁹⁰. Vale destacar que o Brasília na época se encontrava na fase de ensaios para obter a homologação. Somente depois da certificação é que as vendas poderiam ser efetivadas. Diferentemente do tempo excessivo que foi despendido no processo de homologação do Bandeirante, o Brasília foi certificado e homologado simultaneamente pela FAA⁹¹ e o CTA em 9 de julho de 1985, seis meses após o encerramento dos ensaios necessários para a regulamentação da aeronave⁹². Segundo Dagnino (1993),

“Quando do lançamento do Brasília no mercado internacional, em 1985, a Embraer já possuía uma maior experiência e renome entre as companhias de aviação. Mas mais importante do que estes fatores foi a possibilidade que novamente se apresentou à Embraer, em função de uma correta previsão da evolução do mercado, e de sua capacidade para dele tirar vantagens, de explorar

⁸⁹ *Roll-out* é a cerimônia na qual o avião apenas sai do hangar de montagem para iniciar uma série de preparativos, com duração de semanas, para a realização do primeiro voo. Quando o Brasília realizou no mesmo dia de apresentação o voo, a mídia internacional se referiu ao feito como *Fly-out*.

⁹⁰ O Brasília somente entrou em operação no Brasil em fevereiro de 1988, com a empresa Rio-Sul, quase três anos após ser colocado em serviço regular no exterior.

⁹¹ Em 1996, o Brasília recebeu o prêmio especial de segurança outorgado pela FAA (*Federal Aviation Administration*).

⁹² Os últimos registros de entregas do Brasília foram contabilizados no ano de 2006 (Tabela 2.3), no relatório de Desempenho Econômico-Financeiro, perfazendo um total de 353 aeronaves entregues desde o lançamento em 1985.

um nicho de mercado onde existiam apenas três aeronaves. Duas que haviam começado a ser produzidas no início dos anos 60 e uma que havia entrado no mercado no ano anterior. Apesar de, em 1988, o número de competidores no segmento de 20-45 passageiros haver aumentado para sete, a situação do Brasília já estava relativamente consolidada. Embora tenha sido posteriormente descontinuada a produção das duas aeronaves mais antigas, e duas novas tenham entrado no mercado, a participação do Brasília seguiu crescendo, alcançando 29% e 25%, respectivamente no mercado norte-americano e mundial” (p. 46).

A aceitabilidade do Brasília, decorrente principalmente dos baixos custos operacionais relativos e da considerável velocidade em vôo⁹³, resultou em vendas para diversas companhias aéreas nos EUA, na Noruega, Alemanha, Inglaterra, Bélgica, França e no Brasil. O resultado das vendas para os EUA pode ser avaliado através da tabela 2.1 (ordenada de acordo com a oferta total de assentos), onde são retratados os principais modelos do segmento regional em operação nos EUA em 1996. Estas aeronaves respondiam por pouco mais de 80% da oferta de assentos para o segmento regional na época. Pouco mais de 60% da produção do EMB-120 foi exportada para o mercado americano. Dois modelos foram vendidos à companhia venezuelana Aviones de Oriente (Avicor C. A.) durante a AEROEXPO-2000 realizada na Venezuela. Recentemente, em 2006, um último modelo foi comercializado pela Embraer.

Tabela 2.1 – Principais aeronaves regionais em operação nos EUA em 1996

<i>Rank</i>	Modelo	nº de assentos	Aeronaves em Serviço*	Oferta de assentos em relação ao total da frota (%)
1	Saab 340	30-37	239	14,9
2	Embraer Brasília	30	224	12,6
3	Bombardier Dash 8-100/200	37-39	149	10,3
4	Beech 1900	19	253	9,0
5	AIR ATR 42	46-50	99	8,6
6	AIR ATR 72	64-69	51	6,1
7	Jetstream J31/32	19	156	5,6
8	Canadair Regional Jet	50	53	5,0
9	Avro/BAe RJ/146	70-122	20	3,6
10	Jetstream 41	29	53	2,9
11	Fairchild/Dornier 328	30-33	44	2,6
12	Fairchild Metro	19	61	2,1

Fonte: AvSat Associates Inc., for the Regional Airline Assn. (In: Aviation Week & Space Technology; 12 de maio de 1997). (*) Aeronaves em serviço em 01de janeiro de 1997.

⁹³ Alguns de seus concorrentes voavam a velocidades de cruzeiro 50 Km/h mais baixas e com custos operacionais superiores a 50%, segundo Bernardes (2000).

2.7.3 - CBA 123.

Com o Brasília na linha de produção, a Embraer, em 1985, passou a se dedicar ao lançamento de uma nova aeronave, para o segmento de 19 passageiros, visando a substituição do Bandeirante, que também possuía a mesma capacidade de transporte. A idéia ganhou força após a visita do comandante da Força Aérea da Argentina, no início de 1986, nas instalações da fábrica brasileira. Na ocasião, o visitante sugeriu uma parceria visando o lançamento conjunto de uma aeronave. A partir daquele momento os dirigentes da Embraer levaram a proposta ao Ministério da Aeronáutica. Com o aval das autoridades aeronáuticas (e posteriormente a aprovação o presidente José Sarney) o acordo foi firmado entre as autoridades dos dois países⁹⁴.

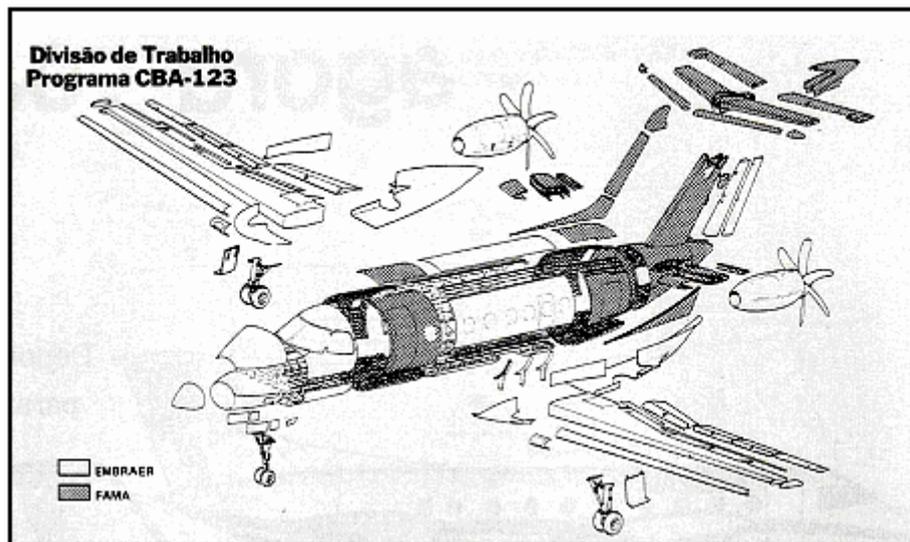
A aeronave foi inicialmente denominada de EMB-123, como previsto pelo Projeto 12X, contudo com o objetivo de caracterizar a natureza binacional do programa, uma nova nomenclatura foi adotada, a aeronave passou a ser chamada de CBA-123 (Cooperação Brasil-Argentina). O acordo firmado, por uma *joint-venture* entre a Embraer e a FMA (Fábrica Militar de Aviones), sediada na província de Córdoba, previa que a Embraer ficaria responsável pela maior parte do desenvolvimento. Segundo Bernardes (2000), o projeto consumiu cerca de US\$ 200 milhões dos cofres da Embraer e US\$ 60 milhões da FMA⁹⁵ (a figura 2.1 mostra a divisão de trabalho do programa). Na visão de Dagnino (1993), o consórcio firmado entre a Embraer e FMA envolvia interesses geopolíticos,

“[...] pode ser considerado como a primeira iniciativa de cooperação de grande porte no âmbito do processo que viria a culminar com a criação do Mercosul. Seu objetivo era a agregação da capacidade tecnológica e produtiva da Embraer, e sua experiência adquirida através de consórcios com parceiros europeus, à competência argentina. A capacidade tecnológica e industrial a ser adquirida conjuntamente numa área de ponta era um importante apelo” (p. 75).

⁹⁴ O Protocolo de cooperação, entre a Embraer e a Fábrica Militar de Aviones (FMA), foi assinado em 1986, logo após ao encontro dos presidentes do Brasil e Argentina que resultou na Declaração do Iguaçu, em 29/11/1985. Naquela época, os governos dos dois países mantinham conversações destinadas a incrementar o intercâmbio cultural, comercial, industrial e tecnológico entre o Brasil e a Argentina.

⁹⁵ Segundo Drumond (2004), “O custo de desenvolvimento do projeto foi estimado em 225 milhões de dólares, que seriam captados sob a forma de capital de risco” (p. 41).

Figura 2.1



Fonte: Flap Internacional.

Segundo Bernardes (2000), o CBA-123 foi o primeiro avião concebido através dos sistemas CAM (*Computer Aided Manufacturing*) e CAD (*Computer Aided Design*). Tais sistemas permitiam a produção industrial e a elaboração de desenhos e projetos através de computadores. O ciclo de trabalho para elaboração de cálculos estruturais e desenhos foi reduzido consideravelmente. O aumento da precisão e os ganhos de qualidade acabaram por aumentar a produtividade na fase de elaboração de projeto e especificações. Foi também no desenvolvimento da aeronave que se iniciaram os primeiros esforços para a introdução dos conceitos de CIM (*Computer Integrated Manufacturing*)⁹⁶ e engenharia simultânea, que tinha por finalidade o *design* integrado do desenvolvimento dos produtos e seus processos relacionados, incluindo manufatura e suporte.

O CBA-123 pretendia ser um avião revolucionário tanto no desempenho quanto em configuração. A fuselagem do aparelho era uma versão encurtada do Brasília, caracterizando a comunalidade existente entre as duas aeronaves. A aeronave comportava duas turbinas com configuração *puscher*⁹⁷ (e hélices Hartzell de seis pás) instaladas na parte traseira, com potência de 1.300 SHP permitindo alcançar 600 Km/h em cruzeiro e com autonomia de voo para 1.400 Km. Estas turbinas eram fornecidas

⁹⁶ Fabricação integrada por computador.

⁹⁷ Nessa configuração, as hélices ficam posicionadas atrás dos motores e empurram o avião, contrariamente à maneira convencional na qual são instaladas à frente dos motores e puxam o avião.

pela empresa americana Garret Corp, que disponibilizou recursos como parceiro de risco. Esta característica, da localização dos motores, segundo Silva (2000), foi que mais despertou atenção do público. Tal disposição tinha por objetivo tornar a aeronave com características similares aos jatos em operação na época. O resultado final foi um efeito sonoro de 76,1 decibéis na decolagem, segundo Drumond (2004), permitindo que a aeronave fosse enquadrada, com folga, no que previa a legislação para este tipo de segmento, ou seja, 89 decibéis⁹⁸. A configuração *puscher* possibilitava, ainda, a adoção de uma asa limpa e aerodinamicamente mais eficiente, de perfil supercrítico, ou seja, perfil que permitia um voo sônico sem acréscimo de atrito. O projeto incorporou as mais modernas tecnologias aeronáuticas de aviônicos como, por exemplo, o sistema EICAS (*Engine Indication and Crew Alerting System*), que monitorava cerca de 500 itens associados aos sistemas do avião, possibilitando a fácil identificação e retificação de panes da aeronave. O CBA-123 tinha a cabine de pilotagem totalmente digital, equipada com sistema EFIS (*Electronic Flight Instrumentation System*), que mostrava aos pilotos todos os parâmetros de voo.

O preço final da aeronave ficou muito acima do que os operadores estavam dispostos a pagar, cerca de US\$ 6 milhões. A título de comparação, os modelos americanos Beech 1900 e Jetstream, que tinham a mesma *performance* do CBA-123, custavam entre US\$ 3,5 e US\$ 4,5 milhões. O preço do Brasília, na época, era pouco mais de US\$ 5 milhões, possuindo a vantagem de transportar 30 passageiros. Apesar de somar 183 opções de vendas na carteira, em 1988, nenhuma foi transformada em vendas firmes. Vale destacar que em 1991 a Embraer buscou reduzir o preço do Vector⁹⁹ para US\$ 5 milhões o que não logrou sucesso.

O Vector, do ponto de vista tecnológico, representou o reflexo da capacitação acumulada pela Embraer ao longo do tempo. Todavia, também representou o segundo maior fracasso comercial ocorrido, até então, na história da empresa. Se existiam dúvidas de que a gestão da empresa era caracterizada excessivamente como sendo *engineering drive*, ou seja, muito direcionada para técnica, focada no produto e pouco

⁹⁸ O CBA-123 foi o primeiro avião no mundo, em sua categoria, a ser projetado para atender as normas da FAR-25. Estas são as mesmas que se aplicam para a certificação de aviões como o Boeing 747-400 e o McDonnell MD-11.

⁹⁹ A aeronave foi rebatizada, durante sua apresentação oficial, em 30 de julho de 1990, após um concurso internacional para escolher seu nome. Na ocasião estavam presentes os presidentes do Brasil, Fernando Collor de Mello, e da Argentina, Carlos Menem.

para resultados financeiros, após o fracasso de vendas do Vector ela deixou de existir¹⁰⁰. Dagnino (1993) destaca que o principal motivo decorrente do insucesso das vendas do Vector não foi o seu desempenho, e sim o preço de aquisição da aeronave que era demasiadamente elevado. Ele continua dizendo:

“Embora tivesse sido inicialmente idealizado para substituir o Bandeirante, cuja competitividade declinava em função de novas aeronaves no segmento correspondente, seu projeto evoluiu numa direção demasiadamente ambiciosa para as possibilidades tecnológicas e financeiras dos parceiros envolvidos. Ao invés de constituir-se numa aeronave mais atualizada, mas que mantivesse as características que haviam tornado o Bandeirante um sucesso de vendas, ele pretendeu incorporar soluções radicais ainda não suficientemente testadas à concepção do Brasília num sentido contrário ao usual. Num momento em que a tendência á contração da demanda e à conglomeração do mercado já podiam ser visualizadas, um projeto menos ambicioso e uma associação que permitisse maior segurança no desenvolvimento do produto e maior garantia quanto à possibilidade de comercialização talvez tivesse sido um passo mais prudente para a Embraer” (p. 76).

A constatação do insucesso nas vendas do Vector, já que não foi efetivada nenhuma compra, não deve ofuscar o benefício, decorrente do conceito de comunalidade, que esta aeronave teve no desenvolvimento do que iria se tornar o “carro chefe” nas vendas da Embraer, após a privatização ocorrida em 1994, ou seja, o ERJ-145 - primeiro avião¹⁰¹ a jato para o transporte aéreo regional, desenvolvido pela empresa, quando ainda era estatal, com capacidade de transportar 50 passageiros.

¹⁰⁰ A tendência de supersofisticação é observada na indústria de armamento, em que é dado maior importância ao desempenho do produto fabricado.

¹⁰¹ Tratava-se do “Brasília a jato”, ou seja, o Brasília EMB-120 (alongado) com motores *turbofan* localizados sobre as asas, sua capacidade seria de 45 assentos. A idéia era buscar o máximo de comunalidade de estruturas e sistemas com o EMB-120, assegurando baixos custos de desenvolvimento e produção. Apesar das mudanças no projeto do EMB-145 desde de seu lançamento original, o ERJ-145 foi o aprimoramento do EMB-145.

2.8 - AMX (Avião de ataque ao solo).

Em 1977, a Embraer foi questionada, pela Aeronáutica, sobre a possibilidade de desenvolver uma aeronave a partir do projeto do Xavante (EMB-326GB) que comportasse somente um piloto (monoposto). Os militares acreditavam que um modelo sem o segundo assento poderia proporcionar uma flexibilidade maior nas missões de grande alcance. Após contatos realizados com a licenciadora do projeto original, a empresa italiana Aeronáutica Macchi, foi desenvolvido conjuntamente um pré-projeto, que na Itália recebeu a classificação de MB-326K. No entanto, as especificações do novo modelo (adaptado), associado à limitação de recursos do Maer, acabou por determinar o afastamento da Embraer no seu desenvolvimento¹⁰².

Em 1979, com a assunção do novo governo, o Maer resolve constituir um grupo de estudo, formados por militares e especialistas da Embraer, com o objetivo de buscar uma parceria internacional para o desenvolvimento e produção conjunta de um novo modelo de aeronave a jato para emprego militar. A primeira empresa procurada foi a British Aerospace (BAe). A intenção era usar o Hawk 100 (caça da British) como plataforma para o desenvolvimento do A-X (o novo caça monoposto). Contudo, devido a restrições impostas pelos ingleses - que queriam se limitar apenas a uma readaptação do Hawk 100, visando atender as necessidades brasileiras, utilizando somente suas equipes de projeto e, ainda, descartando a possibilidade de produção seriada no Brasil - a potencial parceria foi abandonada¹⁰³. Foi a partir dessa frustração que a Embraer buscou retomar o contato com sua parceira natural, a empresa italiana Aeronáutica Macchi, que na época¹⁰⁴, em 1980, realizava um trabalho conjunto com a Aeritalia.

O acordo de cooperação industrial entre as três construtoras foi oficializado no início de 1981. As proporções finais acordadas para o desenvolvimento do AMX ficaram estabelecidas em: Aeritalia (46%); Aeronáutica Macchi (24%) e Embraer

¹⁰² A Macchi, por sua vez, deu continuidade ao programa e seguiu lançando o projeto, o desenvolvimento e, posteriormente, a produção seriada. Além de fornecer o novo modelo para Força Aérea Italiana, a empresa conseguiu exportar para África do Sul.

¹⁰³ Mais tarde a BAe lançou o Hawk 200, o qual em muitos aspectos lembrava as exigências da FAB.

¹⁰⁴ Ano que foram finalizadas as entregas do Xavante ao Maer (observar Tabela 2.3).

(30%)¹⁰⁵. Desta forma, a Embraer ficou responsável por projetar e fabricar: 1) as asas (sem *aileron*s¹⁰⁶ e *spoiler*s¹⁰⁷, ambos previstos para serem fabricados com material composto); 2) as entradas de ar do motor, os suportes dos armamentos (pilones instalados sob as asas); 3) os tanques externos de combustível; 4) os trens-de-pouso principais; e o 5) estabilizador horizontal (este item referia-se somente aos protótipos, que foram fixados em um número de seis unidades). A responsabilidade do nariz do avião (versão brasileira e italiana) ficou com a Macchi. Na versão brasileira, era prevista a instalação de dois canhões de 30 mm, já na italiana o calibre era de 20 mm. A empresa desenvolveu, também, o segmento posterior da fuselagem, abrangendo parte significativa da cauda e, ainda, a eletrônica de navegação e de sistemas de armas.

O desenvolvimento da fuselagem do avião, do trem de pouso dianteiro e empenagem vertical e, ainda, o gerenciamento global do programa ficaram sob a responsabilidade da Aeritalia (estatal italiana). Apesar desta atribuição, os problemas decorrentes da interface na condução do desenvolvimento do projeto, ou seja, a sua harmonização, era realizada por um comitê formado por militares italianos e brasileiros. O interesse das duas Forças Aéreas (Brasileira e Italiana), que tiveram participação ativa desde a fase inicial dos acordos bilaterais, acabou por estipular a aquisição de 266 aeronaves (na versão monoposto), sendo 187 unidades para Itália e 79 para o Brasil¹⁰⁸. O AMX (designado pela FAB de A-1) foi concebido para voar em altas velocidades subsônicas, com capacidade operacional em baixas altitudes, tanto durante o dia quanto à noite, podendo operar em pistas de pouso semipreparadas. A aeronave incorporou sofisticados equipamentos eletrônicos de navegação e de ataque¹⁰⁹. As versões brasileiras foram equipadas com reabastecimento em vôo e assentos ejetáveis¹¹⁰.

¹⁰⁵ Estes percentuais permaneceram constantes e asseguram a mesma proporção em cada fase do programa, desde os momentos iniciais do projeto até a finalização dos processos industriais e de testes no solo ou em vôo.

¹⁰⁶ Dispositivo móvel ou articulado de uma asa, geralmente parte do seu bordo de fuga, cuja função básica é imprimir um movimento de rolamento ao avião ao redor de seu eixo longitudinal, obtendo um controle nos movimentos de inclinação lateral.

¹⁰⁷ Freios aerodinâmicos em geral instalados nas asas.

¹⁰⁸ Posteriormente visando atender o treinamento de pilotos foram desenvolvidas versões bipostos. Os italianos adquiriram 51 modelos e os brasileiros, dada a restrição de recursos, remanejaram 15 modelos monopostos para biposto (64 monopostos e 15 biposto).

¹⁰⁹ Segundo Silva (2005), o AMX foi o primeiro avião, na Europa, equipado com uma barra de dados MIL SPEC 1553, que concentra todas as informações processadas por dois computadores. Isto permitia programar todas as funções vitais do avião e suas missões de emprego militar (navegação e ataque).

¹¹⁰ Segundo Bernardes (2000), o avião teve seu custo unitário elevado de US\$ 8 milhões para US\$ 18 milhões.

O motor da aeronave era o modelo Rolls-Royce Spey Mk 807, turbofan, fabricado sob licença na Itália pela Fiat, Piaggio e Alfa Romeo, contando com a participação da Celma (Companhia Eletromecânica do Brasil). A Embraer e o CTA (como representante da FAB) adquiriram, ao final do programa, capacitações para projetar ou modificar qualquer item das complexas instalações eletrônicas (sistemas da aviação militar) do AMX (tanto *hardware*, equipamentos, quanto *software*, programações operacionais).

A versão italiana do AMX voou pela primeira vez em 15 de maio de 1984, em Torino, sendo o primeiro exemplar entregue à Força Aérea daquele país em 30 de maio de 1989. O protótipo do AMX brasileiro realizou seu primeiro vôo em 16 de outubro de 1985, com as primeiras entregas a FAB realizadas a partir de 1989. Segundo Sbragia (1993), o programa AMX representou um novo e importante salto tecnológico para Embraer. Foi durante o desenvolvimento do avião que a empresa assimilou novas tecnologias de materiais compostos, *software* embarcado, armamento, fabricação de avião a jato e novos conceitos de trem de pouso.

Para Bernardes (2000), um dos grandes aprendizados decorrentes do projeto AMX foi o fato da Embraer participar de um projeto de cooperação internacional (não se pode esquecer que os projetos anteriores se limitaram à produção via licença de fabricantes estrangeiros) que propiciou a formação de experiência para o desenvolvimento do ERJ 145.

Apesar das capacitações decorrentes do desenvolvimento do AMX, o programa sofreu forte reversão a partir de 1992 devido aos constrangimentos orçamentários, tanto do Brasil quanto da Itália, que acabaram por reduzir seus pedidos em cerca de 35% e 50% respectivamente. Tal fato lançava a Embraer em uma situação preocupante, já que a empresa contava com as encomendas do Maer para recuperação do capital investido no projeto¹¹¹, que de acordo com Sbragia (1993) era de 30% do valor total dos

¹¹¹ Silva (2005) destaca que na época foi tentado financiamento para o desenvolvimento junto à FINEP e ao BNDES, todavia não logrou sucesso. Isto devido às restrições impostas às empresas estatais que não puderam ter mais acesso a fontes tradicionais de financiamento oficial. Tal fato retratava a situação (iniciada em 1979, no governo Figueiredo, com a criação da Sest, Secretaria Especial de Controle das Empresas Estatais) de reduzir a participação das estatais na economia brasileira.

investimentos. O arrefecimento das vendas do Brasília (Tabela 2.3) veio a intensificar ainda mais a situação delicada da empresa.

2.9 - Embraer Regional Jet - 145.

No final da década de 80, foi constatada, através de prospecção junto a companhias de transporte aéreo regional (sobretudo internacional), a necessidade do desenvolvimento de uma aeronave que possuísse uma *performance* superior à das aeronaves existentes na época. O novo modelo atenderia ao aumento marginal do número de passageiros nas rotas regionais, ou seja, o seu *load factor*¹¹² deveria retratar o número de passageiros transportados. Com isto, a carga efetivamente paga acabaria por justificar a nova realidade dos fluxos nas rotas de média distância. De acordo com Sbragia (1993), existiam estimativas, na época, de que o mercado demandaria cerca de 1.300 unidades de aeronaves, com 50 assentos, para os próximos 10 anos.

O desenvolvimento de um novo modelo baseado nestas premissas partiu da plataforma do Brasília, com o qual, se pretendia buscar o máximo de comunalidade entre as estruturas e sistemas, objetivando redução dos custos e o rápido desenvolvimento. A idéia inicial era esticar o Brasília para poder acomodar de 40 a 45 passageiros, sobre as asas, as quais, ligeiramente modificadas, seriam instalados, na posição onde anteriormente estavam os motores turboélices, dois turbofans¹¹³. Testes realizados no túnel de ensaios aerodinâmicos da Boeing Technologies demonstraram que o projeto deveria ser modificado para alcançar o desempenho desejado¹¹⁴. O avião foi então reprojetoado com uma nova asa e os motores passaram a ser instalados conforme o *layout* do Boeing 737. Em meados de 1991, a nova configuração foi aprovada pelos novos ensaios. No entanto, as modificações decorrentes do novo posicionamento dos motores teriam por efeito a modificação radical do projeto original.

¹¹² O fator carga retrata a taxa de ocupação da aeronave.

