

PANORAMA SETORIAL 2015-2018

AEROESPACIAL

Sergio B. Varella Gomes
Paulus Vinicius da Rocha Fonseca*

*Respectivamente, gerente e contador do Departamento de Comércio Exterior 1 da Área de Comércio Exterior do BNDES.

Introdução

De 2009 a 2012, o investimento total no setor aeroespacial foi de R\$ 4 bilhões, puxado principalmente pelos investimentos da maior empresa do setor no Brasil, a Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (Embraer S.A.). Até 2012, não se acompanhava o setor de defesa, tanto pelos baixos volumes movimentados desses produtos como pela dificuldade de se obterem dados confiáveis.

Na perspectiva de investimentos para o período de 2015 a 2018, estimam-se investimentos da ordem de R\$ 12 bilhões para o setor aeroespacial, puxados especialmente pela necessidade de novos investimentos da Embraer, da Helibras, dos decorrentes do programa FX-2 (novo caça da Força Aérea Brasileira – FAB) e de novos projetos em fase de desenvolvimento nas empresas do setor espacial.

A Embraer deverá fazer investimentos importantes em virtude do desenvolvimento da nova geração de jatos comerciais, chamada de E-2, da continuidade dos projetos de novos jatos executivos (Legacy 450 e 500) e da conclusão do desenvolvimento (certificação e implantação da capacidade produtiva) do cargueiro militar KC-390. Além desses projetos, a empresa tem o histórico de realizar investimentos perenes em pesquisa e desenvolvimento (P&D) de novas tecnologias, nem sempre associadas a um produto específico, mas que poderão vir a ser integradas a seus projetos no futuro (P&D – pré-competitivo). Anualmente, esses investimentos perenes são da ordem de 2% a 3% da Receita Operacional Líquida da empresa. Já no desenvolvimento dessa nova geração de jatos comerciais (E-2), a Embraer projeta a necessidade de se realizarem investimentos em torno de mais de R\$ 3,5 bilhões nos próximos seis anos.

A Helibras continua a crescer, com investimentos significativos, tanto em capacidade produtiva quanto em P&D para seus produtos. Busca agregar mais tecnologia brasileira aos produtos que oferece, além de planejar o desenvolvimento de um novo helicóptero, a ser concebido, projetado, desenvolvido e produzido no Brasil. Estima-se que, entre 2014 e 2020, deverá gerar um investimento total de R\$ 1,5 bilhão tanto em P&D quanto em ativos para a produção.

No setor de defesa, os investimentos decorrem principalmente das demandas consagradas no Inova Aerodefesa, do qual ambas as empresas citadas também participam.

Por fim, incluem-se, na perspectiva atual, novos investimentos, em função da contratação do programa FX-2. O dispêndio total do programa é estimado em R\$ 7,2 bilhões, valor a ser executado ao longo dos próximos dez anos.

Forças, fraquezas e padrão de concorrência

Entre as principais forças, é possível citar, inicialmente, a chamada inteligência de mercado, ou seja, a apurada capacidade de distinguir nichos do mercado global e investir naquele que tem alta probabilidade de ser bem-sucedido. Há todo um histórico a esse respeito: aeronaves Bandeirante, Brasília, ERJ-145, E-Jets, Sistema Astros etc. Além disso, conta-se com uma boa base tecnológica, representada em São José dos Campos pelos Institutos de Ciência e Tecnologia (Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial – DCTA, Instituto Tecnológico da Aeronáutica – ITA), em São Carlos pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) e pela Universidade de São Paulo (USP), em Belo Horizonte pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em Itajubá pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei), entre outros. Existem ainda autoridades aeronáuticas certificadoras (civil, com a Agência Nacional da Aviação Civil – Anac, e militar, com o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeronáutica – DCTA e o Instituto de Fomento e Coordenação Industrial – IFI) que têm décadas de experiência, com reputação internacionalmente reconhecida, e as marcas Embraer e Helibras (subsidiária integral da Grupo Airbus), globais e maduras, auxiliando todo o resto do setor.

