

# Capacitação tecnológica na indústria brasileira

**Darli Rodrigues Vieira**

Doutor em Economia da Produção pela Université Lumière Lyon II,  
Professor Visitante no Departamento de Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de São Carlos

---

## Resumo

Neste trabalho discute-se o desenvolvimento da capacitação tecnológica na indústria brasileira, a partir da análise de quatro setores apresentando forte integração tecnológica: produtivo, aeronáutico, informática e defesa. Evidenciando a importância capital da base técnica microeletrônica como elemento de irrigação do avanço desses setores, a análise rompe com a visão tradicional e fornece elementos para uma nova abordagem do problema da capacitação tecnológica.

### Palavras-chave:

- capacitação tecnológica
- estratégia tecnológica
- microeletrônica
- automação da manufatura

## PROGRESSO TÉCNICO E CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA NO BRASIL

O progresso técnico não se concretiza sem a presença de uma capacitação tecnológica que definiremos como a capacidade de projeto, fabricação e gestão dos elementos de um sistema técnico. Assim definida, essa capacitação exprime as potencialidades de surgimento de novos produtos e processos.

No referente à indústria brasileira, o progresso técnico tende a se tornar uma constante e a política de P&D, sustentada pelo Estado e pelas empresas, contribuiu para o desenvolvimento de importante capacitação tecnológica.

Em consequência, a atual posição tecnológica do Brasil foi constituída sobre a base de um desenvolvimento histórico, do qual é relevante precisar alguns momentos essenciais, e hoje tende a se consolidar em torno de quatro setores-chave dominados pela importância da microeletrônica e que possibilitam realizar um novo potencial tecnológico.

### Condições históricas do desenvolvimento de uma capacitação tecnológica no Brasil

Ao contrário de inúmeros países em desenvolvimento, nos quais o processo de industrialização e a constituição de uma real capacitação tecnológica estão desarticulados, o Brasil esforçou-se para realizar uma política permitindo a integração dessas duas dimensões: a industrialização brasileira foi acompanhada de quatro fases de progresso técnico que, aos poucos, contribuíram para desenvolver seu potencial técnico.

#### *O período de 1880 a 1930*

Caracteriza-se por uma quase ausência de progresso técnico. Nesse período, tendo em vista as modalidades de industrialização, o progresso técnico assumiu mais a forma de pequenas adaptações sobre as máquinas importadas e sobre os processos desenvolvidos no estrangeiro. Em nenhum caso assistiu-se a importantes transformações de produtos e processos.

É pouco provável que o pequeno número de empresas presentes no setor de bens de equipamentos tenha podido realizar consideráveis modificações sobre as máquinas, pois o essencial das atividades dessas empresas era a comercialização de equipamentos provenientes do estrangeiro.

Relativamente aos processos, em razão mesmo das exigências de fabricações químicas, farmacêuticas, metalúrgicas ou de fundição passou-se dos processos artesanais aos processos industriais.

Entretanto, essa ausência de real progresso técnico, ligada a grande insuficiência de P&D local, não excluiu a constituição de um *savoir-faire* tecnológico, o qual mais tarde seria de utilidade.

#### *De 1930 a 1960*

A evolução do progresso técnico, ainda que mais importante em intensidade, continuou relativamente lenta.

A indústria brasileira de bens de capital começou a se constituir, efetivamente, somente a partir dos anos 30 e em um contexto de dupla dificuldade: o desmoroamento do preço do café, principal base das exportações e o desencadeamento da Segunda Guerra Mundial que dificultou as importações de componentes industriais e de produtos manufaturados.

Do lado das potencialidades tecnológicas, a trajetória da industrialização foi acompanhada do surgimento de novos produtos industriais (máquinas, por exemplo) e de novos processos adaptados em diferentes setores. Mas, as atividades de pesquisa continuaram, ainda, muito limitadas<sup>(1)</sup>. Segundo Whyte (1955) "(...) de uma maneira geral, o *savoir-faire* necessário para criar novos setores industriais deveria vir de fora sob a forma de máquinas, planos, técnicas, administradores etc. (...)".