¹¹³ Com a diluição dos efeitos dos choques do petróleo (década de 70), e o avanço no desenvolvimento dos motores a reação (desde os anos 50), ficou descartada a utilização de motores turboélices, uma vez que a relação custo/benefício, neste caso, seria muito desfavorável. A introdução no mercado dos motores *turbofan* de alto *bypass* (cujo desempenho e economia de operação igualavam-se aos motores turboélices existentes no mercado) viabilizou sua utilização na aviação regional.

¹¹⁴ Segundo Revista da Força Aérea (1996), “a baixa *performance* ficou comprovada quando foram exploradas as características do EMB-145 nas regiões transônicas de vôo e detectada a presença de ondas de choque na aérea compreendida entre a nacele de cada motor e o dorso da asa, resultando em um indesejado arrasto aerodinâmico que provocava uma apreciável degradação de desempenho” (p.40).

A altura do trem de pouso deveria ser aumentada para evitar que os motores ingerissem objetos estranhos durante as operações de pouso e decolagem (*F.O.D. Foreign Object Damage*) acarretando, ainda, modificações no comprimento da fuselagem, portas e escada de passageiros, além da necessidade de adotar deslizadores infláveis (*slide chutes*) para evacuação de emergência. As asas também deveriam ser substituídas por outras enflechadas 22,3° para melhorar o desempenho nas regiões transônicas. Considerando que tais modificações encareceriam sobremaneira o preço do avião (decorrente do extensivo trabalho de engenharia), a Embraer optou, em fins de 1991, pelos motores na parte traseira da fuselagem (no estilo do Caravelle¹¹⁵). Tal configuração definitiva foi atingida em julho de 1992.

O projeto da aeronave foi desenvolvido por computador utilizando o *mock-up* eletrônico, tecnologia que tem suas raízes no CAD (*computer aided design*). Este recurso permitiu que a aeronave fosse totalmente projetada por computador. Ao gerar imagens tridimensionais de cada peça e integrá-las em um único banco de dados, o *mock-up* eletrônico possibilitou uma minuciosa análise de cada peça da aeronave e a avaliação da interface entre os diversos itens da aeronave. De acordo com Chagas (2005), o novo programa, além de permitir simular todas as características físicas da aeronave, possibilitou, também:

“... a integração entre projetistas especialistas e outros agentes envolvidos, como produção, manutenção, marketing, parceiros e clientes, pode ocorrer através da visualização de modelos computacionais tridimensionais que representam os componentes, em escala real, desde as fases iniciais do projeto. Assim, a integração dos diversos especialistas envolvidos no projeto, fabricação, montagem, assistência técnica, requisitos de clientes, pode ocorrer de maneira natural, eliminando redundância e economizando tempo e custo com relação ao *mock-up* de madeira utilizado anteriormente¹¹⁶. (p. 92)”.

O simulador de vôo do EMB-120 permitiu que os pilotos de prova da Embraer “voassem” na aeronave antes de sua construção. Ao introduzir as características aerodinâmicas da aeronave no simulador, foi possível determinar muitas das qualidades

¹¹⁵ Segundo Jetsite, esta aeronave francesa foi a primeira a adotar os motores posicionados na cauda. Ela começou a operar em 06/05/1959. Outras aeronaves como: o DC-9, o MD-80, o Fokker 28/100 e BAC 1-11 também possuíam a mesma configuração.

¹¹⁶ A substituição do *mock-up* de engenharia fabricado em madeira permitiu a Embraer economizar cerca de 93.000 homens/horas de trabalho e aproximadamente US\$ 3 milhões. As únicas áreas que exigiram a confecção de um *mock-up* de madeira foram interfaces críticas (como junção de asas, pilones dos motores e conjunto de empenagem horizontal).

de desempenho do novo avião e identificar algumas áreas que mereciam mudanças para melhorar suas qualidades de vôo (o *software* foi desenvolvido por técnicos da Embraer). A mesma avaliação foi realizada, nos sistemas hidráulicos, elétrico, de combustível, de comandos das superfícies de controle de vôo, quando foram introduzidas informações sobre seu funcionamento no computador. O *mock-up* eletrônico e o simulador de vôo permitiram que o período de concepção do EMB-145 fosse reduzido, quando comparados com o Brasília e o CBA-123¹¹⁷.

Além da comunalidade decorrente da plataforma do Brasília, o projeto incorporou grande parte da tecnologia acumulada no desenvolvimento do CBA-123, principalmente o sistema FADEC¹¹⁸ - *Full Authority Digital Engine Control* - que permite a otimização dos motores ao agir automaticamente em função do fluxo de combustível e das variações ambientais de temperatura e pressão. A arquitetura dos sistemas da nova aeronave (ar condicionado, hidráulico, de comando de vôo e trem de pouso), também, incorporou aqueles desenvolvidos para o CBA-123. A comunalidade, ao ser avaliada pelos projetos mais adjacentes que antecederam a nova aeronave, não deve ofuscar o encadeamento da comunalidade que se originou desde os primeiros modelos da Embraer (por exemplo: o Brasília tinha o conjunto de empenagem vertical e horizontal no mesmo *layout* do Xingu, modelo considerado um fracasso mercadológico).

Uma estratégia de parceria de risco¹¹⁹ (*risk-sharing agreement*) foi adotada, também explicitamente, pela Embraer, com o objetivo de reduzir custos e riscos decorrentes do lançamento de uma nova aeronave. Os parceiros, ao assumirem frações dos custos de desenvolvimento do programa, acabavam auferindo, *a posteriori*, os rendimentos gerados pela venda das aeronaves na mesma proporção de seus investimentos (a Figura 2.2 destaca como foi fracionado o programa). Outro aspecto importante do regime de parceria, de caráter intangível, é a fluidez do conhecimento proporcionando desenvolvimento, aprendizado e inovação tecnológica entre atores

¹¹⁷ Mesmo considerando a complexidade da nova aeronave, quando comparada com os modelos antecessores; o período que engloba as fases de concepção e desenvolvimento foi menor (cerca de 3,8 anos contra 5 anos das duas outras aeronaves).

¹¹⁸ O sistema FADEC tem a virtude de prolongar a vida útil do motor.

¹¹⁹ A parceria de risco foi iniciada em 1992/93 (quando a empresa era uma estatal), sendo retomada somente em 1995 após a privatização. O primeiro modelo foi entregue em 1996. Na época em que foi lançado, o EMB-145 custava US\$ 14,8 milhões, seu principal concorrente, o Canadair RJ custava US\$ 18,6 milhões.

da aeronave (de 20 até 30 anos), os contratos se caracterizam por serem de longo prazo, fortalecendo a mútua dependência entre as partes. Outro aspecto relevante para a firma integradora, no sistema de parceria, é a tendência de diminuição, *ceteris paribus*, das incertezas decorrentes da redução do número de fornecedores. Uma base de parceiros global tem o efeito de reduzir os custos de suporte técnico, logística e serviços de manutenção.

O custo de desenvolvimento do novo modelo foi da ordem de US\$ 380 milhões. Na tabela 2.2, são apresentadas as fontes de recursos para financiamento do desenvolvimento do ERJ-145¹²¹. Os quatro parceiros de riscos da Embraer são a Gamesa (responsável pela produção das asas, naceles do motor, carenagens da junção asa e fuselagem e as portas do trem de pouso principal), Sonaca (produção dos dois pilones dos motores e a fuselagem dianteira e traseira), C&D (cabine de passageiros e compartimento de bagagens) e Enaer (responsável pela confecção dos estabilizadores verticais, horizontais e o profundor).

Tabela 2.2 - Participação dos custos de desenvolvimento

Fontes de Recursos	Em %
Custos próprios de desenvolvimento	28
Contribuições de desenvolvimento para Embraer	11
Total de Parceiros	39
Embraer	31
BNDES	30
Total do projeto ERJ-145	100

Fonte: Embraer

A apresentação do ERJ-145 na Feira de Farnborough, em 1996, na Inglaterra, resultou na venda de 200 aeronaves para a empresa americana Continental Express (25 vendas firmes e 175 opções). O valor do contrato foi de US\$ 375 milhões. As primeiras entregas foram realizadas em 27 de dezembro de 1996. No ano seguinte, no Salão Aeronáutico de Le Bourget, na França, a Embraer, após uma disputa dramática com a

¹²¹ As duas últimas letras da nomenclatura da aeronave (EMB-145) posteriormente foram substituídas por RJ (*Regional Jet*). Esta nova convenção visava uma melhor inserção do modelo no mercado internacional, facilitando sua identificação por potenciais compradores do segmento regional. A nomenclatura EMB-145 passou a designar as aeronaves corporativas vendidas a governos.

Bombardier, conquistou o maior contrato de fornecimento de aeronaves (incluindo, ainda, peças de reposição e assistência técnica) de sua história, totalizando cerca de US\$ 3,3 bilhões (vendas firmes e opções). Segundo Bernardes (2000), este contrato representou a consolidação do processo de recuperação (e consagração) da Embraer no mercado internacional de *commuters*, permitindo a recuperação financeira e da produção de aeronaves nos três anos seguintes.

O desempenho do ERJ-145 foi provado nos ensaios realizados durante a fase de testes. Na época, a aeronave apresentou uma redução de cerca de 14% dos custos operacionais, quando comparado com o concorrente da Canadair Regional Jet, (cuja aeronave desfrutava sozinha do mercado de jatos regionais desde 1992), no trecho de 600 milhas náuticas. Além do melhor desempenho da aeronave, outro fator decisivo para a competitividade, praticado por todas construtoras de estrutura aérea pelo mundo, foi o financiamento estatal nas vendas de aeronaves. Segundo Bernardes (2000), o financiamento das vendas, através do BNDES, foi de fundamental importância, além das virtudes da aeronave e do preço competitivo, para a decisão de compra das companhias aéreas. O Finamex, na modalidade pós-embarque, permitiu financiar o importador (*buyers credit*) da mercadoria. Segundo o autor:

“O financiamento, sem dúvida, foi o fator determinante para o sucesso do negócio, cobrindo até 100% do valor da operação, a juros internacionais e num prazo de até 15 anos. O empréstimo de US\$ 1 bilhão, concedido pelo BNDES, para a exportação de 40 aeronaves ERJ-145, foi o maior já aprovado em toda a história do Banco. A disputa entre a Embraer e a Bombardier não se restringiu às pistas dos aeroportos. A Bombardier acusou o governo brasileiro de subsidiar a fabricação de aviões e questionou junto à Organização Mundial de Comércio (OMC) a modalidade de equalização de taxas de juros dos financiamentos concedidos pelo Proex (Programa de Financiamento à Exportação) do Banco do Brasil”.(p.26).

A trajetória tecnológica “pavimentada” a partir dos diversos modelos desenvolvidos (e licenciados) pela Embraer propiciou a concepção do EJR-145. Esta aeronave, concebida a partir da plataforma do Brasília, segundo Dagnino (1993), deveria compartilhar 75% dos componentes e sistemas do Brasília. No entanto, após alterações no projeto, os motores foram posicionados na cauda do avião, o mesmo posicionamento do CBA-123. Tais modificações acabaram por determinar um grau de comunalidade de 30% em relação às peças e componentes do Brasília, com alterações

inclusive na seção do nariz e cabine da aeronave. Tal fato serve para caracterizar a especificidade dos conceitos e inovações incorporadas no ERJ-145. De fato, o novo modelo não era simplesmente o Brasília esticado com motores a jato. É a partir desta observação que deve ser avaliado o sucesso da Embraer na venda de jatos regionais, a partir de 1996, ao aumentar sua participação no mercado de jatos regionais, sobretudo por ameaçar a posição privilegiada desfrutada pela sua rival a empresa canadense Bombardier. O fato da Embraer ter se movimentado após o lançamento da Bombardier, devido às condições adversas que atrasaram o lançamento de seu primeiro jato regional, pode induzir que ela adotou uma postura inovativa defensiva; contudo as modificações sofridas desde o projeto original acabaram por caracterizar uma postura estratégica ofensiva. Tal postura estratégica também caracterizou o lançamento da família 170/190.

SÍNTESE DO CAPÍTULO.

Na primeira seção do capítulo foi discutida, brevemente, a criação do CTA (ITA e IPD), buscando-se caracterizar a criação de um centro de pesquisa e desenvolvimento, voltado para as ciências aeronáuticas, e o processo interativo entre técnicos residentes e especialistas oriundos de outros países. Foi ressaltado o trabalho de consultoria fornecido pelo professor Richard Herbert Smith (MIT) e, ainda, o seu apoio na contratação de professores para a formação do corpo docente do ITA. Foi destacada, também, a importância da equipe do alemão Focke com o projeto Heliocoinair-Convertiplano.

Na seqüência, foi retratado o esforço para o desenvolvimento de uma aeronave com o intuito de atender a demanda doméstica (o Bandeirante) e a interação entre técnicos estrangeiros (fornecedores de subsistemas, componentes e avônica) e residentes para a montagem da aeronave. Foi destacada a criação da Embraer com a transferência do projeto Bandeirante (e Ipanema), de sua equipe técnica e ferramental do IPD para a recém criada fábrica. A partir de então, o capítulo se concentra em caracterizar a criação dos outros modelos (Xavante, os Pipers, Tucano, Xingu, Brasília e Vector) e a importância que o contato com fornecedores exerceu na formação de capacitação da Embraer.

Considerando a importância fundamental do governo na criação da Embraer, deve-se destacar, também, que o processo interativo de aprendizagem, proporcionado desde a criação do CTA, foi o fator de maior relevância para determinar a evolução de sucesso que estaria por vir, para empresa, com a criação e o lançamento do ERJ-145, a partir de 1996. Esta aeronave representa a materialização de todo o processo de aprendizagem desde o desenvolvimento do Bandeirante.

Foi o subsídio concedido à nova aeronave que motivou o contencioso entre o Brasil e o Canadá. Porém, durante a fase de desenvolvimento do ERJ-145, segundo Chagas Junior (2005), a tentativa de buscar um cliente de lançamento (*launch customer*) foi frustrada devido à “grande campanha negativa promovida pela Bombardier, que dizia que a Embraer não teria capacidade de produzir os aviões que estava projetando” (pg. 82). A postura da empresa canadense acabou por impossibilitar a diminuição do montante de investimentos necessários para cobrir os custos não recorrentes e reduzir o risco comercial do programa, já que o cliente de lançamento poderia adiantar uma parte do valor da compra durante o desenvolvimento da aeronave. Tal fato denota que o constrangimento decorrente da postura estratégica da Bombardier começou bem antes de 1996, ano que se inicia a venda do ERJ-145 e os primeiros contatos entre as autoridades brasileiras e canadenses para tratar a questão do subsídio.

A caracterização da evolução da Embraer, através das competências adquiridas no desenvolvimento de suas aeronaves serviu para demonstrar que as vantagens comparativas são representadas como um resultado *ex post* de multiprocessos de aprendizagens. Tal fato serve, também, para evidenciar que o desempenho macroeconômico da empresa aparece condicionado, em alguma medida, pelos processos que se desenvolvem no nível microeconômico e setorial, os quais estão relacionados às condições de aprendizado tecnológico. Estes fatos não são negligenciados pelos países desenvolvidos, fazendo parte de uma agenda de política industrial e comercial estratégica.

Tabela 2.3 - Aeronaves fabricadas pela Embraer

		ANOS																																										
MODELOS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07							
Xavante	05	23	20	22	24	14	17	21	15	6	15																																	
Bandeirante			13	25	35	52	21	39	53	73	67	32	10	23	02	04	07	10	02	08	01	02	0	0	01	01																		
Xingu								04	08	25	12	18	26	02	01	01	02																											
Tucano													26	57	49	35	45	54	10	05	0	01	05	08	18	15	0	6	0	0	0	0	01	0	24	14	-							
Brasília															06	20	38	46	54	55	35	15	10	07	20	17	10	13	07	0	02	0	0	0	0	01	-							
AMX																			04	05	08	07	06	01	04	03	05	10	03	01														
FAMÍLIA	ERJ-145 ^a																										04	32	60	80	112	104	82	57	87	46	12	-						
	ERJ-135																					16	45	27	03	14	01	02																
	ERJ-140																							22	36	16																		
LEGACY ^b																											03	07	09	13	13	20	26	-										
EMB-145 ^c																											01	01	01	01	01	-	-											
FAMÍLIA	E-170 ^d																									46	46	36	2															
	E-175																									14	11	4																
	E-190 ^d																									12	41	12																
	E-195																									3	2																	

Fontes: Elaboração própria a partir de: a) **1971-79**, Dagino (1993); b) **1980-95**, Bernardes (2000); e c) **1996-1º trimestre de 2007**, Embraer.

Notas: * Referente ao primeiro trimestre de 2007.

a) Para os anos de 2002-03, foi agregado o modelo ERJ-145 XR (ERJ-145=64+18=ERJ-145 XR e 21+36, para 2002 e 2003, respectivamente).

b) O Legacy é a aeronave corporativa (derivada do ERJ 135) nas versões: Executiva, Shuttle e para Transporte de autoridades (EMB 135). Para o ano de 2001 as versões são todas EMB 135. Todas as versões foram agregadas na tabela.

As 26 aeronaves entregues no ano de 2006 foram referentes ao modelo Legacy 600 (este modelo sofreu modificações significativas).

c) O EMB-145 é um modelo do segmento corporativo.

d) Foram agregados ao conjunto de aeronaves comerciais 4 modelos corporativos do EMBRAER 170 e 1 modelo corporativo do EMBRAER 190 (todas no ano de 2006).

Cap. 3 - Mudança tecnológica e concorrência na indústria de estruturas aéreas.

INTRODUÇÃO.

Considerando a relevância da mudança técnica na indústria de aeronaves, este capítulo busca delinear os principais eventos que, em alguma medida, governaram as trajetórias de inovação das construtoras de aeronaves comerciais a partir da década de 20. Segundo Rosenberg (1982), foi nesta época que a aviação comercial começou a se destacar. A coexistência de ações governamentais (associadas à natureza da complexidade sistêmica que representa a fabricação e a utilização da aeronave) exerceu forte influência na taxa de mudança técnica do ramo aeronáutico, impactando na estrutura e no desempenho do setor. No Brasil, como visto no capítulo anterior, o governo também esteve sempre presente no setor aeronáutico.

Na primeira seção são discutidas as ações do governo dos EUA na aviação comercial (indústria e transporte aéreo), que influenciaram o processo de inovação nesta indústria. Ao retratar tais ações, pretende-se esboçar os contornos da aviação comercial que antecederam a constituição da Embraer e que acabaram por influenciar a trajetória de inovação das firmas na indústria aeronáutica como um todo. Segundo Dagnino (1993), nenhum outro país tinha mercado suficiente compatível com a escala produtiva exigida para constituição de uma indústria aeronáutica. Este argumento, juntamente com os acordos internacionais sobre segurança e desempenho no campo da aviação comercial, determinou que este mercado sofresse um processo de internacionalização bem antes de outros produtos industrializados. Quanto à importância do governo para a inovação na indústria aeronáutica, Rosenberg (1982) destaca:

“A política governamental tem influenciado a inovação na indústria aeronáutica por meio de seu impacto sobre a demanda de aviões, tanto militares quanto civis, e por meio do apoio direto à pesquisa. Esse papel do governo também encorajou o desenvolvimento de uma estrutura setorial verticalmente desintegrada e um importante papel para as empresas subcontratadas.” (p. 246).

Uma aeronave comercial é composta por uma gama de componentes cuja operação conjunta acaba por determinar o desempenho do projeto. A incerteza quanto ao resultado da criação é mais sobressalente nesta indústria, devido à complexidade

sistêmica do produto. Desta forma, o desempenho da aeronave (mesmo considerando os avanços nas técnicas produtivas com a utilização crescente de computadores) somente é conhecido após sua utilização. Esta incerteza tecnológica tem o efeito de introduzir uma dimensão adicional no processo de inovação, caracterizada pela aprendizagem pelo uso. Foi também devido à complexidade sistêmica da aeronave que o setor acabou por se beneficiar como tomador de empréstimos tecnológicos, inspirando um fluxo intersetorial de inovações (como o da indústria metalúrgica e de materiais, com novas ligas metálicas e materiais compostos, da química e petrolífera, com melhores combustíveis e da indústria de produtos eletrônicos, com a aviônica).

Uma forma de delinear os avanços técnicos ocorridos na indústria aeronáutica é através do conceito de *design* dominante (conforme visto no primeiro capítulo). A inserção de um padrão de referência tem o efeito de redefinir o processo de concorrência e a taxa de mudança tecnológica, constituindo um prenúncio da maturidade do ciclo produtivo. Utterback e Suárez (1993) destacaram, em seu modelo, que as firmas inovadoras seriam aquelas que viessem do “lado de fora” da indústria. No entanto, na indústria aeronáutica tais firmas já estavam constituídas quando as inovações foram introduzidas no processo competitivo. Este fato, ao mesmo tempo em que retrata o comportamento não convencional das firmas neste setor, demonstra, também, que certas firmas adotaram deliberadamente estratégias de inovação de espectro ofensivo-defensivo, buscando com isto a liderança tecnológica e mercadológica. Na verdade, a natureza complexa do avião compele as construtoras a adotarem tal postura estratégica. Dentro destas observações, a segunda seção busca identificar os principais *guideposts* que surgiram na indústria de aeronaves comerciais e que serviram como referência no processo competitivo.

Complementando o tópico anterior, a terceira seção retrata o processo de concentração na indústria aeronáutica, buscando caracterizar o novo cenário competitivo e os principais atores no segmento de jatos regionais (Embraer e Bombardier). As outras construtoras de aeronaves de grande porte (Boeing e Airbus) são evocadas na medida em que for necessário contrastar com as de médio porte, ou para explicar de maneira mais adequada a evolução da indústria aeronáutica como um todo.

3.1 - Ações do governo.

Rosenberg (1982) divide a evolução da indústria aeronáutica comercial em quatro períodos distintos. O primeiro vai de 1920 a 1934 no qual o transporte da aviação comercial, conjugado com a construção de aeronaves para este segmento, começa ganhar importância. O segundo período é iniciado a partir de 1934, com a separação entre a indústria de aeronaves e de transporte aéreo através da lei do correio aéreo, e vai até 1940. O período da Segunda Guerra Mundial define a terceira fase da indústria aeronáutica, onde praticamente deixou de existir o transporte aéreo comercial. No entanto, devido à grande produção de aeronaves militares foi possível explorar ao máximo os ganhos de escala e de aprendizado. A quarta fase, do pós-guerra até meados dos anos 1970, é caracterizada pelo reaquecimento da aviação comercial e a atuação do agente regulador (*Civil Aeronautics Board - CBA*). Nesta época, diversas construtoras de estruturas aéreas apresentaram dificuldade financeira devido à competição predatória via preços, ao mesmo tempo em que as companhias de transporte aéreo concorriam em qualidade pressionando a cadência da mudança técnica na indústria aeronáutica. Pode ser acrescentado, ainda, um quinto período relativo ao processo desregulamentação do mercado de transporte aéreo americano, iniciado na segunda metade da década de 70, conjugado com os efeitos dos dois choques do petróleo. Foi nesta época que a malha aeroviária mais pulverizada, com fortalecimento do sistema *hub-and-spoke*, propiciou a utilização de aeronaves regionais (*commuter*), ou seja, aeronaves de corpo menor (*narrow-body*), ao mesmo tempo em que os fabricantes de motores (a jato ou a hélice) se empenhavam em desenvolver equipamentos que propiciassem melhor desempenho. A conjugação destes fatos marginais contribuiu para o primeiro lançamento da Embraer (o Bandeirante) no mercado americano a partir de 1978.

3.1.1 - 1ª Fase: (1920-34). Constituição da indústria de aviação comercial.

Entre 1920 e 1934 a produção de aeronaves militares e da aviação comercial começou a se diferenciar gradativamente¹²². A importância do governo como principal comprador de aviões ficou evidenciada após o final da Primeira Guerra Mundial, quando a produção de aeronaves, segundo Holley (1964) *apud* Rosenberg (1982), declinou de 14 mil unidades em 1918 para 263 em 1922. A produção foi alavancada a partir de 1926 com a encomenda de 26 mil aeronaves militares com entregas escalonadas até 1931. Na mesma época, em 1925, o governo americano resolve intervir no mercado de transporte de correspondências através da lei *Kelly* do Correio Aéreo. Com ela foi transferida a responsabilidade do transporte aéreo de correspondências para a iniciativa privada. A lei vinculou ao contrato um subsídio que seria concedido às concessionárias que adotassem novas tecnologias nos aviões de carga (como por exemplo, uso de rádio e instrumentos de navegação, ou mais de um motor na aeronave). As concessionárias responsáveis pelo transporte de correspondências eram pagas com base no peso transportado. Durante este período, os fabricantes desenvolveram suas aeronaves visando atender o transporte de correspondência e não o de passageiros (um exemplo é o Boeing 40).

De acordo com Mowery e Rosenberg (1998), foi durante os anos 20 que se iniciou a construção de uma infra-estrutura (rede de rádios, pistas de pouso e equipamentos de controle aéreo) para o sistema de transporte aéreo civil. O transporte aéreo de passageiros começou a ganhar importância no final da década de 20. Eles destacam que, entre 1927 e 1937, o mercado comercial foi responsável por 42% das vendas de aeronaves nos EUA (o tráfego de passageiro quase inexistente em 1927 tornou-se, em 1930, maior do que o total do resto do mundo). Os anos 20 marcaram também um período ímpar na história da indústria aeronáutica, onde uma série de fusões de empresas criou uma estrutura verticalmente integrada que combinava o transporte aéreo, a produção de estruturas e a fabricação de motores.