Entre as fraquezas, constatam-se a elevada concentração e a dependência de uma empresa – Embraer. Por isso, a cadeia produtiva ainda é frágil, implicando empresas essencialmente de pequeno porte. Ademais, o sistema tributário não as desonera integralmente nas etapas subsequentes de peças e componentes que serão exportados quando integrados a aeronaves ou outros produtos (resultando em concorrência desigual com fornecedores do exterior). Por outro lado, comparativamente ao observado nos países desenvolvidos, faltam instituições no país que possam extrair toda a externalidade econômica positiva em potencial do setor em comento. O carregamento regular de recursos de P&D para o setor é a prática das agências governamentais especializadas em interagir com a indústria (por exemplo, NASA e Darpa nos Estados Unidos, ONERA na França, Miti no Japão, entre outras). Em suma, há um déficit de políticas públicas de apoio, o que leva a não se contar com um *level playing field* para as empresas brasileiras *vis-à-vis* suas concorrentes globais.

Apesar disso, o cenário brasileiro tem dado sinais recentes de melhora, em função das políticas públicas englobadas no decreto presidencial que criou, em dezembro de 2008, a Estratégia Nacional de Defesa (END). A pedra de toque dessa estratégia consiste na definição da chamada Base Industrial de Defesa (BID) e na outorga de vantagens para as empresas que passem a compô-la.

Dado que o mercado aeroespacial é, por definição, global, o padrão de concorrência para os dois principais fabricantes brasileiros – Embraer e Helibras – se dá

por meio da atuação em nichos específicos e da qualidade do produto. A Embraer tem três áreas de atuação:

- Projeta e fabrica jatos comerciais (E-Jets) de 70 a 120 assentos, o que evita a concorrência com as gigantes Boeing e Airbus. É líder nesse mercado (mais de 50% do total), por ter um produto superior ao da concorrente principal, a canadense Bombardier. Mas, em função das fraquezas vistas anteriormente, é apenas uma *quick follower* em termos de inovações.
- Na área de aeronaves executivas, a Embraer é considerada nova entrante (as entregas dos Phenoms foram iniciadas em 2008, e a dos Legacy em 2001). Porém, já foi capaz de registrar sucessos importantes em alguns segmentos desse mercado justamente por ter chegado com produtos de novo *design* e que incorporam as principais inovações dos jatos comerciais a preços competitivos, fatores que a concorrência teria adiado em função da crise.
- Por fim, em sua área de defesa e segurança, a estratégia é essencialmente a de atuação com produtos de nicho – Tucano, KC-390, AEW&C –, o que evita níveis elevados de concorrência e permite margens de retorno mais robustas.

Já no caso da Helibras, o padrão da concorrência se dá com helicópteros importados. Assim, no nicho do Esquilo, a Helibras é líder de mercado (mais de 50%). Já nos demais segmentos, a concorrência ocorre somente entre aeronaves importadas e, então, as fatias de mercado são mais equitativas.

Por fim, a principal tendência nova no setor ocorre na área de jatos comerciais da Embraer. Alinhadas com o que ocorrerá com a Airbus, a Boeing e a Bombardier na segunda metade da presente década, as novas aeronaves da Embraer virão com motores mais avançados, propiciando economia de combustível da ordem de 12% a 15%. Com isso, a fabricante brasileira deverá ser capaz de manter a competitividade ao longo da próxima década. Já no que tange a novos entrantes, notadamente da China, Rússia e Japão, seus produtos ainda não têm expressão significativa no mercado a ponto de ameaçar a posição brasileira.

Desafios ao aumento dos investimentos

Os investimentos do setor têm dois condicionantes básicos: (i) as demandas do mercado (como em qualquer outro setor); e (ii) os elevados montantes envolvidos para a amortização gradual ao longo dos longos ciclos dos produtos – em geral, de 15 a 25 anos. Como essa última tendência vem prevalecendo nos últimos dez anos, os fabricantes de aeronaves têm preferido melhorar, atualizar e refinar tecnologicamente os projetos de aeronaves existentes para projetos radicalmente novos, apesar da de-

manda do mercado por aeronaves ainda mais econômicas, com desempenho superior e de concepção mais sustentável do ponto de vista ambiental.

Se esse é o contexto global, no caso brasileiro o obstáculo básico é a dificuldade de se atraírem investimentos de risco para prazos de retorno superiores a uma década. Nos países centrais, além de os mercados de investimento de longo prazo serem mais desenvolvidos, os fabricantes aeronáuticos recebem subsídios naturais via compras governamentais de material de defesa, além de investimentos em P&D diretamente nas empresas, para as chamadas encomendas tecnológicas. No caso da Embraer, a empresa tem-se movimentado para reduzir essas assimetrias por meio de investimentos em unidades fabris e centros de pesquisa tanto em Portugal (onde se beneficia dos incentivos da União Europeia) como nos Estados Unidos (incentivos do estado da Flórida).

No caso da Helibras, os investimentos são limitados pela política global do Grupo Airbus, dado que, em sua origem (década de 1980), os mercados do helicóptero Esquilo ficaram restritos ao Brasil e à América do Sul. Porém, as recentes compras governamentais brasileiras do projeto HX-BR (cinquenta helicópteros de grande porte EC-225 para uso militar) têm servido para alavancar investimentos inéditos em Itajubá (MG), em face da exigência de progressiva nacionalização dos componentes e das cláusulas de *offset* industrial contidas nos contratos de compra e venda.

No cômputo geral, nota-se que, apesar das dificuldades, a Embraer tem sido capaz de realizar os investimentos necessários para se manter competitiva, na condição de *quick follower*. Para a próxima geração de aeronaves comerciais (disponíveis a partir de 2030), parece razoável afirmar que ou o governo brasileiro entrará em cena de forma mais parecida com os países centrais ou a empresa “internacionalizará” cada vez mais suas atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I).

Já no caso da Helibras, a empresa só responde ao que é exigido em cláusulas contratuais de compras governamentais. Apesar do compromisso contratual (oriundo do atual projeto HX-BR) de, ao longo dos próximos oito anos, investir para projetar, construir, certificar e fabricar em série um novo helicóptero que integrará o portfólio global do Grupo Airbus, não há compromissos explícitos de conteúdo nacional.

Em suma, a análise setorial entende que ambas as atividades, PD&I e industrialização, são meritórias e podem ser desempenhadas de forma eficiente no país, bastando apenas, no segundo caso, realizar pequenos ajustes nas políticas públicas atuais e, no primeiro caso, haver melhora substantiva no ambiente institucional.

Fatores estruturais e cadeias produtivas

A capacidade do setor de mobilizar outras atividades (efeitos de encadeamento) é bastante limitada no caso do Brasil. Isso porque, como visto, trata-se de um setor com

elevada dependência de investimentos em P&D, que, nos países centrais, são carreados por meio de entidades governamentais tanto para institutos de ciência e tecnologia (ICT) como diretamente para as empresas.

Como visto, o nível de nacionalização ainda é relativamente reduzido, situando-se, *grosso modo*, na faixa de 15% a 35%, mas com tendência a uma lenta melhora no médio prazo graças aos projetos HX-BR e FX-2 (os novos caças Gripen da FAB). Estima-se que os principais itens estruturais, alguns tipos de *software*, a concepção e os projetos aeronáuticos serão cada vez mais “nacionalizados”. Porém, grandes itens, como motores aeronáuticos, aviônicos, interiores, entre outros, devem continuar a ser importados, em virtude da inexistência de fornecedores nacionais capacitados a esse fornecimento.

Os fornecedores de bens de capital para o setor estão localizados, em sua maioria, no exterior. Isso porque, como já indicado, os grandes itens estruturais das aeronaves que são fabricadas no país requerem máquinas e equipamentos extremamente sofisticados. Usinagem em seis eixos para componentes em liga leve de alumínio, autoclaves de dimensões consideráveis, equipamentos com Comando Numérico Computadorizado (CNC) de última geração, além de, cada vez mais, unidades robóticas, são alguns dos requisitos da moderna indústria aeronáutica a que o parque nacional de máquinas e equipamentos ainda não consegue atender.