¹²² As aeronaves construídas antes (apesar do grande avanço tecnológico ocorrido durante a Primeira Guerra Mundial) possuíam uma arquitetura que não possibilitava a sua utilização comercial. Contudo, elas eram o prenúncio dos modelos comerciais que estariam por vir.

Uma nova lei de 1930, a *McNary-Watres*, redefiniu a forma de pagamento às concessionárias segundo a distância percorrida pela aeronave; o qual era realizado independentemente do transporte de correspondências. A nova lei estipulava, ainda, pagamentos extraordinários a transportadores que incorporassem em suas aeronaves facilidades para auxílio à navegação (como rádio) ou mais de um motor (na prática foram mantidos os incentivos da lei *Kelly* de 1925). Foi através da lei *McNary-Watres* que o governo americano reestruturou o transporte aéreo, ao desenvolver um pequeno número de transportadoras transcontinentais financeiramente forte, antevendo um mercado de grande porte para aviões de passageiros maiores e mais confortáveis¹²³. Esta reestruturação acabou por influenciar o formato das grandes construtoras de estruturas aéreas, ao mesmo tempo em que delineava as principais companhias aéreas que passariam a operar nos troncos principais (*hub-and-hub*).

3.1.2 - 2ª Fase: (1934-40).

Desverticalização na indústria e no transporte aéreo.

A concentração do mercado acabou por gerar reações culminadas com uma nova lei do correio aéreo em 1934, iniciando a segunda fase da indústria aeronáutica comercial que foi até o início da Segunda Guerra Mundial. Rosenberg (1982) destaca que apesar das críticas à lei *McNary-Watres* de 1930, a sua vigência coincidiu com o rápido crescimento do tráfego aéreo de passageiros e com a introdução de aeronaves com fuselagem monocoque (toda em metal), como o B-247 e o DC-2, que foi de grande importância para a evolução dos modelos posteriores. Com a nova lei do *Air Mail* de 1934, os fabricantes de aeronaves foram obrigados dissolver suas empresas integradas da indústria aeronáutica e de transporte aéreo. Este dismantelamento, ao redesenhar a estrutura produtiva, permitiu que as empresas subcontratadas começassem a ganhar importância no novo cenário (no capítulo anterior foi destacado que as autoridades brasileiras buscaram constituir também uma indústria aeronáutica desverticalizada). Tal constituição certamente facilitou a difusão de informação no âmbito do regime de produção por subcontratação. O pagamento das concessões postais voltou a ser baseado

¹²³ Segundo relatório sobre a aviação comercial *apud* Rosenberg (1982), em 1933 dezoito dos vinte contratos para o transporte de correspondência estavam em poder de três grupos empresariais: a *United Aircraft e Transport Co.* (United); a *Aviation Corporation* (American) e a *North American Aviation / General Motors* (TWA e Eastern). Elas voaram 26.675 das 29.212 milhas de rotas aéreas e receberam US\$ 18,2 milhões dos US\$ 19,4 milhões pagos as concessionárias do correio aéreo entre maio de 1929 e o final de 1933.

no peso transportado, mas atribuído ao licitante com menor preço. Os incentivos para o melhoramento das aeronaves, em virtude da adoção de novas tecnologias que fizeram parte da política para setor desde 1925, também foram cessados com o advento da nova lei.

3.1.3 - 3ª Fase: Segunda Guerra Mundial. Ganhos de escala.

A terceira fase da indústria aeronáutica é iniciada com a eclosão da Segunda Guerra Mundial. A indústria aeronáutica comercial praticamente deixou de existir devido ao esforço de guerra coordenado pelo governo dos EUA (onde ocorreram grandes encomendas de aeronaves militares) e ao próprio ambiente hostil. Rosenberg (1982) destaca que nesta fase foi adotado explicitamente o regime de subcontratação (ao mesmo tempo em que o controle de patentes foi reduzido), dando maior atenção à engenharia de produção e a máxima exploração de economias de escala e das curvas de aprendizagem (a pesquisa interna e os setores de engenharia foram expandidos nesta época). Hirsch (1952) *apud* Nelson e Winter (1982) apontou para três mecanismos diferentes em funcionamento no processo: 1) os trabalhadores aprenderam a realizar melhor suas tarefas; 2) a administração aprendeu a se organizar como maior eficiência; e 3) os engenheiros redesenharam o produto para facilitar as tarefas e para substituir o trabalho onde fosse possível e econômico fazê-lo. Bernardes (2000) também destaca que, na época, a co-produção permitiu que os projetos de construtoras como a Boeing, Douglas e North American fossem mutuamente compartilhados. A North American construiu cerca de 43.000 aviões entre 1939 e 1945, seguido da Douglas que produziu cerca de 30.000 aviões de ataque, bombardeio e de transporte de carga. Parte da herança da Boeing é decorrente do esforço de produção combinado destas construtoras no período.

3.1.4 - 4ª Fase: Pós-guerra até meados da década de 1970. Competição predatória e alteração na dinâmica da mudança técnica.

Nesta época, o governo começou a regular as concessões de rotas aéreas, a tarifação e o preço das passagens aéreas, através da *CAB (Civil Aeronautics Board)*. Segundo Bernardes (2000), o mercado doméstico dos EUA representava cerca de 60% do mercado mundial, em 1960. A competição de preços no transporte aéreo tornou-se inexistente. Contudo, a concorrência das companhias aéreas em troncos principais (*hub-and-hub*) acabou por intensificar a competição via qualidade dos serviços. A competição via preços entre os fabricantes de estruturas aéreas continuou intensa mesmo considerando o aumento da concentração dos produtores. Este comportamento desconcertante é uma característica da indústria aeronáutica que foi destacada por Rosenberg (1982), ou seja, “uma feroz competição de preços coexistindo com níveis de concentração de produtores muito altos e uma significativa diferenciação de produtos” (p.245). Ele afirma que uma das razões para tal comportamento foi decorrente do relacionamento (similar a um oligopólio bilateral) entre fabricantes de aeronaves e companhias aéreas até 1978 (ano em que ocorre a desregulamentação do transporte aéreo). A competição era levada aos extremos, comprometendo inclusive a saúde financeira das construtoras (que passaram a competir também com menores prazos de entregas). O resultado foi a fusão da McDonnell e da Douglas Aircraft, com ajuda do governo federal, em 1967 (resgatando a Douglas da bancarrota). A Lockheed¹²⁴ foi socorrida da falência em 1971 com uma garantia de um empréstimo federal de US\$ 250 milhões. Rosenberg (1982) destaca que “em graus sem precedente, o governo federal esteve diretamente envolvido na determinação da estrutura da indústria aeronáutica comercial nos anos 1960 e 1970” (p.252).

Durante boa parte do período pós-guerra a indústria de aviões comerciais foi beneficiada pelos desenvolvimentos na indústria de defesa (motores e aviões militares). De acordo com Rosenberg e Mowery (1998), os gastos militares dos EUA em P&D foram responsáveis por mais de 70% dos gastos da indústria em P&D durante o período. Os aviões militares, ao incorporarem os novos conceitos sobre motores, componentes

¹²⁴ A Lockheed deixou de fabricar aeronaves comerciais em 1986. A partir deste ano passaram a existir somente três grandes construtores de aeronaves comerciais no ocidente (Boeing, McDonnell Douglas e Airbus).

eletrônicos e materiais tinham o efeito de transferi-los para o segmento comercial, com a comutação tecnológica intersetorial passando primeiramente pela aviação militar. Um exemplo foi o custeamento de uma parcela dos gastos de desenvolvimento do Boeing 707 (primeira aeronave a jato capaz de cruzar o Atlântico com mais de 100 passageiros) pelo KC-135 (um avião tanque militar movido a jato)¹²⁵. Este movimento de transferências tecnológicas (outros setores → projetos militares → aeronaves comerciais) perde fôlego durante os anos 1970, tornando-se mais evidente à medida que a corrida armamentista era arrefecida¹²⁶. Rosenberg (1982) destaca esta alteração afirmando que:

“Desde os anos 1970 o significado econômico dessas transferências do âmbito militar para o civil foi diminuindo na indústria de aeronaves comerciais. De fato, o avião tanque mais recente, o KC-10, foi baseado no desenho de uma estrutura civil, a do DC-10 da Douglas.” (p.82)

Esta alteração teve o efeito de diminuir a cadência da mudança técnica que era catalisada por projetos militares. Neste momento o segmento das construtoras de aeronaves comerciais começa a adquirir importância na taxa de mudança técnica no ramo industrial (outros setores → aeronaves comerciais → projetos militares)¹²⁷. Segundo Rae (1968), *apud* Rosenberg (1982), durante os anos 30, a subcontratação representou menos de 10% das operações do setor. Mas na metade da década de 1950 cerca de 40% do trabalho de montagem do Electra da Lockheed foi subcontratado. Na montagem do Boeing 747 (o Jumbo) foi subcontratada 70% de sua montagem¹²⁸. Com

¹²⁵ A análise da mudança técnica na indústria aeronáutica torna o debate teórico, a respeito da origem de tal mudança (se motivadas pelos avanços científicos, *Technology Push* ou pelas necessidades das sociedades, *Market Pull*), ocorrido entre a década de 50 e o início da de 70, estéril. Uma vez que as duas modalidades coexistiram através da P&D subsidiada pelo governo e pelas suas compras, considerando-se a demanda como o evento relevante, ou seja, sem caracterizar se a demanda é estritamente realizada pelo mercado.

¹²⁶ No entanto, é importante destacar que os gastos militares mundiais permaneceram elevados até a metade da década de 1980. Foi a mudança na estratégia geopolítica de gastos militares que lançou a Embraer em uma situação de privação dos recursos necessários para investimento em P&D. Este fato acabou por contribuir para sua privatização em 1994.

¹²⁷ Certamente a nova dinâmica da mudança técnica teve o efeito de favorecer a implementação de uma empresa autóctone no Brasil, que consubstanciada com a importância gradativa do regime de subcontratação do setor (movimento que tem suas origens no processo de desverticalização produtiva empreendida nos EUA), acabou por contribuir para a evolução consistente da Embraer, ao mesmo tempo em que redefinia o papel das construtoras de estruturas aéreas no transporte aéreo contribuindo para a origem do *design* dominante e a redefinição do mercado com “novos” poucos construtores.

¹²⁸ Com o regime de subcontratação, as construtoras procuravam compartilhar os custos mais elevados, devido à diminuição dos gastos em P&D militar associado com o aumento dos custos de produção decorrentes da especialização da produção. Esta modalidade produtiva caracteriza a produção de

este modelo, o transporte aéreo comercial entrou, em 1970, na “Era dos grandes jatos” de fuselagem larga, *wide-body*, com capacidade de transportar mais de 370 passageiros.

3.1.5 - 5ª Fase: Desregulamentação e os choques do petróleo. Definição do mercado para a aviação regional.

O forte controle que a *CAB (Civil Aeronautics Board)*¹²⁹ exerceu sobre as concessões de rotas aéreas, ao mesmo tempo em que permitiu a consolidação dos grandes construtores e companhias aéreas, acabou por inibir o desenvolvimento das aeronaves de menor porte (*narrow-body*) e de suas rotas regionais. Na época, o preço das passagens aéreas era determinado em função da distância (na rota), do volume de tráfego e de uma margem de retorno para companhias aéreas. Esta situação induziu as companhias aéreas a explorar os troncos mais lucrativos (*hub-and-hub*). O tabelamento dos preços, ao criar uma rigidez, resultou na busca de menores custos operacionais das aeronaves, através do processo de mudança técnica, cuja cadência era incentivada pelas companhias aéreas, possibilitando um aumento dos lucros das companhias aéreas, *ceteris paribus*, sem que um custo significativo recaísse sobre elas. Esta situação somente começa a ser modificada com o advento da primeira crise do petróleo quando os custos operacionais das companhias aéreas começaram a subir. A tabela 3.1 mostra a participação dos gastos em combustível no custo total operacional das companhias que utilizaram aeronaves de grande porte com motores a jato. Os custos das companhias aéreas foram fortemente afetados pela elevação dos preços do petróleo.

aeronaves de uma forma específica, e, de uma forma geral, as indústrias de bens complexos. Como será visto na próxima seção, o advento do motor a jato também contribuiu para elevação dos gastos em P&D contribuindo ainda mais para a busca de parcerias.

¹²⁹ A CAB foi criada em 1948, assim como a FAA - *Federal Aviation Administration*, como resultado da divisão das atribuições da CAA - *Civil Aviation Administration*. O primeiro órgão ficou responsável pela regulação do transporte aéreo enquanto o segundo pela parte técnica e de certificação de aeronaves. No Brasil, atualmente, estas funções são realizadas pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), sendo o órgão homologação o CTA (Centro Técnico Aeroespacial).

Tabela 3.1- Participação dos Gastos em combustível no custo operacional

ANO	PREÇO DO COMBUSTÍVEL (1972, ano base)	PARTICIPAÇÃO NOS CUSTOS OPERACIONAIS DAS COMPANHIAS AÉREAS (dos EUA), em %
1970	93,7	12,7
1971	97,0	12,6
1972	100,0	12,0
1973	109,3	12,2
1974	208,0	17,4
1975	249,7	19,1
1976	271,6	19,5
1977	310,6	20,5
1978	336,8	20,1
1979	496,0	25,1
1980	766,1	30,5
1981	892,7	30,3
1982	841,6	28,1

Fonte: Air Transport Association of America, Inc., Aerospace Facts and Figures, 1983/1984, p. 98. In: The Competitive Status of the U.S. Civil Aviation Manufacturing Industry (A Study of the Influences of Technology in Determining International Industrial Competitive Advantage - NATIONAL ACADEMY PRESS WASHINGTON, DC 1985).

O desinteresse combinado das construtoras (em produzir aeronaves de fuselagem de corpo menor) e das companhias aéreas (na exploração de troncos menos lucrativos) se auto-reforçaram em função das condições estabelecidas. Ademais, a forte insatisfação de cidades menores que eram mal servidas pelo transporte aéreo, teve o efeito de conduzir a desregulamentação do transporte aéreo comercial¹³⁰, em 1978. Segundo Dagnino (1993), com a desregulamentação do transporte aéreo regional norte-americano, foram suspensas as exigências de utilização de grandes aeronaves nas linhas de baixo tráfego (ou seja, em curtas distâncias). Isto abriu um vasto mercado para aviões de vinte assentos como o Bandeirante.

O efeito imediato da desregulamentação foi o aumento da competição entre companhias aéreas com redução dos preços das passagens. Tal redução, associada com o menor número de passageiros em certas rotas e a adversidade decorrente dos dois

¹³⁰ A Lei que introduziu a política de “céus abertos” (*open skies*) foi precedida por um período de desregulamentação administrativa que começou em 1975. O processo foi encerrado em 31/12/1985.

choques do petróleo, acabou por contribuir para um rearranjo no tamanho da aeronave com o intuito de viabilizar a operação em certas rotas menores e com pouco movimento de passageiros. As companhias aéreas buscaram compatibilizar as novas necessidades do mercado mais competitivo com a taxa de ocupação da aeronave (*load factor*)¹³¹. O objetivo era que a carga efetivamente paga justificasse as operações nas rotas aéreas estabelecidas e nas novas rotas de curta e média distância que surgiram após a desregulamentação. Segundo um estudo (1985) sobre a tecnologia e competitividade na indústria de aeronaves comerciais¹³², as companhias aéreas modificaram suas estratégias de planejamento das rotas em resposta à desregulamentação. Os vôos entre duas cidades, que eram realizados com frequência anteriormente, do tipo *nonstop* (*nonstop city-pair routes*), foram gradativamente sendo substituídos por uma estratégia de rota de um centro para periferia (*hub-and-spoke*). Na nova configuração, as cidades centrais (*hub cities*) escolhidas tiveram suas posições fortalecidas, acarretando em uma nova distribuição na malha aeroviária, com o tráfego crescente para outras cidades sendo distribuído a partir das *hub cities*. Deste modo, o número de companhias aéreas das principais rotas (*major airlines*) que passou a atender os centros principais (*major hubs*) cresceu significativamente, enquanto os aeroportos de baixo tráfego foram deixados para companhias aéreas regionais, aumentando o fluxo das rotas regionais (*regional airlines*). Os pesquisadores constataram também que o número de vôos *nonstop* muito distantes acabaram sendo reduzidos com o intuito de melhorar o *load factor* das aeronaves.

A tabela 3.2 mostra que o número de aeroportos servidos exclusivamente por aeronaves de grande porte, operando em rotas principais, reduziu-se em 79% entre 1978 e 1982. A contrapartida da redução foi a elevação em 58% no número de aeroportos servidos exclusivamente por aeronaves regionais. O mesmo efeito foi verificado nos aeroportos onde os dois segmentos de aeronaves operaram conjuntamente. De acordo

¹³¹ O fator carga retrata a taxa de ocupação da aeronave. Ele é obtido pela divisão entre o *RPK* (*Revenue Passenger Kilometre*) e o *ASK* (*Available Seat Kilometre*). O *RPK* é obtido ao multiplicar-se o nº de pagantes pela distância voada em quilômetros e o preço pago pela passagem. O *ASK* é calculado de forma similar, porém deve-se considerar o nº de assentos disponíveis. Estes índices podem ser calculados também em milhas.

¹³² The Competitive Status of the U.S. Civil Aviation Manufacturing Industry (A Study of the Influences of Technology in Determining International Industrial Competitive Advantage - NATIONAL ACADEMY PRESS WASHINGTON, DC 1985)

com o relatório da *U.S. International Trade Commission*¹³³, de 1993, no período de atuação da *CAB* o sistema *hub-and-spoke* foi fortemente inibido. No entanto, o processo de desregulamentação permitiu que o sistema fosse fortalecido, ao mesmo tempo em que as grandes companhias aéreas se concentravam no transporte de passageiros para um ponto central (*hub*), melhorando a taxa de ocupação das aeronaves sem um aumento significativo nos custos dos serviços ponto a ponto (*point to point*), decorrente da redução dos vôos *nonstop*.

Tabela 3.2 - Aeroportos para aviação de grande porte e regional

		1978	1981	1982	Mudança entre 1978/82 (%)
AEROPORTOS SERVIDOS	Aeronaves regionais (<i>Regional / commuters</i>)	630	766	817	+ 30
	Aeronaves de grande porte (<i>Major / Nationals</i>)	673	389	323	- 52
AEROPORTOS SERVIDOS EXCLUSIVAMENTE	Aeronaves regionais (<i>Regional / commuters</i>)	359	504	566	+ 58
	Aeronaves de grande porte (<i>Major / Nationals</i>)	230	80	49	- 79

Fonte: *Fairchild Industries*. Em: *The Competitive Status of the U.S. Civil Aviation Manufacturing Industry (A Study of the Influences of Technology in Determining International Industrial Competitive Advantage - NATIONAL ACADEMY PRESS WASHINGTON, DC 1985)*.

Segundo Dagnino (1993), o maior impacto da desregulamentação foi presenciado na categoria de aeronaves na faixa de 30 a 40 assentos, que cresceu 550% nos oito anos posteriores a 1978. A Embraer iniciou as exportações para os EUA no mesmo ano em que ocorreu a desregulamentação do mercado de transporte aéreo, sendo que, dos cerca de 400 Bandeirantes construídos pela Embraer, 246 foram exportados, principalmente, para companhias norte-americanas¹³⁴. O Bandeirante na época se

¹³³ Global Competitiveness of U.S. Advanced-Technology Manufacturing Industries: Large Civil Aircraft (WASHINGTON, DC august 1993).

¹³⁴ Segundo a Revista Flap internacional (Embraer: Uma História de Sucesso, junho de 1994) entre 1975 e 1992 foram exportados 241 Bandeirantes; enquanto antes da desregulamentação foram exportados 25 modelos, nos três anos consecutivos foram exportados 145 Bandeirantes.

defrontou com um vasto mercado potencial em que havia apenas três fabricantes concorrendo no segmento de 10 até 20 passageiros (Fairchild, Beech e De Havilland)¹³⁵. Ele acabou por conquistar 32% do mercado dos EUA neste segmento, o que representou 62% das importações daquele país no segmento, em 1982. A competitividade do Bandeirante era decorrente de seu baixo custo de aquisição e manutenção (possuindo mecânica simples), além de condições favoráveis de financiamento.

Os financiamentos concedidos aos compradores do Bandeirante pelo governo brasileiro, associados ao aumento da participação no mercado americano, acabaram por motivar uma queixa junto à *ITC (International Trade Commission)*, no final de 1981, pela Fairchild Aircraft Corporation. Na época, esta construtora fabricava o Merlin (turboélice para transporte corporativo) e o Metro, com capacidade para 19 passageiros, (turboélice derivado do Merlin e destinado ao transporte regional). O Metro era o concorrente direto do Bandeirante (EMB-110P1 e P2)¹³⁶. Contudo, devido ao sistema de pressurização do Metro, o Bandeirante não era pressurizado, o preço final da aeronave era mais elevado. O sistema de pressurização também tornou a aeronave mais pesada que o Bandeirante. Estas inovações incorporadas no Metro elevaram seu custo operacional na ordem de 10% a 15% quando comparado ao do Bandeirante. Apesar da melhor especificação técnica do Bandeirante, permitindo maior aderência às preferências da época, a Fairchild acusou a Embraer de se beneficiar de subsídios concedidos pelo governo brasileiro, nas vendas de seus aviões. O processo durou cerca de dois anos com a Embraer se livrando da acusação de praticar comércio predatório. A linha de crédito concedida através do programa do Finex (Fundo de Financiamento às Exportações) continuou a prevalecer.

A restrição ao consumo de combustível trazida pelas crises do petróleo veio a favorecer o avião turboélice brasileiro em relação a seus competidores com motor a jato, tornando o Bandeirante uma alternativa muito mais econômica. Segundo Silva (2005), as duas crises do petróleo geraram turbulências no mercado aeronáutico ao conter as

¹³⁵ Segundo Silva (2005), o Bandeirante tinha como principais concorrentes: o Twin Otter (De Havilland) e o Beechcraft 99 (Beech Aviation Company).

¹³⁶ O P3 era para ser o Bandeirante pressurizado, todavia depois da realização de estudos de especificação, por Hans Swoboda (um dos alemães do antigo Grupo Focke), foi constatado que o novo modelo ficaria muito pesado, tornando seu custo operacional muito elevado.

expectativas de utilização dos motores a jato no segmento da aviação regional (mais preferível, do que os turboélice, pelos usuários). A tecnologia do motor a jato ainda não proporcionava um gasto que justificasse sua plena utilização em rotas regionais. Estes fatos consubstanciados também contribuíram para o sucesso do EMB-120 (Brasília). Tal incompatibilidade, entretanto, começou a mudar a partir do final da década de 80, quando os efeitos da crise do petróleo praticamente desapareceram. No mesmo período, o avanço tecnológico possibilitou também que ocorresse uma melhoria no desempenho dos motores a jato com a redução do gasto de consumo de combustível. Foi neste contexto que a Embraer resolveu rever sua estratégia de utilização de motores a jato com a o início do desenvolvimento do EMB-145. Esta postura também foi tomada pela Canadair (futura Bombardier). Tal estratégia de inovação foi perseguida por outras construtoras no segmento. Entretanto, somente a Embraer e a canadense Bombardier obtiveram sucesso na harmonização necessária entre os diversos sistemas, subsistemas e componentes na constituição de uma aeronave regional propelida a jato.

3.2 - Mudança técnica por um enfoque na aeronave.

Com o intuito de mapear os principais avanços técnicos aeronáuticos, de modo a referenciá-los com a trajetória delineada pela a Embraer, esta segunda seção retrata os principais eventos tecnológicos (*technological guideposts*) ocorridos na indústria da aviação comercial, que deram contornos ao formato atual do ramo. Na primeira parte é discutido o advento do DC-3 que representou um divisor de águas entre os projetos antigos e a nova geração de aeronaves¹³⁷. Ele acabou por ser o padrão de referência de muitos projetos a partir da segunda metade da década de 30.

Na segunda parte é destacado o surgimento do motor a jato na década de 50. Ele representou o segundo evento mais importante, impactando fortemente na estrutura de custos dos construtores, ao mesmo tempo em que condicionou a evolução dos *designs* posteriores da aviação comercial. Esta nova realidade teve o efeito de tornar muito importante a maximização da produção de um dado projeto de aeronave. A nova dinâmica dos elevados gastos em desenvolvimento de aeronaves a jato em conjunto com o arrefecimento dos gastos militares em P&D, acabou por contribuir com o processo de reestruturação da indústria aeronáutica no final da década de 80.

3.2.1 - O Douglas DC-3.