O adensamento da cadeia produtiva ainda carece, em larga medida, de políticas públicas setoriais e dedicadas, a exemplo do que foi implementado, com bastante sucesso, no México (que não produz aeronaves, mas fabrica e exporta peças e componentes para fabricantes localizados nos países centrais) e no Canadá, apenas para citar dois casos mais recentes. Tais políticas públicas proveem financiamentos a investimentos de longo prazo, incentivos fiscais, infraestrutura, treinamento de recursos humanos especializados e, principalmente, um programa de metas a ser cumprido mediante fiscalização governamental. Centros de P&D – dos quais participam empresas e ICT – também são incentivados como forma de apoio à inovação. Naturalmente, tais iniciativas resultam da priorização que o setor recebeu, em virtude de trabalhar sempre na fronteira tecnológica, de gerar empregos de alto nível e de ser uma atividade industrial que gera alta agregação de valor, percebida, portanto, como de alto valor estratégico para o país. No caso do Brasil, paradoxalmente, o sucesso da Embraer não parece ser suficiente a ponto de mobilizar e fomentar, de forma contínua e sistemática, uma cadeia produtiva relevante. Um único indicador é suficiente para iluminar essa realidade: na maior parte dos países centrais, a respectiva cadeia produtiva emprega de duas a cinco vezes mais do que o principal fabricante de aeronaves; no Brasil, a Embraer emprega várias vezes mais que todo o resto da cadeia produtiva nacional.

Como a indústria aeronáutica tem natureza e mercados globais, sua alta concentração decorre do processo de globalização ocorrido nas últimas décadas. Assim, os fabricantes Airbus (fábricas na Alemanha, Espanha, França e Inglaterra) e Boeing (Estados Unidos) dividem ao meio o mercado de aeronaves comerciais com mais de 150 assentos. Na faixa da Embraer (70 a 120 assentos), a Embraer tem de 50% a 60% do mercado e a canadense Bombardier, de 20% a 40% (dependendo do ano considerado). O saldo fica por conta das vendas residuais efetuadas pela nova entrante Sukhoi Super Jet – SSJ (consórcio ítalo-russo). Para o futuro próximo – 2016 –, há perspectiva da entrada de um fabricante japonês – a Mitsubishi Regional Jets. Em termos concretos, tem-se que, para aeronaves na faixa de 60 a 120 assentos, o nível de concentração global dessa indústria pode ser estimado – aplicando-se o Concentration Rating 2 (CR2) (uma vez que CR4 não seria aplicável nesse caso) – como

$$CR_{2-2013} = 62\% + 32\% = 94\%,$$

o que indica alto nível de oligopolização nesse mercado, visto que apenas duas empresas detêm mais de 90% do mercado (Tabela 1).¹

Tabela 1: Participação de mercado em 2013 (em %)

FABRICANTE	EMBRAER	BOMBARDIER	SUKHOI
Fatia de mercado	62	32	6

Fonte: Silva, P. C. Embraer Commercial Aviation. In: Embraer Day Conference, São Paulo, 27 fev. 2014.

Por outro lado, buscou-se também apurar o Herfindahl-Hirschman Index (HHI), que, ao elevar ao quadrado os percentuais de fatia de mercado, acaba por conferir maior peso à avaliação para o caso de alguma firma ser marcadamente predominante. Assim, tem-se

$$HHI_{2013} = (0,62)^2 + (0,32)^2 + (0,06)^2 = 0,49,$$

o que ainda indica uma concentração de mercado relativamente elevada. No entanto, não se deve inferir imediatamente que tal fato seja exatamente vantajoso para a Embraer: sua margem líquida tem ficado abaixo de 10% nos últimos anos, que é a

¹ CR2 e CR4 são medidas de concentração de mercado: a primeira mostra a participação das duas maiores empresas do setor em relação ao mercado total, enquanto a segunda mede a participação das quatro maiores empresas do setor em relação ao mercado total.

média histórica do setor.² Ou seja, sua capacidade de fixar preços não é aquela que seria esperada, dada a natureza oligopolística do mercado.

Entre as externalidades positivas decorrentes das atividades do setor, têm-se os desenvolvimentos tecnológicos no estado da arte, que, por serem a marca do setor, depois se disseminam transversalmente e beneficiam o conjunto da sociedade. Entre os casos clássicos, têm-se o forno de micro-ondas, o pedágio “Sem Parar” (caso específico do Brasil), a panela com Teflon, entre outros. Isso ocorre porque, em contraste com outros setores importantes da economia, o aeroespacial tem boa parte de seus investimentos de PD&I custeados por fontes governamentais nos países centrais, frequentemente com a participação de ICTs. Com isso, a maior parte dos avanços tecnológicos não é patenteável; o máximo que ocorre é alguns desenvolvimentos ficarem ocultos à sociedade civil, por ocorrerem, inicialmente, na esfera militar. Esse foi o caso, por exemplo, da invenção da internet, em pesquisa coordenada pela Defence Advanced Research Projects Agency (DARPA) do governo dos Estados Unidos. Por outro lado, esse setor tem um longo registro histórico de demandar e concorrer para a formação de recursos humanos da mais alta qualificação em Science, Technology, Engineering & Mathematics (STEM), e que percebem salários ou rendas relativamente elevados. Com isso, haveria aumento do bem-estar geral nas sociedades contempladas com um setor aeroespacial significativo.

Essa teria sido a motivação para que os países integrantes do BRICS³ e o México, a exemplo do que o Brasil fez ao longo dos últimos 60 anos, tenham envidado pesados esforços governamentais para a implantação de um setor aeroespacial importante (civil e/ou militar) em seus territórios desde o início da década passada. Por outro lado, não é considerado um setor com marcantes externalidades negativas. Seu impacto ambiental é escasso e perfeitamente controlável. Além disso, seu consumo energético está na média do setor metalmeccânico.

Por fim, segundo estimativas da Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil (AIAB), esse setor gera aproximadamente 27 mil empregos diretos no país. Já no caso dos empregos indiretos, embora nos países centrais o fator multiplicador para esse setor fique entre três e quatro, no caso do Brasil, dado que a cadeia produtiva aqui ainda é bastante rarefeita, estima-se com razoável grau de conforto que tal fator seja representado pela unidade, perfazendo, portanto, entre diretos e indiretos, um total de 50 mil empregos no setor.

² O HHI é uma medida de concentração de mercado, calculada por meio da soma dos quadrados das participações no mercado em questão das firmas participantes. O índice tem a vantagem de refletir a distribuição do tamanho das firmas, visto que o peso conferido às firmas com elevada participação no mercado é maior do que aquele relativo às firmas com baixa participação.

³ O BRICS é o bloco econômico composto por Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.

Fatores sistêmicos

O impacto da conjuntura internacional sobre o desempenho do setor é bastante significativo. Isso porque, como já apontado, o mercado do setor aeroespacial é global, não só porque produz bens de capital (e material bélico) tangíveis e fungíveis, mas também porque as indústrias que compõem o setor só são bem-sucedidas se forem globalmente competitivas. Simplesmente não há escala de produção que sustente “empresas domésticas” nesse setor.

Dessa forma, na vertente civil, os fabricantes têm de ficar atentos à evolução das demandas de seus clientes nos principais mercados. Atualmente, configura-se uma lenta transição, em importância relativa, dos mercados americano e europeu para o asiático e o da região Ásia-Pacífico. Isso se dá por questões demográficas e também pela ampliação das classes médias nos chamados mercados emergentes. Já as eventuais limitações de infraestrutura (aeroportos e serviços de navegação aérea) nessas regiões também são indicadores importantes de conjuntura. Na vertente de material de defesa, os fabricantes brasileiros atuam em nichos específicos, em face de sua falta de escala de produção, em função das compras governamentais do país. Porém, eles têm obtido alguns sucessos significativos no exterior, especialmente em mercados emergentes que demandam produtos e serviços semelhantes aos das forças armadas brasileiras.

Nesse contexto, a análise do mercado brasileiro denota situação de relativo conforto: nos segmentos dos jatos comerciais fabricados pela Embraer, o país não importou concorrentes estrangeiros. No segmento de helicópteros, também há predominância dos produtos da Helibras oriundos de sua fábrica de Itajubá. No presente, parece que tal quadro também se estaria reproduzindo no caso das novas aeronaves da aviação executiva que passaram a integrar o portfólio da Embraer. Nos demais segmentos, que constituem a maior parte da indústria do transporte aéreo de bandeira brasileira, a importação de aeronaves é a regra.