Durante os anos 30, o transporte de passageiros, em vez de correspondência, tornou-se a atividade principal das transportadoras aéreas. O lançamento do DC-3, na primeira metade da década de 30, teve o efeito de introduzir a Douglas como a grande fornecedora de aeronaves para o transporte de passageiros. O mercado militar até 1938, embora menor que o comercial, foi o que manteve as outras construtoras operando. Apesar da menor dimensão do mercado, o valor unitário maior das aeronaves militares evitou que outros construtores fossem condenados ao desastre financeiro. De acordo com Rosenberg (1982), entre 1934 e 1940, existiam quatro produtores de estruturas e

¹³⁷ Segundo Bernardes (2000), o verdadeiro início da aviação comercial moderna é marcado com o lançamento do Boeing 247, em 1933. Esta aeronave era toda em metal, com asas cantilever e trem de pouso retrátil (inovações absorvidas pelo DC-3). O DC-3 era mais largo e possuía asas maiores que propiciaram menores custos operacionais permitindo sua rápida aderência ao mercado de transporte comercial.

dois de motores. Firmas como a Boeing, Curtiss, Lockheed e Martin, em grande parte foram excluídas do mercado comercial depois de 1934 pelo domínio do DC-3 da Douglas. Esta aeronave representou, naquele momento, a inovação mais importante na história da aviação comercial.

O DC-3 era uma aeronave com capacidade de transportar entre 21 e 34 passageiros. Ela transportou, segundo Rosenberg e Mowery (1998), 95% de todo tráfego aéreo comercial dos EUA em 1938, e foi usada por 30 companhias aéreas no exterior, tendo sido produzidas cerca de 13 mil unidades, incluindo as versões militares¹³⁸. A aeronave era a síntese dos avanços tecnológicos da época, incorporados em um conjunto variado de tecnologias de componentes e materiais que sofreram modificações e melhorias contínuas no *design* e na fabricação. Ela incorporou melhorias no desenho desenvolvidas tanto nos EUA quanto na Europa, muitas delas somatórias de modelos anteriores, o DC-1 e DC-2. O DC-3 conseguiu harmonizar os diversos componentes em seu *design*. Ele era um bimotor que incorporava melhorias no *design* de motores, operando com motores radiais resfriados a ar e com capotas para reduzir o atrito do ar que permitiam um melhor desempenho. Suas asas incorporaram abas (*flaps*), com vigas em balanço (*cantilever*). Tinha o formato aerodinâmico monoplano-multicelular metálico e o seu trem de pouso era retrátil. Sua estrutura era constituída por duralumínio. Um indicador do avanço no desempenho econômico destacado na tabela 3.3 - associado ao valor dos custos operacionais comparados, em termos de centavos por assento disponível / milha - ajuda a compreender o sucesso que esta aeronave representou para o transporte aéreo comercial. Seu custo operacional era cerca de 60% menor que o B-247, aeronave com menor custo operacional antes de seu lançamento.

¹³⁸ Durante a Segunda Guerra foram produzidas algumas versões (através de licenciamento) na Rússia, os Lisunov Li-2.

Tabela 3.3 - Custos operacionais comparados

Operações em voo								
Aeronaves ¹	Ano de introdução	nº de assentos por passageiros	Pessoal de bordo	Combustível e óleo	Total ²	Manutenção direta	Depreciação	Total
Ford Trimotor	1928	13	0,72	0,47	1,34	0,67	0,62	2,63
Lockheed Vega	1929	6	1,01	0,28	1,56	0,58	0,37	2,51
Boeing 247	1933	10	0,74	0,36	1,19	0,43	0,49	2,11
Douglas DC-3	1936	21	0,34	0,28	0,69	0,24	0,34	1,27

Fonte: Miller & Sawers, 1968 *apud* Rosenberg e Mowery (1998).

Observações:

- (1) Principais aviões de transporte comercial entre as duas Guerras Mundiais.
- (2) O campo "Total" das operações de voo incluiu outros custos mistos (como: seguro e provisões para avarias), além do pessoal, combustível e óleo.

3.2.2 - O surgimento do motor a jato.

O motor a jato foi outra importante inovação após o advento do DC-3. Os primeiros estudos foram realizados na Inglaterra e na Alemanha durante a década de 30. Ele chegou a ser utilizado nos meses finais da Segunda Guerra e na Guerra da Coreia, contudo sua utilização comercial somente se iniciou durante as décadas de 50 e 60. O Comet da De Havilland¹³⁹, utilizado pela companhia britânica Overseas Airline Corporation, foi a primeira aeronave a jato comercial a operar a partir de 1952. Ela possuía capacidade de transportar 36 passageiros e podia atingir 850 Km/h. Problemas técnicos posteriores da aeronave, decorrentes da falha em prever a fadiga dos metais de sua fuselagem quando em voo¹⁴⁰, acabaram por resultar no cancelamento do projeto em 1964. Este evento serviu para demonstrar que o componente de incerteza arraigado no

¹³⁹ Segundo Bernardes (2000), a empresa francesa Sud Aviation (predecessora da Aérospatiale), no final dos anos 50, lançou o Caravelle que também utilizou motor a jato.

¹⁴⁰ Em 1954 duas aeronaves explodiram quando sobrevoavam o oceano. Um terceiro acidente, em 1956, teve o efeito de zerar a carteira de pedidos da De Havilland inviabilizando de vez sua produção.

novo modelo e a importância do conhecimento estocado pelo processo de *learning-by-using*.

A aviação comercial a jato começou a ganhar consistência com o lançamento do Boeing¹⁴¹ 707, em 1958, seguido pelo DC-8, da Douglas e o Convair 880, da General Dynamics. Nelson e Winter (1982) afirmam que “o advento do Boeing 707 e do DC-8 representou o início de um novo ciclo de produto dentro da indústria aeronáutica civil.” (p. 374). Estas aeronaves possuíam dois motores sob cada asa. As asas do 707 apresentaram uma angulação de 35° para trás, um prenúncio para os novos modelos. O aprendizado decorrente da produção e utilização dos primeiros modelos implicou em vários aperfeiçoamentos subseqüentes, como as versões encurtadas (a série 20) para atender certos nichos, culminando com a série 707-320 (200 assentos). Seus motores Pratt & Whitney JT3D-3 permitiram um alcance de 6.920 Km. Foram produzidos cerca de 1.000 modelos. Nos anos 1960, o mercado comercial de motores a jato passou a ser dominado pela General Electric e a Pratt & Whitney. Segundo Rosenberg (1982), sua aplicação no transporte aéreo comercial esteve associada à saída do mercado de vários produtores de motores e de aviões, além da perda do domínio comercial do entre-guerras pela Douglas e Lockheed.

O Boeing 707 (e as séries 720 e 320) redefiniu a participação da empresa no mercado; com ele a Boeing passou de fabricante de bombardeiros e aviões-tanque para a Força Aérea à criadora da mais popular família de jatos comerciais de grande porte. Apesar da estratégia de inovação ofensiva adotada pelas outras duas construtoras (Douglas e Convair), a postura estratégica da Boeing foi a que resultou em maiores vendas no mercado. A tabela 3.4 mostra que a configuração das aeronaves era muito parecida quando avaliada somente pela disposição e quantidade de motores, caracterizando o surgimento do *design* dominante na época. Contudo, o número de aeronaves vendidas da Boeing (1.010), *vis-à-vis* ao DC-8 (556) e ao Convair (37), permite avaliar que a estratégia de inovação ofensiva da Boeing foi aquela que gerou melhores resultados, ao adequar sua produção as preferências estabelecidas. Tal fato caracteriza o processo de seleção ocorrido no segmento na época, com a interrupção da

¹⁴¹ O 707 e o KC-135 Stratotanker (reabastecedor militar) foram originados a partir do Dash-80. Estes modelos por sua vez foram iniciados a partir do primeiro jato da Boeing B-47 (Startojet), com seis turbinas, de 1950, e seu sucessor o B-52 (Startofortress), de 1952. A Pan American World Airways inaugurou a rota transatlântica (Nova York - Paris) em 26/10/1958.

produção do Convair (1962) e do DC-8 (1972), enquanto o Boeing 707 continuou nas linhas de produção até 1978. Este modelo conseguiu harmonizar os dois componentes mais complexos no desenvolvimento de uma aeronave, ou seja, a estrutura aerodinâmica e os motores.

Na primeira metade da década de 1960, com a produção do 707, a Boeing mais uma vez resolver adotar uma postura de inovação ofensiva ao apostar no lançamento do tri-jato da família 727. A Douglas na mesma época, com o lançamento do DC-9, apostou na configuração de dois jatos na cauda da aeronave, configuração que foi adotada pela Embraer no desenvolvimento do ERJ-145 quase trinta anos depois. Apesar da produção dos dois modelos ter sido finalizada na primeira metade da década de 1980, o tri-jato da Boeing vendeu quase o dobro de aeronaves vendidas pela Douglas. Se for considerada que a estratégia de inovação ofensiva delineada pelos dois rivais levou em consideração o nicho a ser explorado, a Boeing mais uma vez apresentou uma trajetória de sucesso em seu desenvolvimento. Tal fato demonstrou que atividade de previsão e planejamento desta construtora era bem desenvolvida quando comparada com a da Douglas. Vale ressaltar que a British Aircraft (BAC 1-11) e a holandesa Fokker (F-28) também delinearão a mesma configuração de motores (dois na cauda). Tomando-se como base tal configuração, a Douglas foi a que conseguiu obter maior sucesso na época.

O 727 foi lançado com o objetivo de complementar as operações do 707 em aeroportos menores com pistas curtas, possuindo a mesma largura na fuselagem desta aeronave. O modelo 727-200 lançado em dezembro de 1967, podendo acomodar até 189 passageiros na configuração *all-tourist*, tendo sido vendidos 1.245 modelos. Foi através de modificações estruturais desta versão (para acomodar novos motores e mais combustível) que surgiu a noção de formato “*wide-body*” (corpo largo), em maio 1971, *design* que caracterizou as primeiras versões do 747. Este novo conceito foi estendido para a linha de produção do 707 e para a primeira geração do 737, cuja produção foi iniciada a partir de 1967.

O 737 também foi desenvolvido para complementar os modelos 707 e 727. Sua configuração deu início a um novo padrão de disposição e quantidade de motores, com

uma turbina localizada sob cada asa da aeronave. Esta disposição também foi adotada pela Embraer no desenvolvimento da família E-Jet 170/190 cerca de trinta e cinco anos depois. Mais uma vez, a atividade de previsão e planejamento decorrente da estratégia de inovação ofensiva delineada pela Boeing mostrou aderência ao definir o novo *design* dominante na indústria de construção de aeronave. A harmonia entre a aerodinâmica da fuselagem e a nova configuração dos motores possibilitou à construtora vender 30 modelos do 737-100 nos primeiros anos. As melhorias decorrentes do *learning-by-using* possibilitaram o aperfeiçoamento do modelo durante seu ciclo de produção, gerando outras variações (737-200) e resultando na venda de mais de 1.100 modelos até 1988 (esta foi a primeira geração do Boeing 737).

Com alguns anos de atraso, a Douglas (DC-10) e a Lockheed (L-1011) lançaram seus tri-jatos em 1968. Esta postura caracteriza uma estratégia de inovação com forte tendência defensiva praticada por estas construtoras. Foram vendidos somente 636 modelos até 1988. Estas aeronaves possuíam maior autonomia e capacidade de transporte quando comparadas com o Boeing 727, contudo as duas crises do petróleo acabaram por inviabilizar a configuração tri-jato no mercado de transporte aéreo. No ano seguinte, a Boeing inicia a produção da primeira família de grandes jatos que efetivamente caracterizou o conceito de *wide-body*, ou seja, a família 747. Com esta aeronave as viagens transcontinentais passaram a se tornar acessíveis a milhões de pessoas.

A trajetória delineada pela McDonnell Douglas (explorando a configuração de dois motores na cauda, o MD-90, e o tri-jato, MD-11) em uma época que a disposição dos motores sob as asas caracterizava o *design* dominante, indicava uma postura inovativa pouco desenvolvida na atividade de previsão. Tal fato evidencia também a dificuldade de mudança da trajetória de inovação delineada por esta construtora. Nesta ocasião, a Airbus começava a se destacar com o A320, uma aeronave com motores sob as asas.

Tabela 3.4 – Evolução das características básicas das principais aeronaves a jato*

Fabricante	Série	Produção		Quantidade produzida	nº de assentos	Alcance (Km)	Motores	
		início	fim				nº	Localização
British De Havilland	Comet (-1-2-3-4-5)	1952	1964	114	36 a 109	5.190	4	Embutidos nas asas
Boeing	707	1958	1978	1.010	110 a 200	6.800 a 6.920	4	Sob as asas
Douglas	DC-8	1958	1972	556	124 a 259	3.445 a 7.410	4	Sob as asas
Sub Aviation	Caravelle (-1A-3-6-10R-Super 12)	1959	1973	282	60 a 140	1.500 a 2.900	2	Cauda
Convair	Convair	1959	1962	37	88 a 110	5.120	4	Sob as asas
Vickers	VC 10	1962	1970	54	151	9.412	4	Cauda
British Aircraft	BAC 1-11 (-200-300-400-475-500)	1963	1989	244	89 a 119	2.320 a 2.800	2	Cauda
Boeing	727	1963	1984	1.832	106 a 189	4.450 a 5.000	3	Cauda
Douglas	DC-9	1965	1982	976	90 a 135	2.340 a 3.430	2	Cauda
Fokker	F-28 (-1000-2000-3000-4000)	1967	1987	241	65 a 85	1.350 2.743	2	Cauda
Boeing	737 (-100-200)	1967	1988	1.144	100 a 130	2.855 a 4.260	2	Sob as asas
McDonnell Douglas	DC-10	1968	1988	386	250 a 380	6.114 a 10.010	3	Sob as asas e cauda
Lockheed	L-1011	1968	1984	250	234 a 263	7.419 a 10.200	3	Sob as asas e cauda
Boeing	747 (-100-200-300)	1969	1991	669	370 a 500	9.045 a 12.778	4	Sob as asas
Airbus	A 300 (-B-600)	1974	-	561	266	6.670	2	Sob as asas
McDonnell Douglas	MD-80	1979	1999	1.191	130 a 172	2.900 a 4.400	2	Cauda
Boeing	767 (-200-300-400/ER)	1981	-	954	181 a 375	10.065 a 12.200	2	Sob as asas
Boeing	757 (-200-300)	1982	2004	1.050	200 a 289	5.854 a 7.222	2	Sob as asas
British Aerospace	BAe 146	1983	1993	221	85 a 100	2.075	4	Sob as asas
Airbus	A 310 (-200-300)	1983	-	240	220 a 255	6.800 a 9.600	2	Sob as asas
Boeing	737 (-300-400-500)	1984	2000	1.964	108 a 188	3.362 a 6.300	2	Sob as asas
Fokker	Fokker 100	1986	1997	283	85 a 122	4.750	2	Cauda
McDonnell Douglas	MD-11	1988	2000	200	300 a 410	7.310 a 13.408	3	Sob as asas e cauda
Airbus	Família A 320 (318/319/320/321)	1988	-	3.186	107 a 185	5.600 a 6.800	2	Sob as asas
Boeing	747 (-400/D**/ER/M)	1988	-	664	416 a 524	13.450 a 14.205	4	Sob as asas
Bombardier	CRJ 100	1992	-	226	50	1.815	2	Cauda
Airbus	A 340 (-200-300-500-600)	1992	-	295	239 a 380	13.350 a 16.100	4	Sob as asas
McDonnell Douglas	MD-90	1993	2000	117	153 a 172	3.860 a 4.426	2	Cauda
BAe S.R.A.	Avro	1993	2002	166	70 a 100	2.796	4	Sob as asas
Fokker	Fokker 70	1994	1997	48	até 80	2.040	2	Cauda
Boeing	777 (-200-300/ER e -200-300/LR)	1994	-	649	301 a 550	9.695 a 17.500	2	Sob as asas
Airbus	A 330 (-200-300)	1994	-	485	253 a 295	10.500 a 12.500	2	Sob as asas
Bombardier	CRJ 200	1995	-	709	50	3.148	2	Cauda
Embraer	ERJ 145	1996	-	680	50	3.704	2	Cauda
Boeing	717-200	1998	2006	156	106	2.645 a 3.815	2	Cauda
Boeing	737 (-600-700-800-900ER)	1998	-	2.217	110 a 215	5.648 a 10.200	2	Sob as asas
Embraer	ERJ 135	1999	-	108	37	3.241	2	Cauda
Fairchild-Dornier	328 Jet	1999	2002	83	30 a 33	1.352	2	Sob as asas

Fonte: Elaboração própria através de consulta junto à Boeing e Airbus, realizada em julho de 2007, e nos sites: <http://www.airliners.net> e <http://www.jetset.com.br>. (*) Evolução até o final da década de 90.

(**) O Boeing 747-400 Domestic foi desenvolvido para atender ao mercado japonês (alcance: 2.905 Km e capacidade: 568).

O Boeing 737 e o 747 passaram a ser o *design* dominante na indústria de construção de grandes estruturas aéreas. O primeiro modelo foi adotado como padrão de referência na indústria, induzindo o primeiro projeto da Airbus (A 300), em 1974, e seus desenvolvimentos sucessivos com alcance inferior a 12.500 Km. O segundo modelo serviu de referência para o segmento de grandes jatos com alcance superior a 13.000 Km. No entanto, com a evolução tecnológica da indústria de motores a jato, a tendência é que os grandes jatos que utilizam quatro motores sob as asas na atualidade sejam substituídos por aeronaves com um motor sob cada asa. Este fato é observável na nova família de jatos 777 (com capacidade de transportar até 550 passageiros e alcance de até 17.500 Km) e na família A 350 que se encontra em desenvolvimento (com capacidade de 350 passageiros e alcance de até 14.500 Km). A taxa de evolução do tamanho da estrutura aérea (capacidade da aeronave), por outro lado, tende a exigir a configuração básica de dois motores sob cada uma das asas. O Airbus A 380 foi desenvolvido dentro deste princípio e caracteriza uma estratégia de inovação ofensiva do consórcio europeu, sendo que, atualmente, sua carteira de pedidos contabiliza 165 aeronaves.

Segundo Rosenberg (1982), o conceito de família, baseado na técnica de alongamento do corpo da aeronave, tem uma história bem antiga, e foi aplicada com grande sucesso à série DC-6 e DC-7C, assim como nos modelos (também como motores a hélice) que vai do 649 ao 1049 H, da Lockheed. Com a compreensão deste processo, através da aprendizagem pelo uso, foi possível projetar aeronaves de forma a facilitar seu subsequente alongamento. As aeronaves modernas são projetadas de maneira a se desenvolverem explorando suas trajetórias tecnológicas através do redimensionamento de seus modelos. No entanto, tal complementaridade entre o desempenho conjunto do motor e da estrutura, carrega um forte componente de incerteza, uma vez que os projetistas trabalham com expectativas de surgimento de motores de desempenho aumentado e melhorado. Vale ressaltar que o atual estado da arte, devido à evolução da indústria de motores aeronáuticos, permite que uma família no segmento de jatos regionais seja desenvolvida conjuntamente, sem a necessidade de ser totalmente governada pela cadência da mudança técnica na indústria de motores, como observado no caso das grandes estruturas aéreas. Este fato foi bem aproveitado pela Embraer no desenvolvimento conjunto das quatro aeronaves da Família E-Jet¹³⁷ 170/190.

¹³⁷ Algumas construtoras de aeronaves do segmento regional passaram a adotar o desenvolvimento conjunto de aeronaves após o lançamento da Família E-Jet 170/190. A Sukhoi (Rússia), a Mitsubishi

3.3 - Concentração no segmento de aeronaves regionais e as estratégias de inovação para a Família E-Jet 170/190.

As seções anteriores delinearão as ações do governo, os principais eventos tecnológicos e os padrões de referência que surgiram durante a evolução tecnológica na indústria aeronáutica. Estes fatos desencadearam uma redefinição patrimonial e de participação no mercado das firmas na indústria aeronáutica. Da mesma forma que o advento do motor a jato influenciou as trajetórias de inovação das grandes construtoras no final da década de 50, ele também teve o efeito de ressoar na aviação regional quase trinta anos depois. Contudo, o segmento regional pôde se beneficiar da “trilha tecnológica” deixada pelos grandes construtores através da difusão das técnicas produtivas, além do aperfeiçoamento da relação de subcontratação entre as firmas na cadeia produtiva. A trajetória de inovação dos motores a jato com o desenvolvimento de motores mais eficientes, assim como o advento da tecnologia da informação e os empréstimos tecnológicos de outros setores também formaram o padrão tecnológico que governou o processo de mudança. Dentro destas considerações, a primeira parte da seção busca caracterizar os efeitos das transformações resultantes das estratégias de inovação ofensiva - defensiva, imersas no ambiente em transformação, em termos da concentração do mercado.

Complementando o capítulo anterior, a segunda parte desta seção procura caracterizar algumas estratégias de inovação adotadas pela Embraer no desenvolvimento e produção da Família E-Jet 170/190. Na seqüência, será discutido o *market share*¹³⁸ das principais construtoras que rivalizam com a Embraer no mercado de jatos regionais para a aviação comercial. Sua observação ao longo do tempo permite avaliar quais estratégias de inovação obtiveram maior sucesso (considerando que cada construtora busca sua trajetória inovativa), ao mesmo tempo em que legitima seu ganho de participação por ter conseguido maior aderência de seus aviões ao padrão de concorrência vigente no mercado. Esta observação também tem o efeito de capturar

(Japão) e a Avic II (China) estão desenvolvendo: 1) o Superjet 100 (em três versões: 75, 95 e 110 assentos); 2) o MRJ70 e 90 (70-80 e de 86-96 assentos); e 3) o ARJ 21-700 e 900 (78-90 e 105-98 assentos), respectivamente. A Bombardier está redefinindo sua família de aeronaves (CRJ700/900/1000 NextGen).

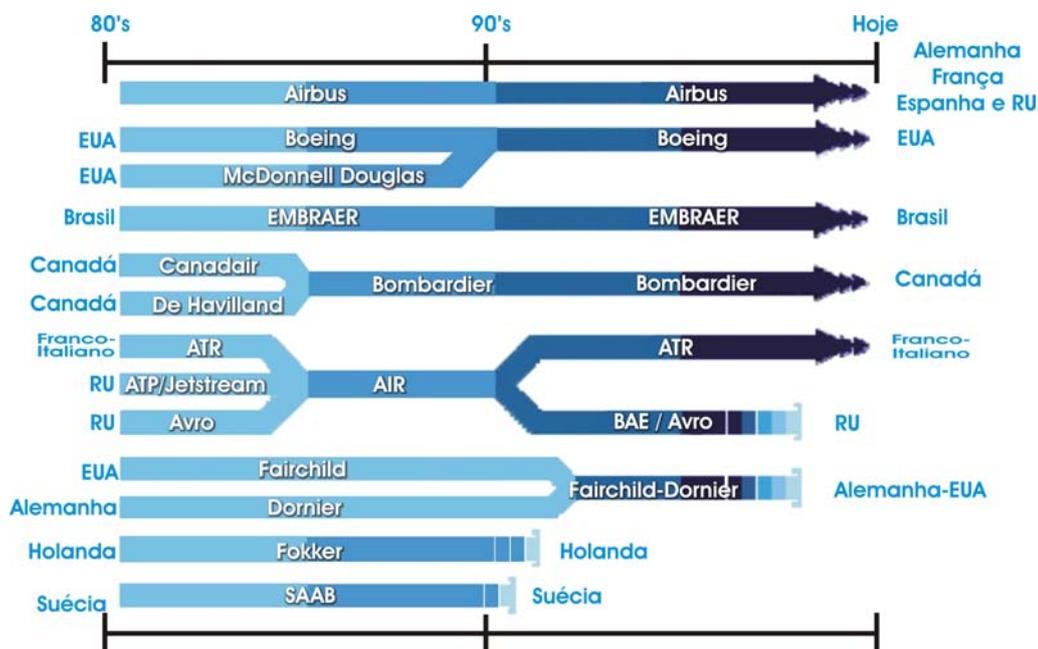
¹³⁸ O *Market Share* representa o somatório dos pedidos firmes de aeronaves, ou seja, aqueles que irão se efetivar com certeza e as aeronaves entregues aos operadores.

quais as construtoras, que, submetidas ao ambiente em transformação, obtiveram maior sucesso ao fixar seu *design* no mercado.

3.3.1 - Concentração na indústria de construção de estruturas aéreas.

A consolidação internacional dos principais fabricantes desde os anos 80 pode ser verificada na figura 3.1. Segundo Dagnino (1993), no final dos anos 80 e início dos 90, a situação do mercado aeronáutico era fortemente recessiva o que, em parte era explicado pelas mudanças significativas que ocorreram quanto ao papel e espaço (econômico e político) dos setores militares no mundo, decorrente do fim da Guerra Fria e, também, devido à resistência que certas construtoras tiveram para rever suas posições estratégicas (como por exemplo: seleção de novos projetos e obtenção de financiamentos).