Entre as políticas governamentais que afetam o setor, tem-se a tributária como aquela que gera maior impacto. Os produtos finais – aeronaves, por exemplo – já estão praticamente desonerados tanto para exportação como para vendas no mercado doméstico. Porém, isso ainda não se aplica às partes e peças fabricadas no país e que, resultando das sucessivas etapas de transformação (ocorridas em empresas distintas), integrarão o produto final: o Regime Especial de Incentivos Tributários para a Indústria Aeronáutica Brasileira (Retaero)⁴ faz algumas exigências de qualificação que trazem dificuldades para que as empresas se beneficiem desse regime especial

⁴ Lei 12.249/10, de 11 de junho de 2010.

no caso da indústria aeronáutica brasileira. Já no caso da indústria de defesa, a falta de regulamentação do Regime Especial Tributário para a Indústria de Defesa (Retid)⁵ torna sua desejada aplicação inviável até que a Secretaria da Receita Federal (SRF) emita as instruções normativas pertinentes. Em conjunto, esse quadro cria os chamados “incentivos perversos”: com frequência, é mais barato importar componentes prontos do que comprá-los no país. Essa situação também dificulta sobremaneira que as pequenas e médias empresas (PME) da cadeia produtiva brasileira se integrem às cadeias globais de valor.

Já a política industrial (Plano Brasil Maior) apresenta um paradoxo: reconhece a importância fundamental do setor, elenca vários instrumentos de apoio e fomento, mas não chega a implantá-los de forma efetiva. A deficiência se dá essencialmente nas etapas que recebem forte apoio governamental nos países centrais, ou seja, PD&I pré-competitivo. O mecanismo mais relevante e disponível para o setor com essa finalidade são os projetos incluídos no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) – o KC-390 da Embraer, o HX-BR e o submarino nuclear –, globalmente conhecidos como programas mobilizadores. Ademais, há apoio público por meio de iniciativas que, embora meritórias, não necessariamente compõem um quadro articulado de forma coerente: o InovaAerodefesa (BNDES e Finep) e o FIP-Aeroespacial (Embraer, BNDES, Finep e Desenvolve-SP).

Tendências tecnológicas

No que diz respeito às tecnologias genéricas relevantes, dado o contexto mundial desse setor, sempre houve certa separação entre o que seria relevante para a parte de defesa e para a civil, ou seja, a da aviação comercial. Nos últimos anos, apesar da crescente ênfase nas chamadas “tecnologias duais” – que serviriam para ambas as partes –, ainda há muitos direcionamentos tecnológicos claros para uma ou outra. Portanto, feita essa ressalva, pode-se tentar construir uma espécie de “matriz” com os elementos comuns, complementados por outros claramente singulares. De forma ampla, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), incluindo processamento de dados em tempo real, fusão de dados complexos, entre outras, são relevantes tanto para aplicação civil quanto militar, porém com tendências tecnológicas de direcionamentos distintos em suas respectivas vertentes, a saber:

- *Civis*: aeronave “conectada” – Wi-Fi, telefonia celular etc. amplamente disponíveis a bordo, comunicação aeronave-controle de tráfego aéreo via *datalink* (em substituição ao rádio, como é hoje).

⁵ Lei 12.598/12, de 21 de março de 2012.

- *De defesa*: conceitos de *cyberwar* (guerra cibernética), *cyberwarfare* (combates cibernéticos) e *cyber battlefield* (campo de batalha cibernético), em que as Forças Armadas da nação A desabilitariam, total ou parcialmente, não só as Forças Armadas da nação B, como também seus sistemas de distribuição energética, telecomunicações, transportes em geral etc. Os recentes episódios que vieram à tona (casos "Snowden", "wikileaks", entre outros) seriam apenas os lances iniciais do estado de pré-cold *cyberwar*, em que o mundo se encontraria atualmente, estando a China e os Estados Unidos em polos diametralmente opostos (os demais países também são afetados e perscrutados, de forma a assegurar as respectivas hegemonias geopolíticas).
- Já a nanotecnologia tem aplicação em materiais, possibilitando a realização de tarefas ou funções de forma otimizada ou mesmo indisponíveis na atualidade. O impacto na atividade econômica reflete-se no aumento da eficiência energética (via redução de peso estrutural, do arrasto aerodinâmico etc.). A mecânica fina é relevante no setor de motores aeronáuticos, gerando aumento de eficiência energética.
- A biotecnologia aplicada a biocombustíveis foi considerada alta prioridade estratégica pela Força Aérea dos Estados Unidos, que pretende extinguir a dependência de petróleo do Oriente Médio para seu uso – recursos crescentes de P&D têm sido investidos nesse sentido. Os fabricantes de aeronaves civis também têm incentivado esse movimento, mas por motivos ambientais e financeiros, como reduzir a volatilidade dos preços do querosene de origem fóssil.

No que diz respeito às tecnologias específicas, existem as seguintes:

- *Civis*: tecnologias de materiais compostos (com base em fibras de carbono) e de novas ligas metálicas em substituição às ligas convencionais de alumínio aeronáutico; as aeronaves comerciais fabricadas no Brasil têm de evoluir de uma base atual de 5% a 15% em peso para algo em torno de 50% de materiais compostos, de forma a manterem a competitividade (menor peso, menos manutenção etc.). Tecnologias de gerenciamento e comando de voo, incluindo automação das funções de voo, uma vez que, em geral, são específicas para cada aeronave e, portanto, requerem domínio tecnológico por parte do fabricante (a terceirização para empresas estrangeiras é viável apenas no *hardware*), inclusive para se evitarem problemas com os regulamentos de certificação aeronáutica durante o desenvolvimento ao longo de vida da aeronave.
- *De defesa*: tecnologias afetas ao satélite de telecomunicações para uso militar; embora a plataforma tecnológica básica seja similar àquela de uso civil, o emprego de criptografia e barreiras de *cyberwarfare* são bastante específicas; aerodinâmica supersônica.

- *Duais*: tecnologias do veículo aéreo não tripulado (VANT), principalmente integração do veículo com o sistema de monitoramento e guiagem terrestre para o desempenho da missão e – na parte civil – a integração ao sistema de navegação e controle do tráfego aéreo no país, além de tecnologias de estrutura e aerodinâmicas.

Por outro lado, quanto ao posicionamento do Brasil como líder ou seguidor nas tecnologias genéricas ou específicas, tem-se o seguinte quadro:

- *Tecnologias genéricas, parte civil*: o Brasil é tradicionalmente um *quick follower*. Isso lhe possibilita chegar ao estado da arte, ou muito próximo dele, sem investir elevados montantes de P&D. Isso ocorre porque o país não dispõe da institucionalidade governamental de apoio – e de recursos minimamente equivalentes – dos países líderes. Por outro lado, boa parte do que integra uma aeronave comercial – motores, aviônicos e sistemas em geral – continua sendo importada, porém em conformidade com o projeto, que é brasileiro.
- *Tecnologias específicas, parte civil*: nessa área, o Brasil já fez alguns avanços de liderança, dentro do que é possível realizar em P&D, com o apoio ainda discreto das agências de fomento e inovação (Finep, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Fapesp, entre outras, e alguns programas do BNDES). O *driver* é o domínio da tecnologia, em casos específicos em que a compra pura e simples da tecnologia específica não é adequada para incorporá-la diretamente ao projeto de um componente ou sistema aeronáutico.
- *Parte de defesa*: nessa área, o Brasil está realizando esforços genuínos para liderar nas tecnologias críticas, tanto genéricas quanto específicas, via políticas públicas – Estratégia Nacional de Defesa, Base Industrial de Defesa, Empresa Estratégica de Defesa, Programa de Compras Governamentais, entre outras, e projetos de defesa de grande envergadura que requerem a integração de sistemas de alta complexidade tecnológica – Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SISGAAZ), Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (Sisfron), submarino nuclear (para proteção das reservas do petróleo do pré-sal), e Satélite Geoestacionário Brasileiro (SGO). Apesar das restrições orçamentárias (Orçamento Geral da União – OGU), esses programas estão avançando, e as empresas envolvidas dependem deles de forma vital, pois, no mercado de produtos de defesa, só se consegue vender para outros países se as forças armadas do país de origem já tiverem adquirido os produtos, serviços ou sistemas em primeiro lugar.