Figura 3.1 - Consolidação dos Fabricantes de Aeronaves



Fonte: Embarer

Os feitos de tais transformações acabaram por levar empresas como a Fokker¹³⁹, Saab, Dasa, Alenia e Aérospatiale, todas da Europa, a serem socorridas pelos seus respectivos governos. Nos EUA o efeito não foi diferente, a Beech acabou por demitir funcionários e diminuir a produção; a Fairchild, além de demitir pessoal, teve que obter

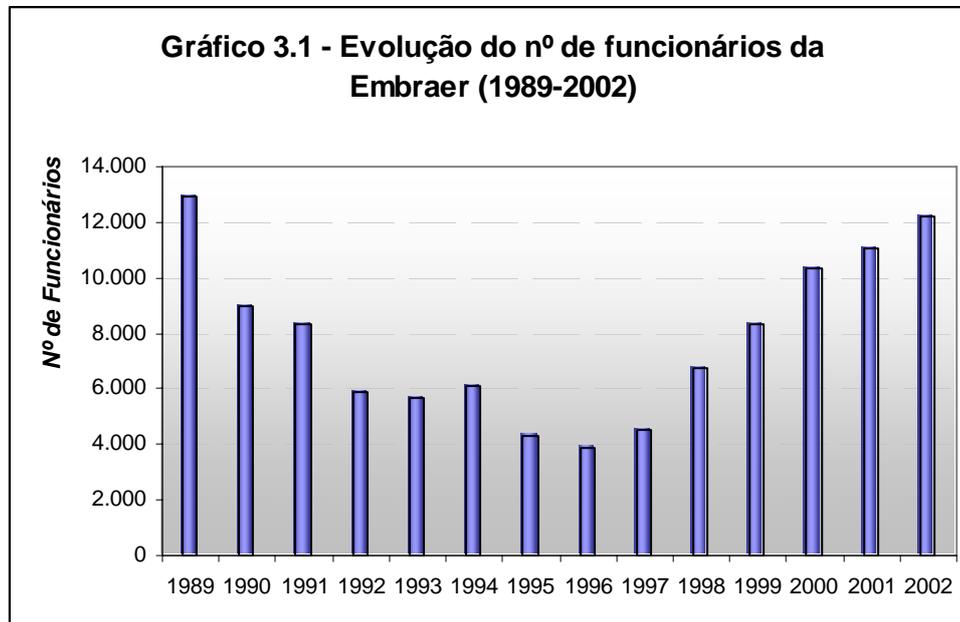
¹³⁹ Mesmo com o apoio do governo holandês, em 1992, a Fokker terminou falindo em 22/01/1996.

empréstimos no início dos anos 90 para evitar a falência. Foi em decorrência destas adversidades que a Bombardier adquiriu a Canadair do governo canadense, em 1988 e a Shorts Brother (localizada na Irlanda do Norte), no ano seguinte, do governo Britânico. Ela se comprometeu junto às autoridades do Canadá em custear a fase final de desenvolvimento do seu jato regional, uma versão alongada do jato corporativo Challenger. Em junho de 1990, o grupo Bombardier comprou a Learjet Corporation, fábrica de jatos corporativos, localizada na cidade de Wichita, no Kansas (EUA). A De Havilland (localizada em Ontario), também, foi comprada pela Bombardier, com a participação do governo canadense, em 1992 (na época a De Havilland pertencia a Boeing). Nesta unidade é fabricado o turboélice regional Dash 8, além da montagem final do Global Express (jato executivo de longa distância) e das asas do Learjet 45.

A Lockheed (grande fabricante de turboélices, como o Electra) saiu do mercado de aviação comercial na metade da década de 80. O lançamento de seu tri-jato (o Tristar L-1011), no final da década de 60, indica que ela buscou uma estratégia de inovação fortemente defensiva, em uma época que a trajetória do modelo com um motor sob cada asa era explorada pela Boeing com o lançamento do 737 (séries 100 e 200). A McDonnell Douglas também desenvolveu seu tri-jato (o DC-10) no mesmo período¹⁴⁰. Tanto a Lockheed quanto a McDonnell Douglas não obtiveram sucesso em suas trajetórias tecnológicas. Este fato demonstrou que a capacidade de monitoramento constante das tendências tecnológicas e mercadológicas é de fundamental importância para que as construtoras possam explorar as janelas de oportunidade abertas pela evolução tecnológica da indústria. A McDonnell Douglas tentou ainda delinear uma trajetória com dois motores na cauda (MD-80 e 90), todavia não obteve sucesso. Esta empresa foi adquirida pela Boeing em 1997. Além do processo de reestruturação patrimonial presenciado em muitas construtoras de estruturas aéreas, as empresas que conseguiram sobreviver passaram por um profundo rearranjo produtivo, caracterizado por inúmeras demissões. No ano de 1994, a Casa, da Espanha; a British Aerospace, do Reino Unido e a Aérospatiale, da França fecharam respectivamente 1.000; 2.350 e 1.650 postos de trabalho em suas fábricas. O mesmo ocorreu com a alemã Dasa, em 1995, com a demissão de 8.000 funcionários. A Embraer também passou pelo mesmo

¹⁴⁰ A comparação das características operacionais básicas dos modelos L-1011 e DC-10 com o Boeing 727 (na tabela 3.4) permite concluir que a Lockheed e Douglas delinearão trajetórias tecnológicas distintas da Boeing.

processo até 1996 (Gráfico 3.1). Em abril de 1997 somente existiam 3.200 funcionários trabalhando na Embraer, o menor desde a privatização.



Fonte: Embraer. Observação: Dados em 31 de dezembro.

O resultado das mudanças ocorridas na indústria aeronáutica, mais especificamente na categoria dos *commuters*, acabou por redefinir uma nova arquitetura produtiva formada por poucos construtores. Por terem sobrevivido às adversidades decorrentes do processo de seleção dinâmica, tais fabricantes acabaram por determinar a consolidação, na atualidade, do *design* dominante. A fusão entre construtoras de estrutura aérea foi outro fenômeno verificado na época (como a Fairchild, dos EUA e Dornier, da Alemanha). A evolução da indústria de aeronaves regionais é sintetizada no quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Evolução da indústria de aeronaves regionais

1985	1990	1995	2000	2005
Embraer (Brasil)	Embraer (Brasil)	Embraer (Brasil)	Embraer (Brasil)	Embraer (Brasil)
Canadair (Canadá)	Bombardier (Canadá)	Bombardier (Canadá)	Bombardier (Canadá)	Bombardier (Canadá)
De Havilland (Canadá)	ATR (França-Itália-RU)	ATR (França-Itália)	ATR (França-Itália)	ATR (França-Itália)
ATR (França-Itália)	Fairchild (EUA)	BAe/Avro (RU)	BAe (RU)	
ATP/Jetstream (EUA)	Dornier (Alemanha)	Fairchild-Dornier (Alemanha-EUA)	Fairchild-Dornier (Alemanha-EUA)	
Avro (RU)	Fokker (Holanda)			
Fairchild (EUA)	Saab (Suécia)			
Dornier (Alemanha)				
Saab (Suécia)				
Fokker (Holanda)				
10 empresas	7 empresas	5 empresas	5 empresas	3 empresas

Fonte: The Weekly of Business Aviation. Para o ano de 2005, as informações foram obtidas nos relatórios anuais da Embraer e Bombardier.

A tabela 3.5 retrata algumas características que nortearam os principais modelos de jatos regionais produzidos no ocidente e que fizeram parte da frota global¹⁴¹ em 2000. A configuração básica, com dois motores na cauda, asas baixas e com capacidade de transportar 50 passageiros, caracterizou o *design* dominante na indústria aeronáutica para o segmento regional (no início da década de 90). Os modelos mais antigos (cuja tecnologia do motor era da década de 80), assim como aqueles que apresentaram *design* estranho à configuração citada, não lograram sucesso e padeceram juntamente com suas construtoras. Foi a partir desta configuração que a Embraer e a Bombardier desenvolveram o restante das aeronaves da família. A Embraer resolveu adotar a estratégia de encurtamento do modelo ERJ-145, desenvolvendo os modelos ERJ-135 e 140. Enquanto a Bombardier encurtou (CRJ-440) e esticou (CRJ-700/705/900) a estrutura do CRJ-100/200. A estratégia de aumentar o tamanho da aeronave que opera no segmento regional foi também adotada pela Embraer com o desenvolvimento da

¹⁴¹ As aeronaves foram selecionadas segundo estudo sobre a frota global publicado pela revista *Overhaul & Maintenance*, em março de 2001.

família E-Jet 170/190. A diferença foi que a Embraer partiu do estado da arte no desenvolvimento conjunto dos quatro modelos (E-170/175/190 e 195). Este fato serve para demonstrar que ela buscou uma estratégia de caráter mais ofensivo (e com maior componente de incerteza) do que a canadense Bombardier.

Tabela 3.5 - Primeira e segunda geração de jatos regionais

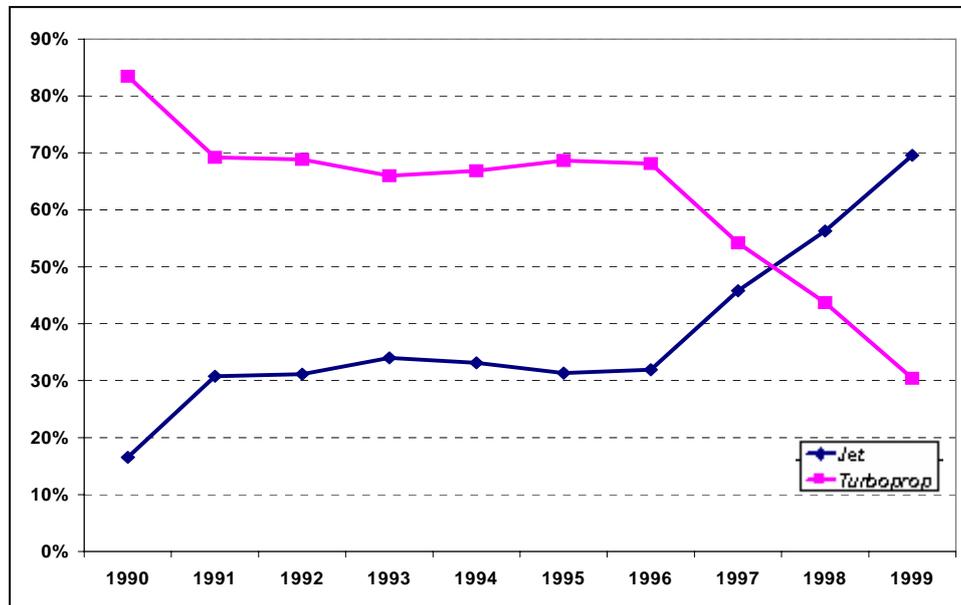
Fabricante	Série	Produção		Qtde produzida	Disposição das asas	n° de assentos	Alcance (Km)	Motores		
		início	fim					Tecnologia década	n°	Localização
British Aerospace	BAe 146	1983	1993	221	alta	85 a 100	2.075	1980	4	Sob as asas
Fokker	F-100	1986	1997	283	baixa	85 a 122	4.750	1980	2	Cauda
Bombardier	CRJ 100	1992	-	226	baixa	50	1.815	1990	2	Cauda
BAe Systems Regional Aircraft	Avro	1993	2002	166	alta	70 a 100	2.796	1990	4	Sob as asas
Fokker	F-70	1994	1997	48	baixa	até 80	2.040	1980	2	Cauda
Bombardier	CRJ 200	1995	-	709	baixa	50	3.148	1990	2	Cauda
Embraer	ERJ 145	1996	-	682	baixa	50	3.704	1990	2	Cauda
Embraer	ERJ 135	1999	-	108	baixa	37	3.241	1990	2	Cauda
Fairchild-Dornier	328 Jet	1999	2002	83	alta	30 a 33	1.352	1990	2	Sob as asas

Fonte: Elaboração própria (consulta junto à Embraer, Bombardier e ao *site*: www.airliners.net em 30 Set de 2007).

O impacto do advento do motor a jato no transporte aéreo regional foi capturado por um estudo realizado pela Fairchild na década de 90. As entregas de aeronaves turboélices sempre estiveram acima dos jatos antes de meados da década de 90. No entanto, com os lançamentos da Bombardier e Embraer, a situação se inverteu com as entregas de jatos regionais superando as de turboélices. O gráfico 3.2 retrata a polarização das entregas das aeronaves do segmento regional de acordo com o tipo de motor. A Embraer conseguiu desfrutar do crescimento das vendas a partir do lançamento do ERJ-145 em 1996, na mesma época em que as entregas de jatos regionais aumentaram acentuadamente. O gráfico 3.3 demonstra a evolução das exportações de aeronaves do Brasil e Canadá, a partir de 1989. O impacto das primeiras vendas do ERJ-145 (e o restante de sua família) no mercado internacional é observado a

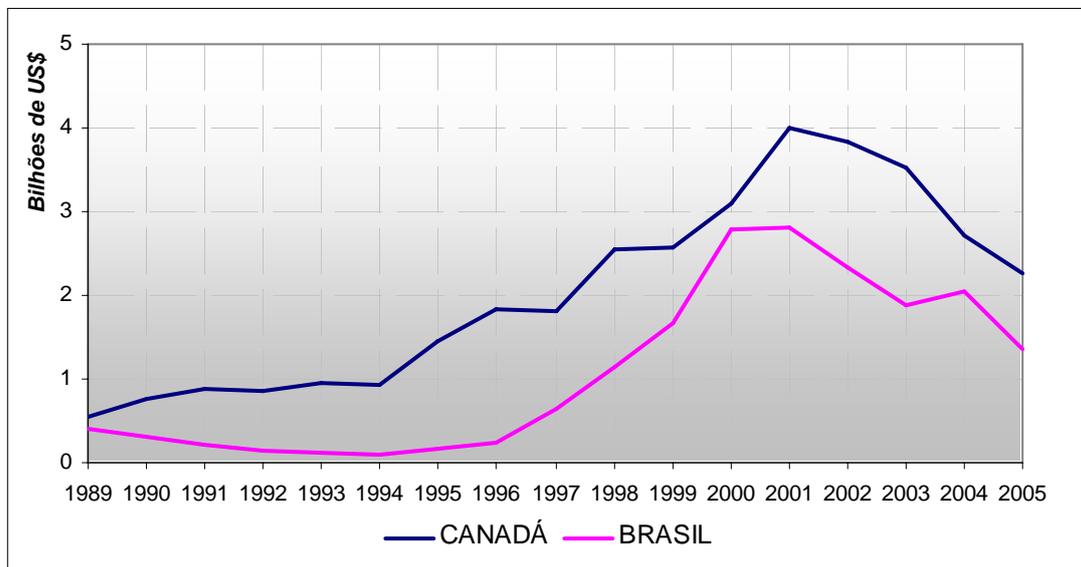
partir de 1996. Esta forte ascensão caracteriza o processo de recuperação da Embraer ao mesmo tempo em que evidencia a perda de participação do mercado pela Bombardier.

Gráfico 3.2 - Aeronaves entregues na categoria de 30 até 110 assentos



Fonte: Fairchild

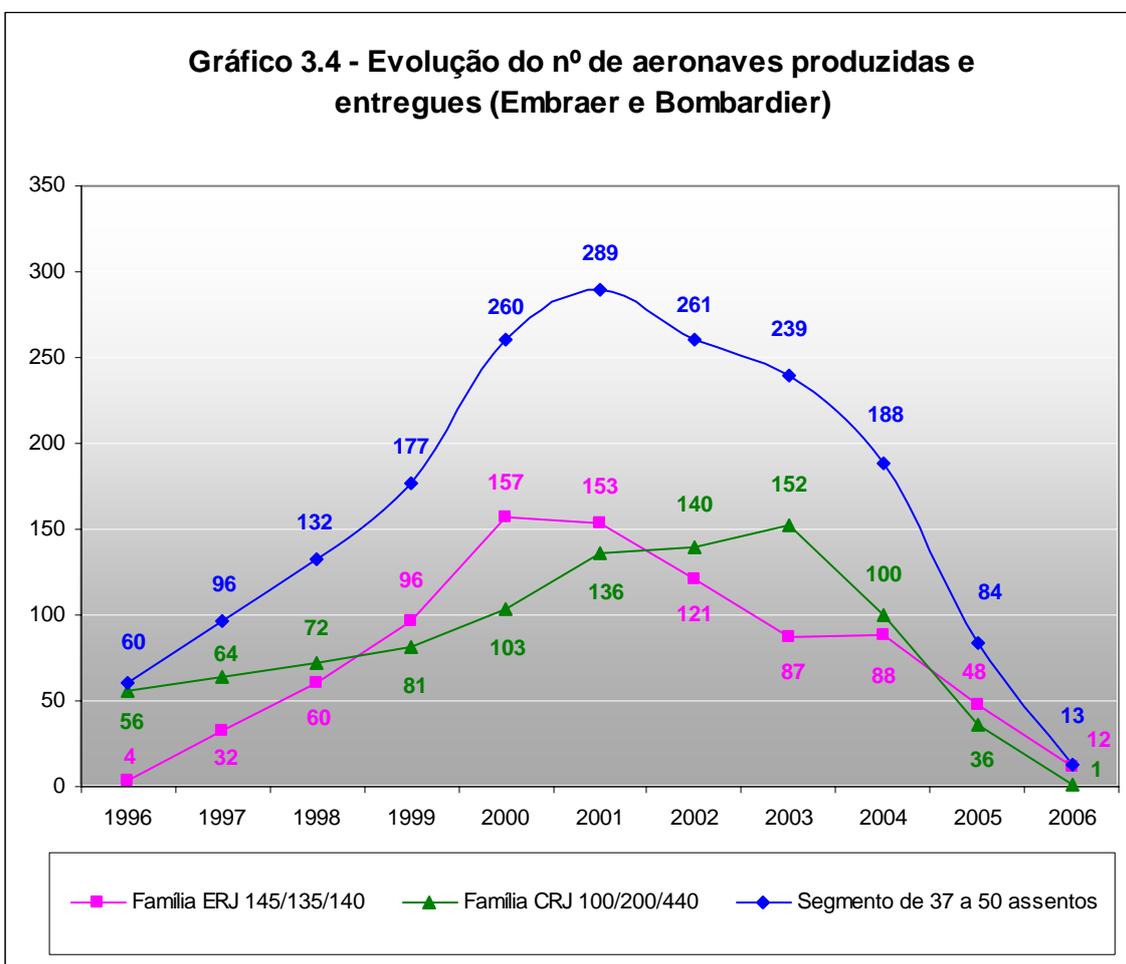
Gráfico 3.3 - Evolução das exportações de aeronaves



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da *United Nations Commodity Trade Statistics Database (UN comtrade)*, disponível em: <http://comtrade.un.org/>. Observações:

- (I) Os valores correspondem às exportações mundiais, de cada país, no código 792,3 da SITC (*Standard International Trade Classification*) Revisão 3 (aeronaves, 2.000 Kg < peso < 15.000Kg);
- (II) Estão incluídas as aeronaves executivas de grande porte produzidas em cada país. A Embraer lançou no mercado, em 2000, uma versão corporativa do ERJ 135 (passando a ser denominada de Legacy, posteriormente). A Bombardier é uma grande fabricante de jatos executivos (Challenger, Global 5000 e Laerjet) e turboélices (Série Q 200 e 300); e
- (III) Peso Família ERJ-145 (11,4 t até 12,1 t) e peso CRJ-100/200/440 (até 14,02 t).

O Gráfico 3.4 retrata a evolução do número de aeronaves produzidas pela Embraer e Bombardier que concorrem no segmento de 37 a 50 assentos. Nele fica evidente que a Embraer não perdeu a janela de oportunidade aberta a partir de 1996. Tal gráfico serve também como uma aproximação do ciclo de vida dos modelos fabricados para o segmento (o ERJ 145 e CRJ 100/200 foram os principais modelos comercializados). A produção permaneceu crescente até 2001, perdendo fôlego nos cinco anos consecutivos. Este comportamento caracteriza a redução das exportações decorrente do ramo descendente do ciclo de vida dos modelos. Nesta ocasião foi firmada uma *joint venture* entre a Embraer e a Avic II (China Aviation Industry Corporation II) para a fabricação de aviões da família ERJ-145 para o mercado chinês.



Fonte: Elaboração própria através de consulta junto aos relatórios anuais da Embraer e Bombardier.

3.3.2 - Estratégias de inovação para a Família E-Jet 170/190.

A partir do segundo semestre de 1998, a Embraer, após análise das tendências do mercado mundial de transporte aéreo, identificou uma carência de aeronaves a jato, com capacidade de transportar entre 70 e 110 passageiros, explicada em função da existência de uma faixa não atendida, delimitada, por um lado, pelo mercado de aviões de grande porte (servindo rotas ponto a ponto com intenso tráfego de aeronaves com 120 *plus* lugares), e, do outro, pelo segmento regional de pouco mais de 50 lugares. Além do segmento não atendido, o estudo constatou, ainda, que um terço das aeronaves de 61 a 120 lugares em operação tinha atingido seu limite de vida útil (mais de 20 anos de uso). Na ocasião, o *gap* também foi identificado pela Boeing, Airbus, Bombardier e a Fairchild. Todavia, todas estas construtoras partiram de projetos existentes adaptando-os para atender ao novo nicho: **(1)** a Fairchild (antes de sua falência) pretendia desenvolver o modelo 728 Jet (com capacidade de transportar entre 70 e 85 passageiros) a partir de seu turboélice 328 (foi este modelo que deu origem ao jato regional 328 Jet); **(2)** a Bombardier esticou e alargou o seu CRJ-200, designando-o de CRJ-700; **(3)** a Boeing deu uma nova roupagem ao MD-80, da McDonnell Douglas, chamando-o de Boeing¹⁴² 717 e **(4)** a Airbus optou por encurtar seu A-319, colocando no mercado o Airbus A-318 para o segmento de 107 a 129 passageiros.

Foi nesta ocasião que a Embraer optou em desenvolver uma nova família de jatos regionais para atender o segmento de 70 a 110 passageiros. A família Embraer 170/190, também chamada E-Jet (composta de quatro jatos: E-170/175/190 e 195, que comungam 87% de peças e sistemas) partiria do estado da arte, porém buscando atender as principais necessidades das empresas aéreas, que tiveram participação ativa no projeto, principalmente no *layout*, que garantiu o máximo de conforto para o passageiro com o mínimo de custo. O programa teve cinco *Advisory Boards* que contaram com a participação de 30 companhias aéreas onde foram decididos conceitos sobre manutenção das aeronaves, arquitetura da cabine, disposição dos assentos em fileiras de quatro assentos (*four-abreast*). As companhias em diversas ocasiões disponibilizaram seus pilotos e comissários para participar das reuniões. Outra preocupação foi com a

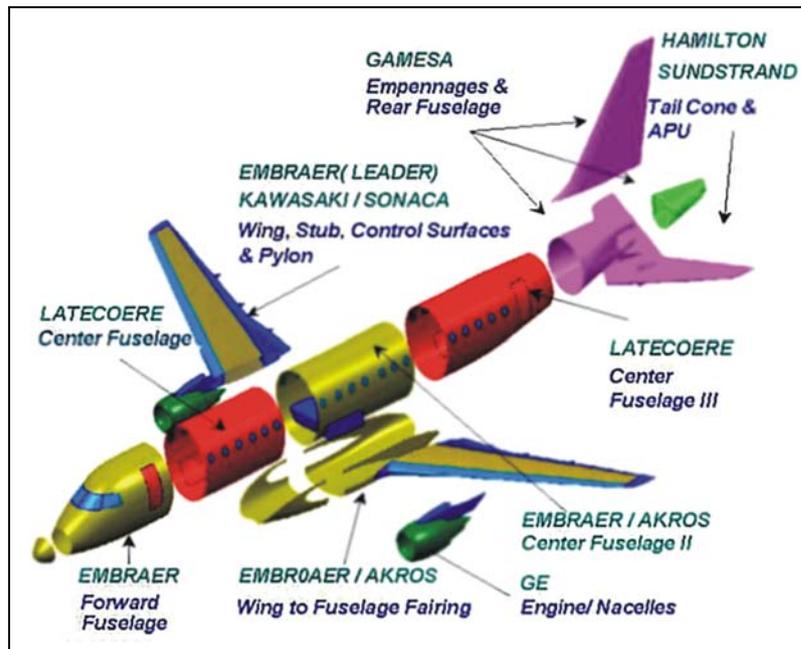
¹⁴² A primeira entrega do Boeing 717 foi realizada em 23/09/1999 e a última em 23/05/2006, totalizando 156 aeronaves. Este modelo foi baseado no Douglas DC-9 e lançado como MD-95, posteriormente foi renomeado como Boeing 717, depois que a McDonnell Douglas e a Boeing foram fundidas em 1997. Atualmente a Boeing concorre com a Embraer com o modelo 737-600.

despachabilidade (*turnaround time*), ou seja, o tempo necessário para que uma aeronave fosse reabastecida, inspecionada e preparada para o voo. A localização dos motores (em pilones sob as asas) e a simplicidade do abastecimento facilitaram a preparação do voo, reduzindo o tempo de permanência no solo. Esta configuração foi consagrada na arquitetura dos grandes jatos como visto anteriormente. A intensa interação entre a Embraer e as companhias aéreas, na época, caracterizou o processo de experiência do aprendizado pelo uso em que foi gerada a modalidade de conhecimento incorporado, ou seja, o conhecimento que decorre de um melhor entendimento da relação entre o desempenho e as características específicas do projeto durante o seu desenvolvimento. O objetivo final era a otimização do projeto através da interação entre a construtora e as companhias aéreas.

O desenvolvimento do projeto contou com a parceria de risco, uma evolução quando comparada com a praticada no *risk-sharing* dos desenvolvimentos anteriores. Em função do novo conceito, a Embraer criou requisitos de alto nível, passando a contratar os novos parceiros com o objeto ainda não totalmente definido. Uma vez fechado o acordo, cada parceiro passaria a desenvolver seu respectivo produto em conjunto com a Embraer. Nas parcerias firmadas anteriormente a Embraer fornecia, de forma detalhada, todas as especificações técnicas necessárias para os parceiros, cabendo-lhes cumprir toda gama de especificações. Outra alteração, em comparação à parceria firmada anteriormente, foi o papel mais amplo assumido pelos parceiros através do financiamento de vendas e garantias sobre o valor residual das aeronaves¹⁴³. Apesar da modificação das atribuições dos parceiros, quando comparado com as anteriores, a Embraer continuou sendo a responsável final pelo projeto, mantendo consigo as decisões, definições e tarefas de maior valor agregado no desenvolvimento. Com a nova conformação, a Embraer aumentou o número de parceiros com uma redução drástica no número de fornecedores. Nos anos 80, ela trabalhou com cerca de 500 fornecedores na fabricação do Brasília; a partir dos anos 90, o número de fornecedores foi reduzido para 350 e 4 parceiros de risco foram incluídos no projeto ERJ-145. Com o desenvolvimento da família E-Jet 170/190, a Embraer reduziu drasticamente o número de fornecedores para 22 e o número de parceiros de risco foi aumentado para 16. A Figura 3.2 destaca como ficou fracionado o desenvolvimento do projeto da família E-Jet 170/190.

¹⁴³ Conforme consta no Relatório de Informação anual de 1998 à Comissão de Valores Mobiliários (CVM).

Figura 3.2 - Parceria de risco família E-Jet 170/190



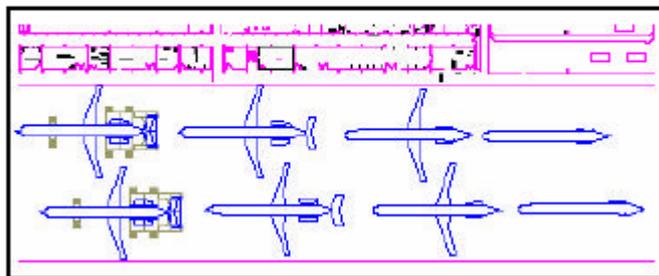
Fonte: Embraer

Além do fracionamento das atividades retratadas acima, a Hamilton Sundstrand ficou responsável pelo sistema de geração elétrica (APU) e gerenciamento de ar. A empresa americana Parker Hannifin Corporation forneceu o sistema de controle de voo, de combustível e hidráulico. A C&D Aerospace ficou responsável pela parte do *design* interno da aeronave. A Honeywell forneceu a aviônica dos modelos e a Liebherr, da Alemanha, ficou encarregada do desenvolvimento do trem de pouso para a família.

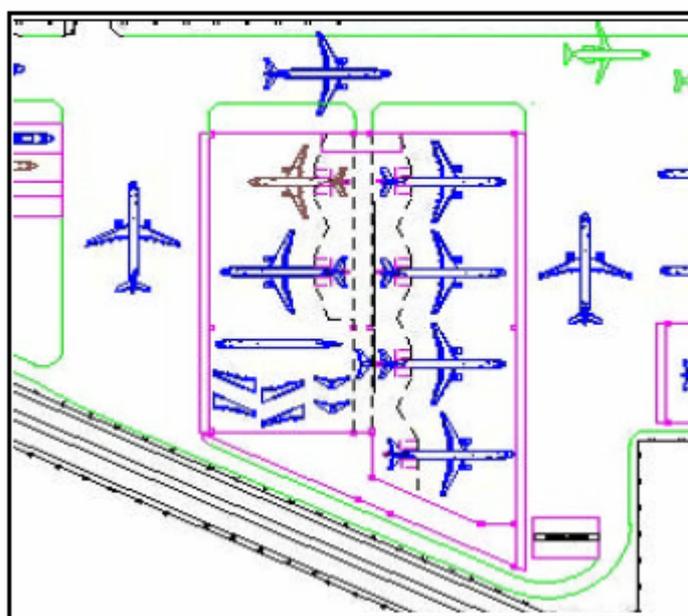
O *layout* de montagem das aeronaves também sofreu modificação ao trocar o método de linha de montagem em série, cuja sistemática utiliza um hangar com uma estrutura afilada e longa (onde possui apenas duas portas principais) pelo sistema de montagem em docas em que existem pelo menos uma porta para cada aeronave. Este processo permitiu que diversos modelos fossem montados em compartimentos separados ao mesmo tempo, consumindo menos tempo e aumentando a produtividade. A Figura 3.3 destaca os dois sistemas de montagem.

Figura 3.3 - Processo de montagem família ERJ 145 e 170

ERJ 145 - Montagem em linha



ERJ 170 - Montagem em doca



Fonte: Embraer

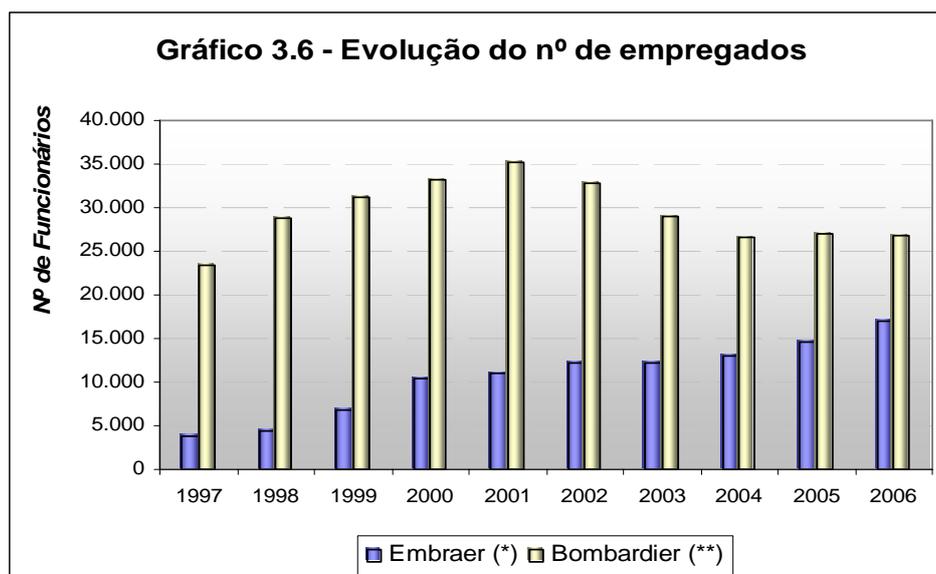
A nova família de jatos foi concebida na época em que a Embraer passava por uma revolução no processo produtivo através de novos investimentos, como por exemplo: (1) o processo semi-robotizado de pintura de aeronaves, substituindo o método antigo de pintura eletrostática; (2) o sistema de inspeção de ferramental por teodolito convencional que exigia quatro operadores foi substituído pelo sistema de aferição a laser com um operador, permitindo a redução do ciclo de fabricação de ferramentas em 20%; (3) a substituição do recorte manual de tecido pré-impregnado, em 1999, pelo recorte automático, possibilitou uma redução de 3.000 Hh/mês; (4) a montagem robotizada das asas dos modelos; (5) a instalação de equipamento de alta precisão para usinagem com 5 eixos em alta velocidade; e (6) a inauguração do centro de realidade virtual, em fevereiro de 2002, permitindo a utilização do “mock-up”

totalmente digital. Segundo a Embraer, estes investimentos permitiram que o ciclo de produção das aeronaves diminuísse de 6,2 meses em 1999 para 4,9 meses no segundo semestre de 2000. Atualmente o ciclo de produção do ERJ-145 é de 3,1 meses e do Embraer 170 de 4 meses.

Uma forma de mensurar os ganhos de produtividade da Embraer é através da receita por empregado, a qual sempre esteve crescente até o atentado de 11 de setembro, quando as companhias aéreas passaram a rever seus pedidos. O Gráfico 3.5 captura a evolução da receita por empregado. É importante destacar que, desde 1996, o número de funcionários é crescente na Embraer, sendo que em setembro de 2007, existiam 23.770 funcionários. Este movimento ascendente ocorre concomitantemente com o fechamento de postos de trabalho pela Bombardier (conforme destacado no Gráfico 3.6). Foi neste período que o governo canadense iniciou os primeiros contatos com o Brasil questionando os subsídios concedidos ao financiamento das vendas de aeronaves da Embraer (realizado através do Proex - equalização). Após várias discussões infrutíferas, os dois países buscaram a mediação da Organização Mundial de Comércio para solucionar a contenda por pratica subsídios proibitivos. Na ocasião ficou constatado que a Bombardier recebia também subsídios proibitivos do governo canadense.



Fonte: Embraer - Relatório anual de 2006.

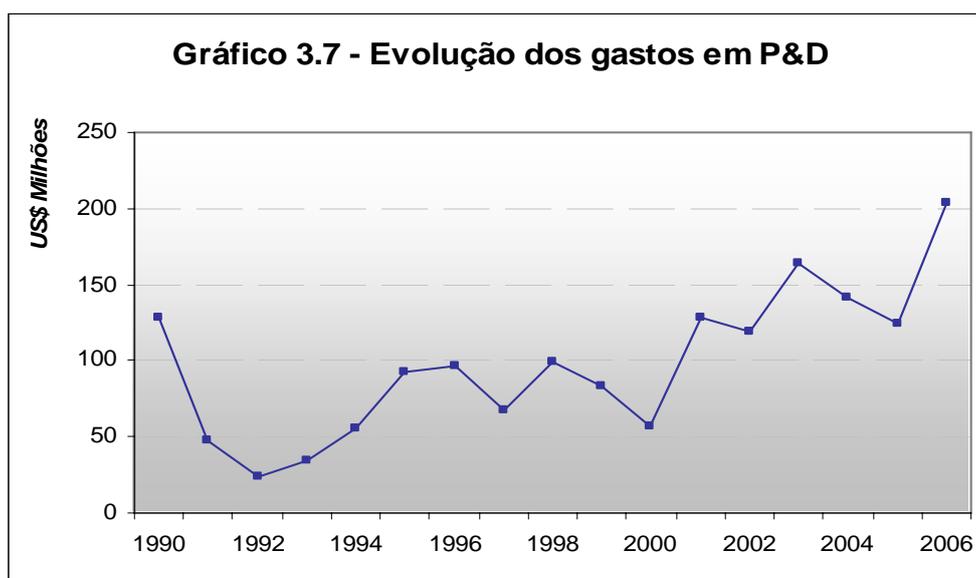


Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios das empresas.

Obs.: (*) 1º e (**) 31 de janeiro.

Os dispêndios em P&D da Embraer a partir de 1990 (gráfico 3.7) retratam os esforços da empresa no desenvolvimento dos modelos da família 145 e E-Jet 170/190. Ele também demonstra que as atividades de desenvolvimento da primeira família foram iniciadas ainda na época que a empresa era uma estatal. A evolução dos gastos sucessivos, a partir de 1998, retrata em sua maioria os custos de desenvolvimento da família¹⁴⁴ E-Jet 170/190. Segundo Ganem (2006), o custo total de desenvolvimento da família E-Jet foi de US\$ 850 milhões.

¹⁴⁴ A Embraer, a partir do final da década de 90, iniciou o desenvolvimento da versão militar do ERJ 145 (o EMB 145 AEW&C), do Super Tucano (ALX) e da versão executiva do ERJ 135 (o legacy). Ela também iniciou o desenvolvimento, a partir de maio de 2005, dos modelos de jatos executivos das categorias *Very Light* (Phenom 100) e *Light* (Phenom 300). Em 2006, foi lançada uma versão executiva do Embraer 190 (o Lineage 1000), jato executivo da categoria *ultra-large*. A Carteira de pedidos firmes do Phenom 100 e 300 registrou mais 460 unidades no 2º trimestre de 2007. As primeiras entregas estão programadas para 2008.

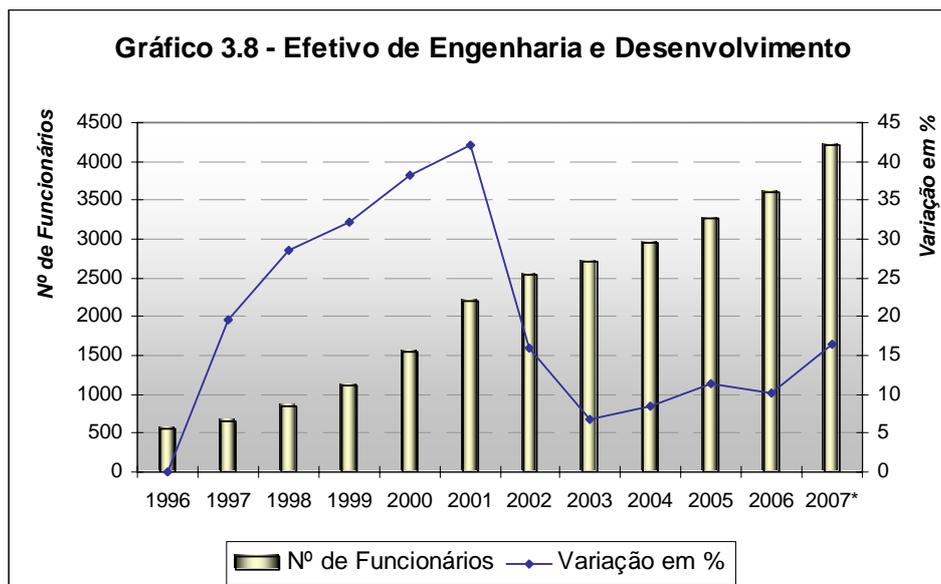


Fonte: Elaboração própria a partir de Bernardes (2001) entre 1990 e 1997 e Embraer.
 Obs.: Os valores a partir de 1998 foram convertidos para US\$, segundo a taxa média anual.

A Bombardier desembolsou em média US\$ 65,20 milhões em P&D para a atividade aeronáutica entre 2002 e 2006. Nos anos anteriores seus relatórios anuais não discriminavam os valores segundo as atividades exercidas pelo grupo empresarial. Contudo, mesmo avaliando os gastos em P&D de forma consolidada¹⁴⁵, a construtora apresentou um dispêndio médio, entre 1995 e 2001, em P&D, de pouco mais de US\$ 90 milhões. Considerando que a Embraer desembolsou cerca de US\$ 90 milhões, em média, no mesmo período e, ainda, que, para o período recente entre 2002 e 2006, ela desembolsou em média US\$ 150 milhões, pode-se concluir que a Bombardier se empenhou em uma estratégia de inovação menos agressiva, no que diz respeito à atividade de P&D, para o setor aeronáutico, pelo menos no período entre 1995 e 2006.

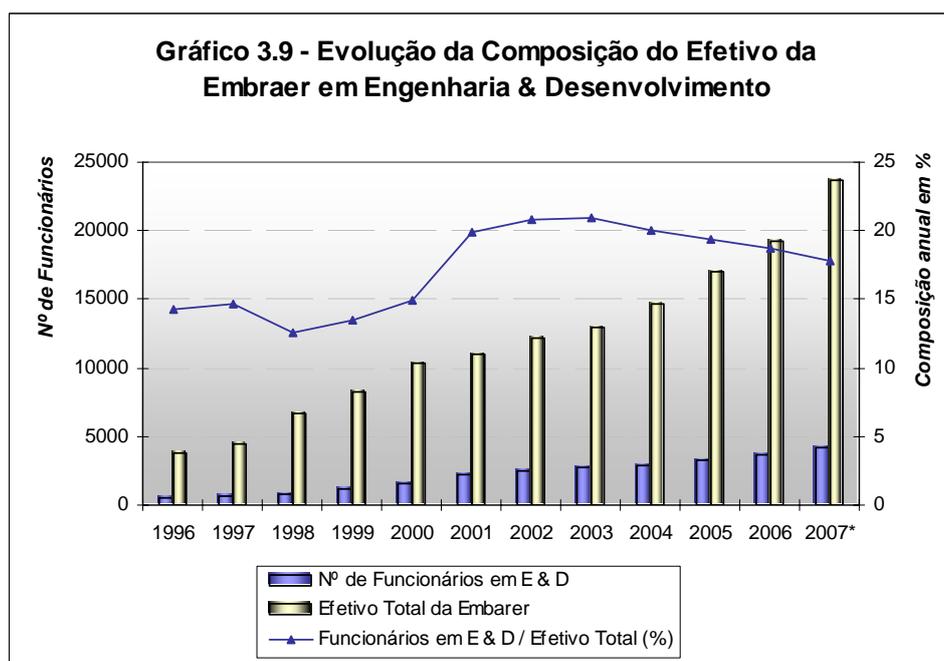
Os esforços da Embraer objetivando uma postura estratégica de caráter ofensivo também podem ser evidenciados através da evolução do número de pesquisadores envolvidos na atividade de engenharia e desenvolvimento. O Gráfico 3.8 destaca a evolução da quantidade de funcionários participantes desta atividade. Tal efetivo cresceu a taxas crescentes anualmente a partir de 1996 até 2001 retratando o esforço da Embraer no desenvolvimento da família E-Jet 170/190.

¹⁴⁵ A Bombardier fabrica trens (*transportation*) e aviões (*aerospace*) na atualidade. Entretanto, ela também já fabricou quadriciclo e veículos de neves (*recreational products*), encerrando estas atividades em dezembro de 2003.



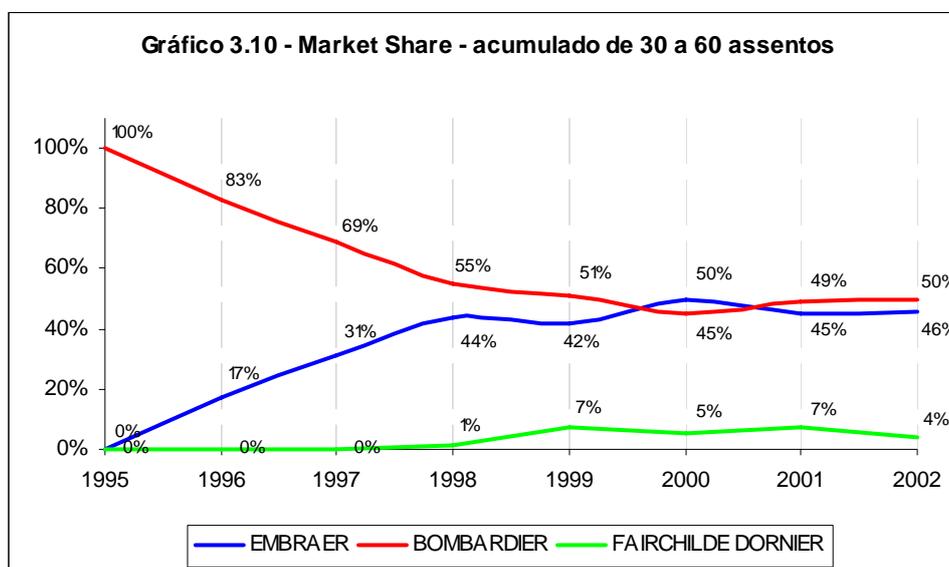
Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais da Embraer. Obs.: (*) Junho.

Uma outra forma de verificar a evolução do efetivo de funcionários envolvidos em engenharia e desenvolvimento (E&D) é confrontando tal contingente com a evolução do número total de funcionários. O gráfico 3.9 mostra que a composição do número de funcionários envolvidos em E&D, *vis-à-vis* ao número total, começa a se tornar decrescente a partir de 2003, demonstrando que, após a fase de desenvolvimento e definição do *design*, a Embraer passa a se concentrar no esforço produtivo para efetivar as primeiras entregas dos novos modelos. Estes foram entregues a partir de 2004 (gráfico 3.16).



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais da Embraer. Obs.: (*) Junho.

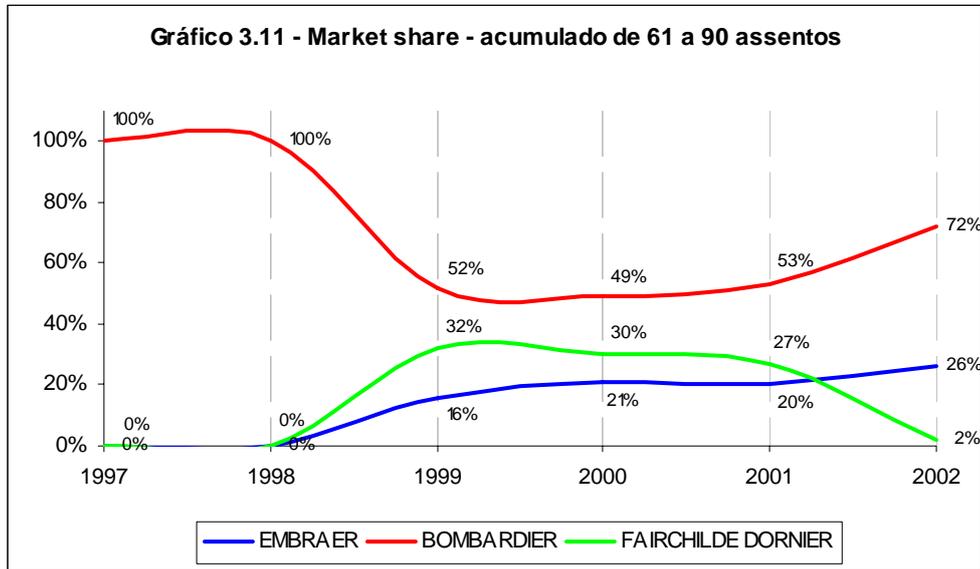
O resultado das estratégias de inovação delineadas pela Embraer pode ser avaliado quando contrastado com a evolução do *market share* entre seus principais concorrentes. O *market share* é mensurado como a soma dos pedidos firmes em carteira do segmento em questão e as aeronaves já produzidas e entregues acumuladas a cada final de ano. Os gráficos abaixo retratam a evolução da participação das principais construtoras que concorreram com a Embraer até o início dos anos 2000. O gráfico 3.10 captura o *market share* dos modelos da família ERJ-145 (145, 140 e 135), da Embraer, da família CRJ-100 (100, 200 e 440), da Bombardier e o modelo 328, da Fairchild-Dornier. O 328 Jet tinha capacidade de transportar 30 passageiros, seus dois motores eram localizados sob as asas, sendo que estas eram dispostas acima da estrutura da aeronave. Este modelo fazia parte da família 328 que também incluía o modelo 428 com capacidade de transportar 44 passageiros que nunca chegou a ser produzido. A configuração básica com dois motores na cauda, conforme os modelos das famílias ERJ-145 e CRJ-100, passou a ser o *design* dominante no segmento. O gráfico captura também a ascensão da Embraer e a perda de participação do mercado sofrida pela Bombardier.



Fonte: Embraer

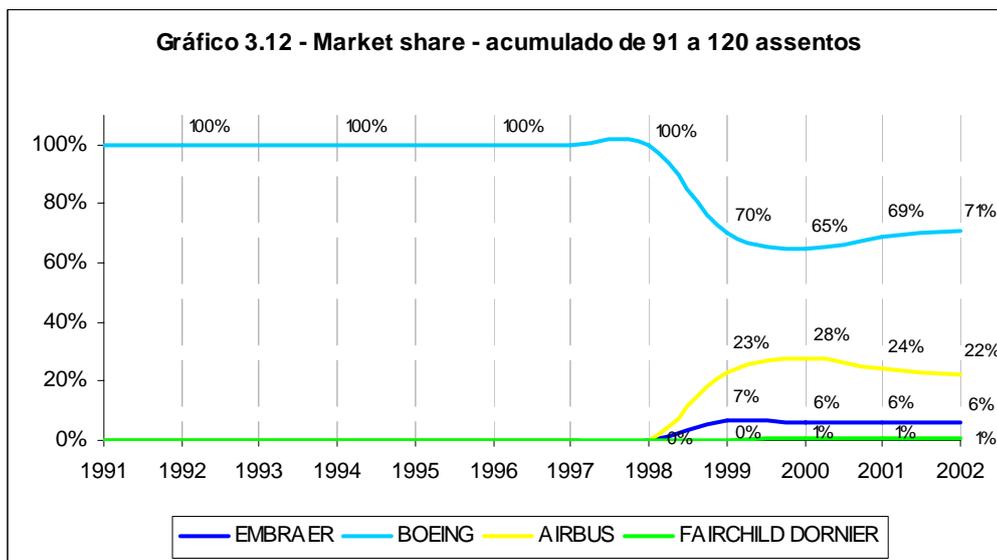
Com o lançamento do programa da família Embraer 170/190, os modelos E-Jet 170 e 175 passaram a concorrer com os modelos CRJ 700, 705 e 900, da Bombardier e o modelo 728, que fazia parte da família 728 (728, 928 e 528), da Fairchild-Dornier. O modelo 728 deveria comportar entre 70 a 85 passageiros, enquanto os modelos 928 e 528 entre 95 a 110 e 55 a 65 passageiros respectivamente. Esta construtora produziu somente um protótipo do modelo 728. Logo após a sua apresentação oficial, em março

de 2002, ela fechou as portas por falta de um cliente lançador que justificasse a produção dos modelos. O Gráfico 3.11 captura a evolução da participação do mercado para o segmento entre 61 e 90 assentos.

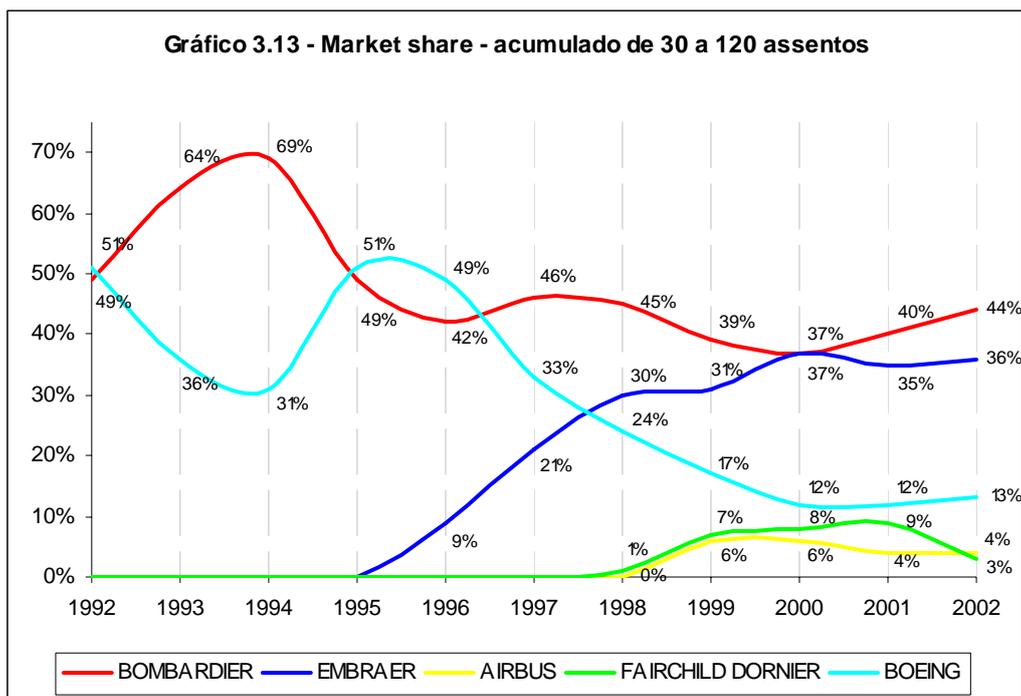


Fonte: Embraer

O lançamento da família 170/190 inaugurou também uma nova fase de participação da Embraer no mercado de aeronaves propelidas a jato através dos modelos E-Jet 190 e 195. Com estas aeronaves a Embraer passou a concorrer com a Boeing (737 e 717) e com a Airbus (A 318) no segmento de 91 a 120 assentos. O gráfico 3.12 destaca a evolução do *market share* dos modelos. A participação consolidada do mercado para o segmento de 30 a 120 assentos é destacada no gráfico 3.13.



Fonte: Embraer



Fonte: Embraer

A tabela 3.7 sintetiza o *market share* para o período entre 2003 e 2006 onde é evidenciado o ganho de participação da Embraer para o segmento entre 91 e 120 assentos decorrentes dos modelos E-Jet 190 e 195. A ampliação da participação, decorrente deste segmento, acabou por influenciar o aumento de participação da Embraer em todo o segmento de 30 a 120 assentos.

Tabela 3.7 - Participação da Embraer no mercado de jatos comerciais

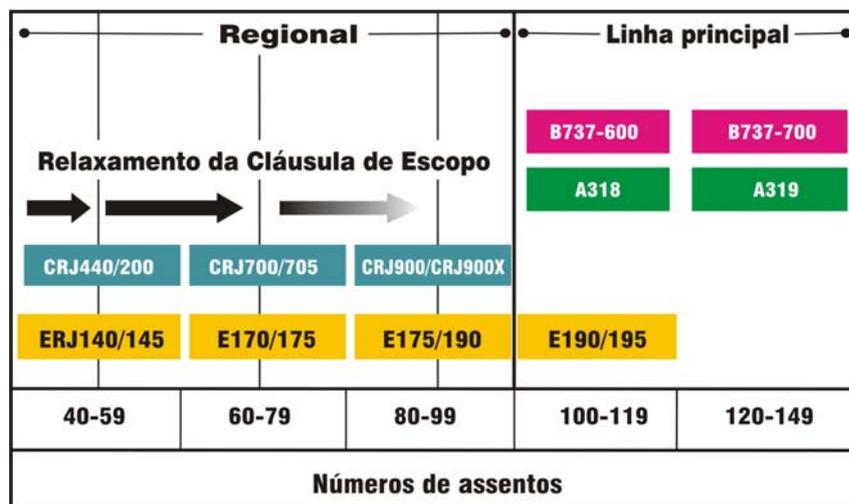
FAIXA (assentos)	PARTICIPAÇÃO ANUAL EM %			
	2003	2004	2005	2006
30 a 60	45	44	46	47
61 a 90	33	36	36	36
91 a 120	23	32	57	58
30 a 120	34	40	46	47

Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios anuais da Embraer

A estratégia delineada pela Embraer no desenvolvimento da família E-Jet 170/190 pode ser caracterizada como ofensiva, não só pelas inovações incorporadas no processo produtivo (e pela decisão de conceber um produto a partir do estado da arte),

como também pela inauguração de um segmento mais dilatado, onde as construtoras regionais não operavam antes. Outro fator que confirma a postura ofensiva da Embraer foi o desenvolvimento da família em uma época em que os aumentos marginais no tamanho da estrutura da aeronave (ou diminuição) eram constrangidos pelos sindicatos dos EUA, através da cláusula de escopo, cujo objetivo era manter o nível de emprego e salários dos pilotos¹⁴⁶. O seu relaxamento possibilitou que a Embraer avançasse para dentro da fronteira dominada pelas grandes construtoras (Boeing e Airbus). A Figura 3.4 mostra que a Embraer foi a primeira a se mover além destes limites ao introduzir o E-190, em 2005, e o E-195, no ano seguinte. O aumento da participação do mercado foi o resultado das estratégias ofensivas delineadas pela Embraer.

Figura 3.4 - Principais modelos que concorrem com a Embraer



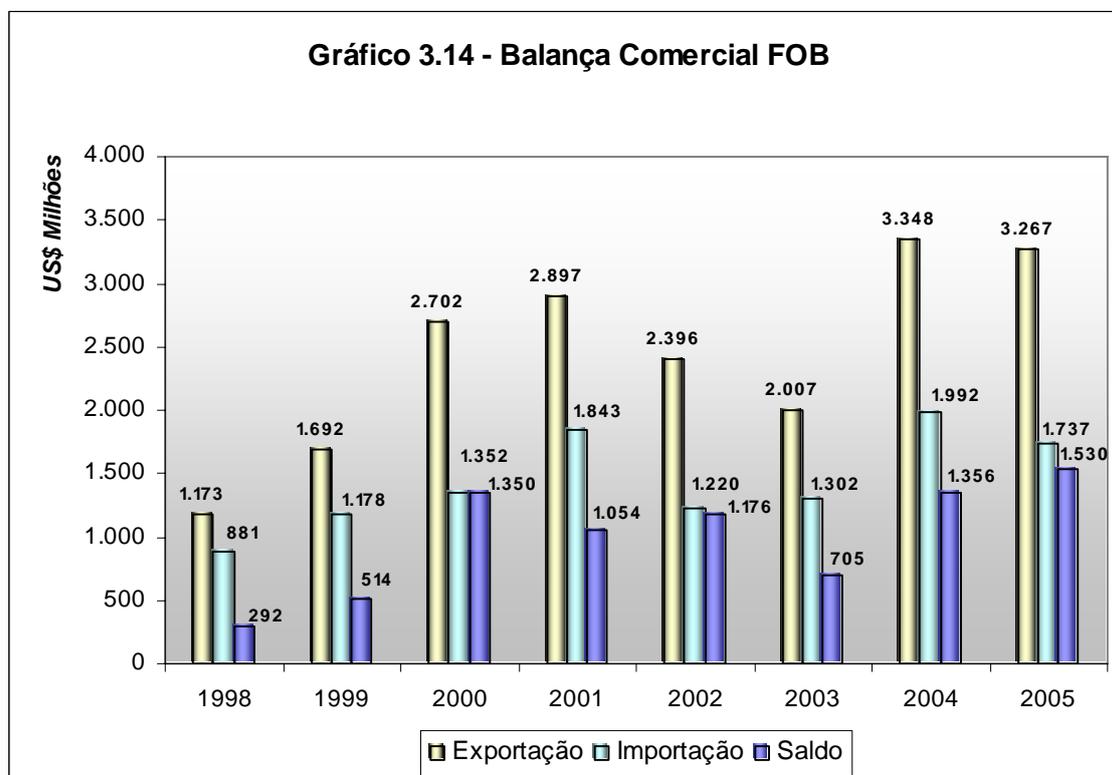
Fonte: Bombardier.

Outra forma de verificar o sucesso das estratégias ofensivas delineadas pela Embraer é através do desempenho das exportações. A Embraer foi a maior exportadora brasileira entre os anos de 1999 e 2001. Atualmente ela é a terceira maior exportadora do Brasil (atrás da Petrobrás e Companhia Vale do Rio Doce)¹⁴⁷. Sua carteira de

¹⁴⁶ As *Scope Clauses* surgiu na metade da década de 90. Tratava-se de acordos que limitavam a atuação dos jatos regionais em muitas das principais empresas de transporte aéreo nos EUA. Entre 1995 e 1996, o mercado vinha de um período de grande aquecimento, e os pilotos eram o recurso mais escasso no setor, o que dava aos sindicatos um grande poder de barganha. Os pilotos tinham a preocupação de verem seus salários reduzidos (já que os pilotos das *majors* são melhores remunerados) ou de perderem seus empregos, devido ao movimento de substituição de rotas tradicionalmente atendidas por aeronaves de grande porte (como o Boeing 737 e MD-80) pelas aeronaves regionais.

¹⁴⁷ Em 2002 e 2004 a Embraer foi a segunda maior exportadora brasileira, e em 2006 suas exportações representaram 4,36% do total exportado pelo Brasil, segundo Síntese da Economia Brasileira 2007 (Confederação Nacional do Comércio).

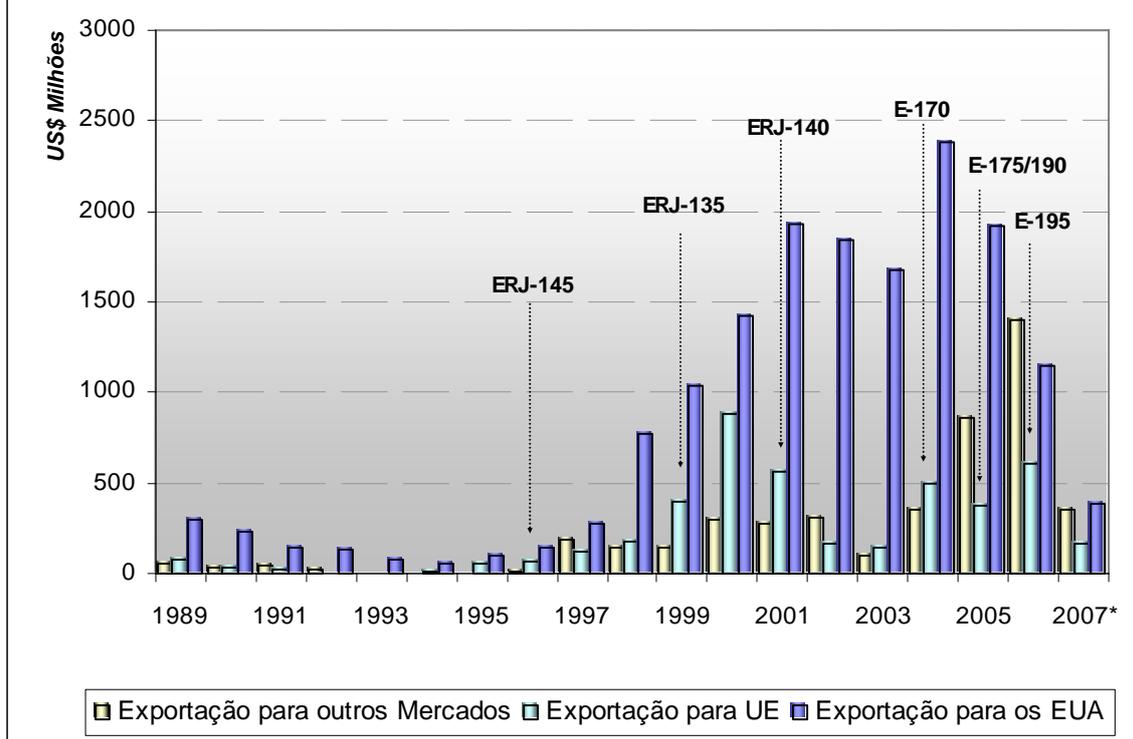
pedidos firmes (de aeronaves a serem entregues) contabiliza US\$ 15,6 bilhões, se for computado as opções o valor aumenta para US\$ 38,5 bilhões¹⁴⁸. O Gráfico 3.14 sintetiza o resultado das vendas externas da Embraer entre 1998 e 2006. O principal mercado da Embraer continua sendo o americano. No entanto, com o início das entregas da família 170, em 2004, outros mercados começaram a ganhar importância. Um destes mercados foi o canadense. A *Air Canada* (cliente lançador do E-175), após a certificação do E-170/175, em julho de 2005, pela *Transport Canada Civil Aviation (TCCA)*, adquiriu 15 modelos do E-175 (sendo entregues 14 modelos em 2005). Com a certificação do E-190 pelas autoridades canadenses, em dezembro, a *Air Canada* adquiriu seu primeiro modelo, de um total de 45 pedidos firmes. Foram entregues 26 modelos do Embraer 190 da carteira de pedidos da *Air Canada* nos anos sucessivos, em setembro de 2007 a carteira de pedidos contabiliza 19 modelos a serem entregues. O Gráfico 3.15 mostra a evolução das exportações da Embraer com destaque para o mercado americano e europeu. As setas indicam o ano em que foram entregues as primeiras unidades de cada modelo de jatos regionais pela Embraer.



Fonte: Secex - Secretaria de Comércio Exterior.

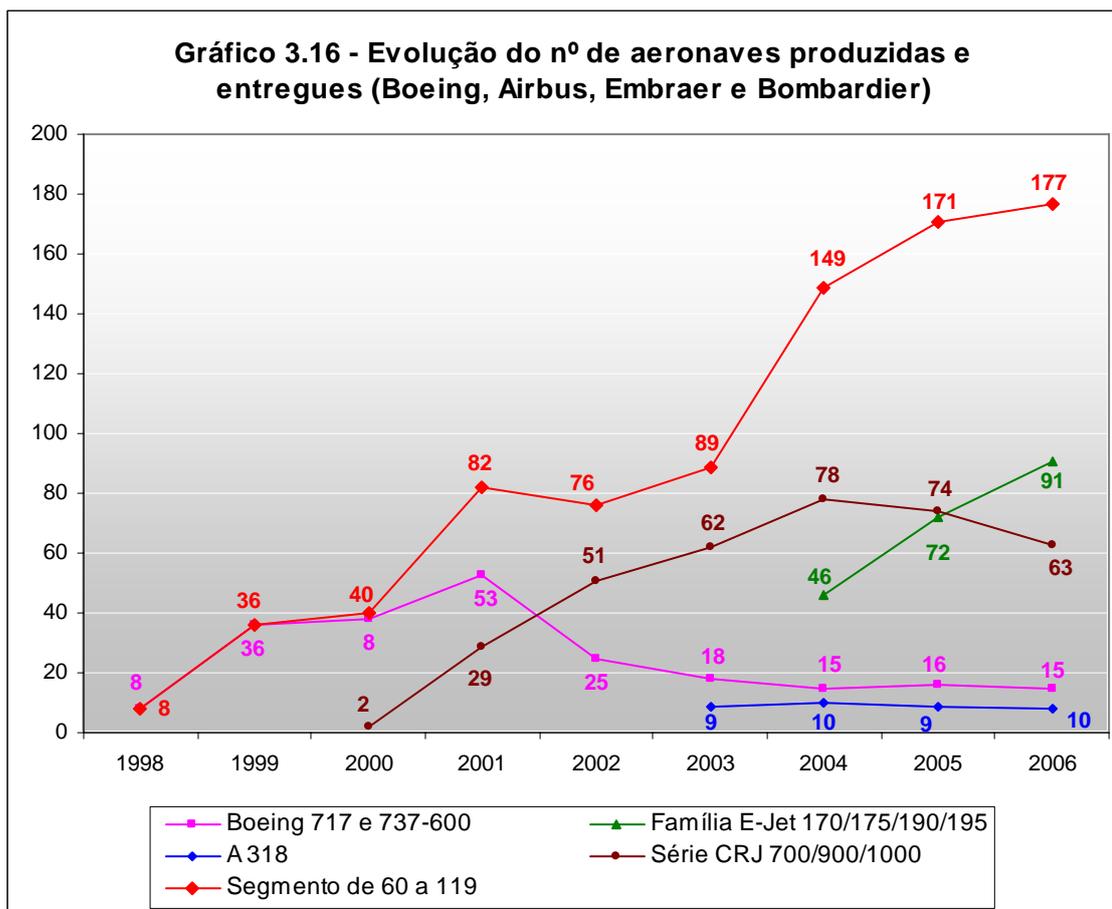
¹⁴⁸ Valores divulgados no 2º trimestre de 2007.

Gráfico 3.15 - Principais mercados de vendas da Embraer



Fonte: Elaboração própria através de dados levantados junto ao Sistema Alice (Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet) do MDIC. Disponível em: <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/default.asp>. Observações: (*) Levantamento realizado até abril de 2007 e (**) Mercadoria: 88022010 - Aviões a hélice, etc de peso ≤ 2.000 Kg a 88024010 - Aviões a turboélice, etc de peso > 15.000 Kg, vazios. Exportação a partir de São Paulo.

Da mesma forma que o ciclo de vida do segmento até 50 assentos justificou a queda das exportações a partir de 2001, ele inaugurou uma nova fase de crescimento para Embraer, a partir de 2004, com as primeiras entregas da família 170/190. O crescimento da produção do novo segmento é destacado no gráfico 3.16 através da evolução das entregas das aeronaves que concorrem atualmente com os modelos da família 170/190 (segmento de 60 a 119 assentos). A carteira de pedidos firmes da Embraer para este segmento contabilizava 426 pedidos firmes, em 30 de setembro de 2007, contra 157 da Bombardier e 53 da Airbus. Na mesma data, a carteira de pedidos firmes da Boeing para os modelos 717-200 e 737-600 encontrava-se zerada. O último modelo do Boeing 717-200 foi entregue em 23 de maio de 2006, sendo o programa encerrado na mesma data. Apesar do programa do modelo 737-600 está em aberto, desde 8 de agosto de 2005 não ocorre entrega deste modelo.



Fonte: Elaboração própria através de consulta junto aos relatórios das empresas.

A tabela 3.8 identifica os principais modelos (destacando algumas informações técnicas) que competem com os aviões fabricados pela Embraer. Atualmente a liderança no mercado de jatos regionais para a aviação comercial é desfrutada pela Embraer. Apesar da tabela incluir algumas aeronaves das grandes construtoras (Boeing e Airbus), devido à nova faixa (70 a 110) atendida pela empresa brasileira, a concorrente direta da Embraer continua sendo a canadense Bombardier. Com as primeiras vendas da Família ERJ-145, a Embraer iniciou o processo de recuperação, tendo até o terceiro trimestre de 2007, contabilizados 915 pedidos firmes. Com o lançamento da nova família E-Jet 170/190 a Embraer efetivamente corroeu a posição da Bombardier no segmento de jatos para a aviação regional. A carteira de pedidos desta construtora contabiliza na atualidade 538 jatos dos modelos CRJ-700/705/900/1000, enquanto a carteira de pedidos firmes da Embraer contabiliza 718 modelos.

Tabela 3.8 - Características básicas dos principais modelos concorrentes da Embraer

	Modelos	Motores		n° de assentos	Alcance (Km)	Velocidade de cruzeiro (Km/h)	Ano 1 ^{as} entregas	Total de aeronaves		
		n°	Localização*					entregues	firmes em carteira	Pedidos firmes
EMBRAER	ERJ 145	2	C	50	2.871 a 3.704	833	1996	682	51	733
	ERJ 140	2	C	44	3.056	833	2001	74	0	74
	ERJ 135	2	C	37	3.241	833	1999	108	0	108
	E 170	2	A	70 a 80	3.890	870	2004	137	26	163
	E 175	2	A	78 a 88	3.704	870	2005	46	60	106
	E 190	2	A	98 a 114	4.445	870	2005	99	292	391
	E 195	2	A	108 a 122	4.074	870	2006	10	48	58
							Total	1.156	477	1.633
BOMBARDIER	CRJ 100	2	C	50	1.815	786	1992	226	0	226
	CRJ 200	2	C	50	2.491 a 3.148	786 a 860	1995	709	0	709
	CRJ 440	2	C	40 a 44	2.491 a 3.148	786 a 860	2002	86	0	86
	CRJ 700	2	C	até 78	2.655 a 3.704	828 a 875	2001	255	11	266
	CRJ 705	2	C	até 75	3.139 a 3.730	828 a 881	2006	15	0	15
	CRJ 900	2	C	até 90	2.500 a 3.385	828 a 881	2003	111	108	219
	CRJ 1000	2	C	86 a 100	2.761 a 3.131	827 a 870	-	0	38	38
							Total	1.402	157	1.559
BOEING	B 717-200	2	C	106	2.645 a 3.815	818	1999	156	0	156
	B 737-600	2	A	110 a 132	2.480 a 5.648	834	1998	69	0	69
							Total	225	0	225
AIRBUS	A 318	2	A	107	2.700 a 5.950	870	2003	47	53	100
							Total	47	53	100

Fonte: Elaboração própria a partir de consultas junto à: Embraer; Bombardier; Airbus e Boeing, realizada no 3º trimestre de 2007. Observação: (*) C ≡ Cauda e A ≡ Sob as asas.

SÍNTESE DO CAPÍTULO.

Neste capítulo foram destacados alguns elementos que governaram a dinâmica do processo de mudança técnica na indústria aeronáutica. Este processo acabou por induzir as construtoras de estruturas aéreas (de grande porte e regional) a avançar dentro de suas trajetórias tecnológicas. Foi destacada a importância do processo de transmutação do regime de produção por subcontratação e as ações do governo, através de seu poder de compra, nos incentivos às atividades P&D e na regulação da estrutura produtiva e do transporte aéreo.

A desregulamentação do transporte aéreo nos EUA, conjugada com as crises do petróleo, veio favorecer a utilização de turboélices no segmento regional, em uma época que as grandes construtoras eram submetidas ao novo paradigma do motor a jato. Sua consolidação no transporte aéreo de grande porte teve o efeito redefinir a participação no mercado, com a Boeing e a Airbus se tornando as principais construtoras da indústria aeronáutica. Posteriormente, a conjugação da depuração dos choques do petróleo com os avanços tecnológicos na indústria de motores a jato tiveram o efeito de favorecer a utilização de jatos regionais na aviação comercial, contribuindo para o primeiro lançamento da Embraer (o ERJ-145), em 1996. A estratégia de espectro ofensivo ficou caracterizada pelas vendas deste modelo ao mesmo tempo em que o número de construtores do segmento regional diminuía.

A Embraer lançou a família E-Jet 170/190 partindo do estado da arte. Os resultados de suas vendas indicam que ela se engajou em uma estratégia ofensiva. Contudo, não foi a Embraer que inaugurou este ciclo. Os modelos da Boeing (1998) e Bombardier (2000) foram primeiramente entregues no mercado, seguidos pela Airbus (2003) e Embraer (2004). Uma análise do gráfico 3.14, confrontada com os pedidos firmes em carteira das construtoras na tabela 3.8, permite concluir que será a Embraer que ditará a evolução do número de entregas de aeronaves para o segmento de 60 a 119 passageiros nos próximos anos. Tal fato serve para demonstrar que a trajetória tecnológica delineada pela Embraer é mais virtuosa que aquelas que caracterizam os modelos da Boeing, Airbus e Bombardier.

COMENTÁRIOS FINAIS.

A concorrência na indústria de aeronaves segue um padrão cíclico que pode ser representado com o modelo de ciclo de vida do produto. Cada ciclo é formado por um segmento de aeronaves segundo a capacidade de transporte de passageiros. Considerando a intensa dinâmica inovativa que caracteriza a concorrência nesta indústria e o processo concorrencial que advém de tal dinâmica, as construtoras adotam deliberadamente estratégias de espectro ofensivo-defensivo. Na verdade o processo de aprendizado pelo uso, o *learning-by-using*, compele as construtoras a adotarem esta estratégia. A construtora que sai na frente tem a vantagem de efetuar os ajustes necessários no modelo desenvolvido de forma a acomodá-lo às necessidades das companhias aéreas. Isto, ao mesmo tempo em que contribui para a consolidação de um *design*, tem o efeito de lançar a construtora de estrutura aérea em uma trajetória que é caracterizada pelo *lock-in*. A adoção da estratégia, no entanto, deve ser bem sincronizada com a fase do ciclo de vida do produto comercializado para que não se perca a janela de oportunidade aberta pelo mercado. A atividade de monitoramento do mercado é crucial para o sucesso das construtoras. Esta característica faz com que a estratégia de inovação nesta indústria tenha um forte componente ofensivo, fazendo com que as firmas defensivas acompanhem bem de perto a evolução das firmas mais ofensivas, de tal modo que as duas modalidades estratégicas às vezes se confundam. Tal fato acaba por dificultar, *a priori*, a identificação de qual postura estratégica é adotada por distintas construtoras de estruturas aéreas.

O advento do motor a jato foi a mudança de paradigma tecnológico que mais influenciou as trajetórias inovativas das firmas na indústria aeronáutica, em particular a trajetória das construtoras de estruturas aéreas. De um modo geral, cada segmento da aviação comercial sofreu reflexos dessa evolução do paradigma em distintas épocas, ou seja: (1) o setor das grandes construtoras começou a ser influenciado a partir da década de 50; (2) a aviação executiva a partir do início da década de 80; e (3) a aviação regional a partir do início da década de 90. A Embraer (ERJ-145, lançado em 1996) mesmo saindo atrás da Bombardier (CRJ-100/200, lançado em 1992) na época conseguiu galgar posições. Tal reação, ao mesmo tempo em que caracterizou a superioridade deste modelo *vis-à-vis* ao da Bombardier, também retrata que o ciclo de vida do produto comercializado ainda não tinha iniciado sua plena ascensão. Tal fato pode ser observado

através da evolução das exportações do Brasil e Canadá no gráfico 3.3. Nele é retratado que o crescimento das exportações para o segmento tornou-se significativo a partir de 1994. Isto possibilitou também que a Embraer não perdesse posições no processo concorrencial, ou seja, ela conseguiu se inserir no mercado ainda na primeira fase do ciclo de vida do produto.

Com relação à noção de *design* dominante, as construtoras de aviões de médio porte para a aviação regional puderam se beneficiar das “trilhas tecnológicas” exploradas pelas grandes construtoras. Conforme visto na tabela 3.4, a configuração básica com dois motores na cauda foi o *design* básico que obteve uma boa aceitabilidade na indústria de transporte aéreo comercial, principalmente com nos modelos DC-9 comercializados entre 1965 e 1982, totalizando 976 entregas. Aqui vale uma observação: a Bombardier quando desenvolveu o CRJ-100 partiu da plataforma de um jato corporativo, já a Embraer desenvolveu sua aeronave partindo do estado da arte (mesmo que a intenção inicial não fosse esta). Na verdade, a configuração básica com dois motores na cauda sempre fez parte dos modelos desenvolvidos pela Bombardier. Tal fato caracteriza um aprisionamento da configuração básica dos modelos desenvolvidos por esta empresa. A Embraer, ao desenvolver a família E-Jet 170/190, adotou a configuração básica que consagrou os modelos da Boeing, ou seja, com um motor sob cada asa.

Bernardes (2000) destaca que desde 1998 a Embraer tem um departamento de “inteligência de mercado”, através do qual a empresa busca, a partir de interações de aprendizagem e inovação com potenciais clientes, atender as necessidades que estes poderiam vislumbrar como consequência de suas atividades de transporte aéreo. Desta forma, a Embraer internalizou a metodologia destes estudos prospectivos sobre o conhecimento do mercado e a potencial necessidade das operadoras aéreas. De forma resumida, as prospecções incorporam as tendências de mercado através da quantificação da demanda global de aeronaves. Para tanto, se utiliza a técnica de análise *Top Down* que consiste em avaliar elementos como: frota, quantidade de aviões em operação e condição da frota, evolução das vendas, *backlog* (carteira de pedidos), unidades vendidas e não entregues e, ainda, previsão de vendas. A outra metodologia é chamada *Bottom-up* que consiste em uma abordagem direta com as operadoras da aviação

regional, através da qual se busca obter informações sobre a taxa de ocupação dos trechos onde operam e o interesse sobre um novo produto.

Após o lançamento desta família outras empresas resolveram se lançar no mercado de jatos regionais. Uma delas foi a fabricante de caças russos a Sukhoi, com seu Superjet 100 (em três versões: 75, 95 e 110 assentos). Durante o Salão Aeronáutico de Paris, entre 19 e 24 de junho de 2007, foram negociadas dez unidades, e opções de mais 15, com a companhia aérea regional italiana ItAli Airlines. O maior atrativo destes modelos é o preço em torno de US\$ 25 milhões (os E-Jet custam entre US\$ 29 e US\$ 36,5 milhões).

A China também iniciou o desenvolvimento do ARJ-21 (Jato Regional Avançado do Século 21), com configuração muito parecida com os modelos da família ERJ-145. Os modelos chineses serão fabricados pela Avic I (China Aviation Industry Corporation I). Serão produzidos dois modelos básicos: (1) o ARJ 21-700, Advanced Regional Jet, com capacidade de transportar 78-90 passageiros, podendo alcançar entre 2.225 e 3.700 Km (atualmente a carteira de pedidos contabiliza 71 ordens firmes) e (2) o ARJ 21-900 com capacidade de transportar 98-105 passageiros, podendo alcançar entre 2.225 e 3.334 Km. O lançamento está previsto para o ano de 2010.

O desenvolvimento destes modelos se iniciou em setembro de 2002, no mesmo ano (dezembro de 2002) em que a Embraer assinou um contrato para a construção de uma unidade industrial na China, através de uma *joint venture* com a Harbin Aircraft Industry Group Co., Ltd. e a Hafei Aviation Industry Co., Ltd. – companhias controladas pela Avic II, localizada na cidade de Harbin, capital da província de Heilogjiang (a Embraer é a controladora do negócio, com 51% de participação). Nela a Embraer pretende fabricar os aviões da família ERJ-145 para o mercado chinês. Os pedidos em carteira somente se tornaram significantes a partir de agosto de 2006, quando foi anunciada a venda de 50 aviões ERJ-145 ao grupo HNA, a quarta maior companhia aérea da China. Na ocasião o grupo também adquiriu 50 Embraer 190, com o valor total das encomendas firmes tendo atingido US\$ 2,7 bilhões. A Embraer ao firmar uma *joint venture* com a Harbin busca um rejuvenescimento do ciclo de produto, uma vez que, ela comercializará os modelos ERJ-145 no mercado chinês.

A Mitsubishi do Japão está desenvolvendo os jatos MRJ 70 e 90 (Mitsubishi Regional Jet) que terão motores GE, Pratt & Whitney e Rolls Royce. O primeiro modelo terá capacidade para transportar entre 70-80 passageiros e o segundo entre 86-96. A construtora pretende lançar estes modelos em serviço em 2012. A expectativa é que eles tenham autonomia para alcançar entre 1.610 e 3.910 Km, operando com uma estrutura mais leve com materiais compostos. Os modelos Japoneses e Russos possuem a mesma configuração básica da família E-Jet 170/190, com um motor sob cada asa. Este fato serve para demonstrar que tal configuração caracteriza o *design* dominante para este novo segmento regional inaugurado pela Embraer.

A dinâmica concorrencial na indústria de estruturas aéreas tende a tornar este mercado fortemente concentrado. Na verdade, qualquer construtora que negligencie o ciclo de vida do produto comercializado e o *design* dominante tende a ser expulsa do mercado. A entrada no processo concorrencial na fase de declínio do produto pode ser muito arriscada para construtoras de estruturas aéreas. Contudo, a Embraer, visando a atender o mercado chinês e com isto rejuvenescer o ciclo de vida do produto, instalou uma planta em Harbin. Segundo *Embraer Market Outlook (2007-2026)*, o mercado de transporte aéreo crescerá anualmente nos próximos 20 anos 4,9%, impulsionado pelo crescimento do PIB mundial de 3% e pela redução das tarifas aéreas. Neste mesmo período, o mercado de transporte aéreo chinês crescerá 7% ao ano, apresentando um grande potencial para o desenvolvimento da aviação regional, sobretudo para o segmento de 50 assentos.

A dissertação tratou a evolução da Embraer por uma ótica da concorrência schumpeteriana, onde a busca por diferenciação por parte das construtoras, através de estratégias de inovações deliberadas, tem o efeito de proporcionar vantagens competitivas. A incerteza que cercam tais posturas estratégicas é o aspecto central que não permite predizer acuradamente o seu resultado. No entanto, a sobrevivência das construtoras e os lucros, sobretudo os de monopólio, que advém das vantagens competitivas decorrentes de suas estratégias tem o efeito de concentrar a indústria aeronáutica, particularmente a indústria construtora de aeronaves regionais.

A teoria convencional, principalmente em sua vertente mais rígida, ou seja, a teoria neoclássica, trata a concorrência pelo atomismo de mercado onde as firmas

individuais são tomadoras de preços (*price takers*). Desta forma, elas são incapazes de afetar o preço de mercado, sendo este determinado pelo equilíbrio entre a oferta e a demanda, ou seja, com o preço de mercado igualando-se a seu custo marginal. Tal premissa sustenta a noção de concorrência perfeita onde: (1) inexistem barreiras à entrada; (2) as informações estão disponíveis e acessíveis a todos; (3) não é admitida a coordenação entre firmas; (4) o produto é homogêneo (ausência de diferenciação) e (5) é presenciada a perfeita mobilidades de fatores. Estas características acabam por qualificar o caráter estático desta vertente concorrencial.

Possas (2002) destaca que a principal característica da concorrência schumpeteriana, que a diferencia da ótica convencional, “é que ela se insere numa visão dinâmica e evolucionária do funcionamento da economia capitalista. Por ela, a evolução desta economia é vista ao longo do tempo (e por isso é dinâmica e evolucionária) como baseada num processo ininterrupto de introdução e difusão de inovações em sentido amplo, isto é, de quaisquer mudanças no espaço econômico no qual operam as empresas, sejam elas mudanças nos produtos, nos processos produtivos, nas fontes de matérias-primas, nas formas de organização produtiva, ou nos próprios mercados, inclusive em termos geográficos.” Tal característica concorrencial acaba por tratar o monopólio, ou outra forma de concentração do mercado, não como o oposto de concorrência. Dentro desta visão, se as estratégias inovativas forem bem sucedidas na busca de novas oportunidades, o efeito será a geração de monopólios em maior ou menor duração. A teoria do ciclo de vida do produto, associada com a taxonomia de Freeman e Soete e com a idéia de *design* dominante, ajudou a compreender melhor esta dinâmica.

A análise dos esforços inovativos da Embraer para o período recente (pós-privatização) quando confrontados com aqueles da Bombardier, pelo menos no que diz respeito aos gastos de P&D, como visto no capítulo anterior, permite concluir que a Embraer se engajou em uma estratégia de espectro mais ofensivo que sua rival. No entanto, o fato da Embraer ter lançado a sua primeira família de jatos regionais (ERJ-145) no início do ciclo de vida do produto, ou seja, no ambiente mais favorável e incerto, acabou também por contribuir para sua evolução, que como visto foi caracterizada por perda de participação do mercado pela Bombardier.

A dissertação não se aprofundou na questão do contencioso vivenciado pelas duas rivais na Organização Mundial de Comércio (OMC). Tal desenvolvimento acabaria por aumentar a dimensão deste trabalho e o tempo necessário para sua efetivação. De forma resumida, o contencioso envolveu os governos do Brasil e Canadá, a partir de 1996. Nesta época, como visto no capítulo anterior, as duas construtoras competiam ainda na fase inicial do ciclo de vida do produto, ou seja, no mercado de aeronaves regionais para o segmento de até 50 assentos. A questão que norteou a contenda estava relacionada aos subsídios praticados por ambos países. O Brasil buscava através do Proex - equalização criar condições de financiamentos que permitissem a Embraer comercializar suas aeronaves de forma que retratasse as taxas de juros praticadas no comércio internacional. O Canadá financiava as exportações da Bombardier através do programa *Canada Account* administrado pela agência oficial de crédito daquele país, a *Export Development Corporation*¹⁴⁹.

Vale destacar, que a iniciativa de buscar a intermediação da OMC partiu do Canadá com o Brasil tomando a mesma postura em seguida. O argumento canadense era de que os jatos regionais da Embraer ampliaram a participação do mercado mundial devido, exclusivamente, à intervenção do governo brasileiro através dos esquemas de financiamentos às exportações de aeronaves. Conforme visto ao longo deste trabalho existem aspectos mais dinâmicos que podem explicar adequadamente a concentração de mercados. Tal constatação tem o efeito de induzir o desenvolvimento de uma teoria de comércio internacional e de defesa da concorrência que retratem adequadamente a dinâmica inovativa das firmas e sua importância no processo competitivo. Na verdade, os condicionantes institucionais sobre a forma como as construtoras de estruturas aéreas competem não devem ser exclusivamente orientados por uma análise estática do processo de concorrência, havendo necessidade do desenvolvimento de um ferramental que comporte a defesa da concorrência ao considerar seu aspecto dinâmico.

¹⁴⁹ Esta agência oficial tem por objetivo apoiar, desenvolver, de forma direta ou indireta, o comércio internacional do Canadá, se engajando no desenvolvimento das atividades de exportação ao apoiar oportunidades de negócios internacionais.

Referências Bibliográficas

- BAPTISTA, M. “O enfoque neo-schumpeteriano da firma”, (Mimeo), 1997.
- BERNARDES, R. “Embraer: elos entre estado e mercado”, São Paulo: ed. Hucitec, Fapesp, 2000.
- BERNARDES, R. “O caso Embraer - privatização e transformação da gestão empresarial: dos imperativos tecnológicos à focalização no mercado”, Cadernos de Gestão Tecnológica, CYTED: PGT/USP, São Paulo, 2000.
- BERNARDES, R. “Redes de inovação e cadeias produtivas globais: impactos da estratégia de competição da Embraer no arranjo aeronáutico da região de São José dos Campos”, (Mimeo), 2001.
- BERNARDES, R. e PINHO, M. “Aglomeração e aprendizado na rede de fornecedores locais da Embraer”. In: CASSIOLATO, J. E. e LASTRES, H. (org). Nota Técnica do Projeto de Pesquisa: Políticas para Sistemas Produtivos Locais de MPMEs, São Paulo, 2002.
- BESANKO, D., DRANOVE, D., SHANLEY, M. e SCHAEFER, S. “A Economia da Estratégia”, Porto Alegre: ed. Bookman, Cap 2, 6 e 10, 2006.
- BRITTO, J. “Ciclo de vida do produto e estratégia tecnológica da firma”. (Mimeo), 2007.
- CABRAL, A. S. e BRAGA, C. A. P. “O Estado e o desenvolvimento tecnológico da indústria aeronáutica brasileira”. Texto de discussão, nº 23. FEA - USP, 1986.
- CABRAL, A. S., CHAGAS JÚNIOR, M. F. e CAVALCANTE, M. B. “Capacitações em integração de sistemas e a redefinição das fronteiras das firmas: o caso da Embraer e da Siemens Brasil”, XI Seminário Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica, Salvador, 2005.
- CASTRO, N. e LARNY, P. “Desregulamentação do setor transporte aéreo de passageiros”. Texto para discussão nº 319. IPEA, out. 1993.
- CHAGAS JÚNIOR, M. F. “A evolução dos modelos de gestão do processo de inovação tecnológica nas firmas: o caso da Embraer”, Tese de Mestrado, ITA, São José dos Campos, 2005.
- CUTCHIN, J., FRAVEL, D., GREENE, W., HUGHES, R. and LAHEY, K. “Global Competitiveness of U.S. Advanced”. Washington, DC: U.S. International Trade Commission, publication 2667, august 1993.

DAGNINO, R. “Estudo da competitividade da indústria brasileira: competitividade da indústria aeronáutica”, Campinas, 1993.

DRUMOND, C. D. “Asas do Brasil: Uma História que voa pelo mundo”, São Paulo: ed. de Cultura, 2004.

FREEMAN, C. e SOETE, L. “The economics of industrial innovation”, London: ed. Pinter, Cap. 11 (Innovation and the strategy of the firm), pp. [265-285], 1997.

FRISCHTAK, C. R. “Learning, technical progress and competitiveness in the commuter aircraft industry: an analysis of Embraer”, The World Bank, 1992.

GASPIL - “Glossário de arranjos e sistemas produtivos e inovativos locais” CASSIOLATO, J. E. e LASTRES, H. M. M. (org.). Red sist, 5ª versão, jun. 2005.

GOLDSTEIN, A. “Embraer: de campeón nacional a jugador global”, Revista de La Cepal 77, 2002.

GANEM, C. e SANTOS, E. M. (org.), “Brasil inovador: o desafio empreendedor: 40 histórias de sucesso de empresas que investem em inovação”, MCT, Brasília, 2006.

GOMES, S. B. V., BARTELS, W., LIMA, J. C. C. O., PINTO, M. A. C. e MIGON, M. “O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil”. Revista do BNDES. V. 12 (23), pp. [119-134], Rio de Janeiro, jun. 2005.

HELLER, C. “Path-Dependence, Lock-In e Inércia”. In: PELAEZ, V. e SZMRECSÁNYI, T. (org.). Economia da Inovação Tecnológica, São Paulo: ed. Hucitec: Ordem dos Economistas do Brasil, pp. [260-284], 2006.

HOBDA Y, M. “Complex System vs Mass Production Industries: A New Innovation Research Agenda”. Paper Prepared for CENTRIM/SPRU Project on Complex Product Systems, England, June 1995.

KON, A. “Economia Industrial”. São Paulo: ed. Nobel, Cap 1, 2, 3 e 5, 1999.

KOPLAN, S. *et al.* “Competitive Assessment of the U.S. Large Civil Aircraft Aerostructures Industry”. Washington, DC: U.S. International Trade Commission, publication 3433, June 2001.

KUPFER, D. e HASENCLEVER, L. “Economia industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil”, Introdução. Rio de Janeiro: ed. Campus, 2002.

LIMA, J. C. C. O., PINTO, M. A. C., MIGON, M. N., MONTORO, G. C. F. e ALVES, M. F. “A cadeia aeronáutica brasileira e o desafio da inovação”. BNDES Setorial. N. 21, pp. [31-55], Rio de Janeiro, mar. 2005.

MDIC, “Desenvolvimento de ações de apoio à cadeia produtiva da indústria aeroespacial”. Relatório, (Mimeo), mar. 2002.

MOWERY, D. C. e ROSENBERG, N. “Paths of innovation: technological change in 20th-century America”, Cambridge University Press, Cap 2, 1998.

NELSON, R. e WINTER, S. “Evolutionary Theorizing in Economics”. *Journal of Economic Perspectives*. V. 16 (2), pp. [23-46], 2002.

NELSON, R. R. e WINTER, S. G. “Uma teoria evolucionária da mudança econômica”, Campinas, SP: ed. da UNICAMP, Cap 1, 2, 3, 4, 12 e 13, 2005.

PACITTI, T. “Do Fortran à Internet, no rastro da trilogia: educação, pesquisa e desenvolvimento”, São Paulo: ed. Makron Books, Cap. 3 pp. [57-99]; Cap. 5 [101-124] e Cap. 6 [158-160], 2000.

PASIN, J. A. B. e LACERDA, S. M. “A reestruturação do setor aéreo e as alternativas de política para a aviação comercial no Brasil”. *Revista do BNDES*. V. 10 (19), pp. [217-230], Rio de Janeiro, jun. 2003.

PESSALI, H. F. e FERNÁNDEZ, R. G. “A Tecnologia na Perspectiva da Economia Institucional”. In: PELAEZ, V. e SZMRECSÁNYI, T. (org.). *Economia da Inovação Tecnológica*, São Paulo: ed. Hucitec: Ordem dos Economistas do Brasil, pp. [87-111], 2006.

PESSALI, H. F. e FERNÁNDEZ, R. G. “Inovação e Teorias da Firma”. In: PELAEZ, V. e SZMRECSÁNYI, T. (org.). *Economia da Inovação Tecnológica*, São Paulo: ed. Hucitec: Ordem dos Economistas do Brasil, pp. [302-332], 2006.

PENROSE, E. “A Teoria do Crescimento da Firma”, Campinas: ed. UNICAMP, Cap. 2 pp. [41-64] e Cap. 11 [339-380], 2006.

POSSAS, M. L. “Concorrência schumpeteriana”. In: KUPFER, D. e HASENCLEVER, L. “Economia industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil”, Rio de Janeiro: ed. Campus, pp. [415-429], 2002.

POSSAS, S. “Concorrência e inovação”. In: PELAEZ, V. e SZMRECSÁNYI, T. (org.). *Economia da Inovação Tecnológica*, São Paulo: ed. Hucitec: Ordem dos Economistas do Brasil, pp. [13-40], 2006.

QUEIROZ, S. “Aprendizado Tecnológico”. In: PELAEZ, V. e SZMRECSÁNYI, T. (org.). *Economia da Inovação Tecnológica*, São Paulo: ed. Hucitec: Ordem dos Economistas do Brasil, pp. [193-211], 2006.

ROSENBERG, N. “Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia”, Campinas: ed. da UNICAMP, Cap. 6, 7 e 8, 2006.

ROVERE, R. L. L. “Paradigma e Trajetórias Tecnológicas”. In: PELAEZ, V. e SZMRECSÁNYI, T. (org.). Economia da Inovação Tecnológica, São Paulo: ed. Hucitec: Ordem dos Economistas do Brasil, pp. [285-301], 2006.

SBRAGIA, T. e TERRA, J. C. C. “Embraer: trajetória de uma empresa de alta tecnologia brasileira”, Cadernos de Gestão Tecnológicas, NPGCT/USP, São Paulo, 1993.

SCHERER, F. M. e ROSS, D. “Industrial market structure and economic performance”, Houghton Mifflin Company, [1-14], 1989.

SEITZ, F., ABERNATHY, W., MOWERY, D., ROSENBERG, N. *et al.* “The Competitive Status of the U. S. Civil Aviation Manufacturing Industry: A Study of the Influences of Technology in Determining International Industrial Competitive Advantage”, Washington, DC: National Academy Press, 1985.

SILVA, O. “A decolagem de um sonho”, São Paulo: ed. Lemos Editorial, 2005.

SZMRECSÁNYI, T. “A Herança Schumpeteriana”. In: PELAEZ, V. e SZMRECSÁNYI, T. (org.). Economia da Inovação Tecnológica, São Paulo: ed. Hucitec: Ordem dos Economistas do Brasil, pp. [112-134], 2006.

TIGRE, P. B. “Gestão da Inovação - A Economia da Tecnologia do Brasil.” Rio de Janeiro: ed. Elsevier - Campus, Cap. 5 e 9, 2006.

TIGRE, P. B. “Inovação e Teorias da Firma em três Paradigmas”, Revista de Economia Contemporânea, nº 3, jan.-jun., 1998.

UTTERBACK, J. M. e SUÁREZ, F. F. “Innovation, competition, and industry structure”. Research Policy (22), pp. [1-21], North-Holland, 1993.

VERNON, R. “Investimento Externo e Comércio Internacional no Ciclo do Produto”. In: SAVASINI, J. A., MALAN, P. S. e BAER, W. (org.). Economia Internacional, São Paulo: ed. Saraiva, 1979.

Sites Pesquisados

<http://www.mrj-japan.com/>

MRJ - Mitsubishi Regional Jet.

http://www.acac.com.cn/site_en/product.asp

Avic 1 - Commercial Aircraft Co., Ltd.

<http://www.embraer.com.br/portugues/content/home/>

Embraer - Empresa Brasileira de Aeronáutica S. A.

<http://www.boeing.com/>

The Boeing Company.

<http://www.airbus.com/en/>

Airbus.

<http://www.bombardier.com/>

Bombardier.

<http://www.sukhoi.org/eng/planes/projects/rrj/>

Sukhoi Company (JSC) - Airplanes - Civil aviation - Superjet 100.

<http://www.atraircraft.com/>

ATR Regional Aircraft.

<http://www.airliners.net/info/>

Airliners.net: Aircraft info and history section.

http://www.aerospace-technology.com/projects/#Regional_Jets

Industry Projects - Aerospace Technology.

<http://www.nectar.ita.br/>

Núcleo de Estudos em Competição e Regulação do Transporte Aéreo.

<http://www.jetsite.com.br/2006/default.asp>

Jetsite

<http://comtrade.un.org/>

UN Comtrade.

<http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br/default.asp>

MDIC - ALICE Web.

<http://www.ruleof70to110.com/main/index.html>

The Rule of 70 to 110.

<http://www.geocities.com/egnnews/>

Revistas Pesquisadas

AVIÃO REVUE, “Le Bourget consagra E-Jets”, nº 94- Ano VIII, São Paulo: julho 2007.

AVIATION WEEK & Space Technology, “Regionals on the rise”, New York: may 12, 1997, pg. 48.

FLAP INTERNACIONAL, “Bandeirante no mundo”, nº 102 - Ano 18, São Paulo: abril 1980.

FLAP INTERNACIONAL, “Embraer: Uma história de sucesso”, nº 262 - Ano 31, São Paulo: julho 1994.

FLAP INTERNACIONAL, “Feira Aérea de Paris 89”, nº 208 - Ano 27, São Paulo: julho 1989.

FLAP INTERNACIONAL, “Liberando o financiamento de aviões a operação do navajo 820”, nº 82 - Ano XV, São Paulo: agosto 1978.

FLAP INTERNACIONAL, “O CBA-123 está decolando”, nº 204 - Ano 27, São Paulo: março 1989.

FLAP INTERNACIONAL, “O Lançamento do Brasília”, nº 103 - Ano 18, São Paulo: maio 1980.

FORÇA AÉREA, “EMB-145! O super jato brasileiro (uso civil e militar)”, nº 4 - Ano 1, São Paulo: set/out 1996.

FORÇA AÉREA, “Explorando os limites do Embraer 170”, nº 35 - Ano 9, São Paulo: jun/jul/ago 2004.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)