#### *De 1960 a 1980*

Os progressos tecnológicos tendem a se integrar de forma mais acentuada no processo de industrialização. Nas áreas consideradas estratégicas o progresso técnico adquiriu intensidade relativa, porém sustentada. No início dos anos 70 a siderúrgica e a mecânica atingiram a maturidade tecnológica, enquanto a informática apenas começava a se estruturar.

A indústria brasileira já dispunha de uma reserva de capacitação tecnológica que lhe permitiu promover o desenvolvimento de novos produtos e processos. Esse foi, notadamente, o caso da indústria de máquinas-ferramenta que, após ter utilizado a estratégia de "copiar o produto importado" (segundo fórmula de Rattner et alii, 1982), começou a desenvolver seus próprios produtos.

Essas transformações foram acompanhadas de uma série de ações empreendidas pelo Estado brasileiro, as quais, entretanto, visavam menos o avanço do progresso técnico propriamente dito do que colocá-las à disposição do capital (criação de numerosos diplomas de Mestrado na área da ciência e da tecnologia, criação de programas de bolsas de estudos no país e no estrangeiro, (re)organização de centros de pesquisa, nova orientação da pesquisa no interior das universidades etc.).

É importante evidenciar que, se as competências técnicas multiplicaram-se e favoreceram a emergência de nova fase de desenvolvimento tecnológico, não é menos verdade o desenvolvimento, ainda, da maior parte dos trabalhos estratégicos de engenharia no estrangeiro (casos da química e da petroquímica, por exemplo).

Segundo Arruda (1984) "(...) entre 1973 e 1976, dos 27 contratos para a implantação (das fábricas químicas ou petroquímicas) depositados no INPI, todos previam a execução dos serviços de engenharia de base, e a quase totalidade dos serviços de engenharia detalhada, no estrangeiro". Essa situação será radicalmente modificada com a criação de uma reserva de mercado para a engenharia nacional.

#### *Durante os anos 80*

O progresso tecnológico na indústria brasileira completou sua lógica de funcionamento com a incorporação de

Participação Percentual da Indústria Nacional quanto à Qualidade de Equipamentos e Sistemas de Automação Industrial Instalados – 1984/1989

Equipamentos e Sistemas	Anos					
	1984	1985	1986	1987	1988*	1989*
CNC	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Robô Industrial	–	–	100,0	100,0	100,0	100,0
Estação de Trabalho CAD/CAM	86,0	71,2	86,6	84,4	–	–
Sistema Digital de Controle Distribuído	–	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
CLP	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Controlador de Processo <i>Single-Loop e Multiloop</i>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Nota: \* Estimativa do autor

Fonte: Séries estatísticas – SEI: Parque de equipamentos de informática. Brasília, v.1, n.2, set 1988, p. 37.

uma dimensão revolucionária na transformação das técnicas. Com efeito, o progresso técnico abrangeu "(...) dois processos bem diferentes: o aperfeiçoamento evolutivo das tecnologias e equipamentos existentes e a passagem revolucionária a tecnologias radicalmente novas, a novas gerações de materiais" (Aganbeguián, 1988).

A transformação caracterizou a indústria brasileira e na tabela acima apresentamos a situação do progresso técnico no Brasil de 1984 a 1989. Constata-se a predominância de equipamentos e sistemas das empresas nacionais na participação (%) do parque instalado. Supomos ter sido incorporado importante progresso técnico nesses meios de produção modernos, à medida em que, teoricamente, o projeto/fabricação somente era aprovado pelo governo (no contexto das exigências da lei de informática então em vigor) se fosse feita prévia demonstração de garantia de real possibilidade de contribuição das empresas em matéria de *hardware* e *software*. Essa demonstração de garantia, para cada produto, traduz-se pela análise detalhada de dossiê técnico, incluindo o projeto em questão e diferentes informações (competência técnica, experiência em projetos similares etc.).

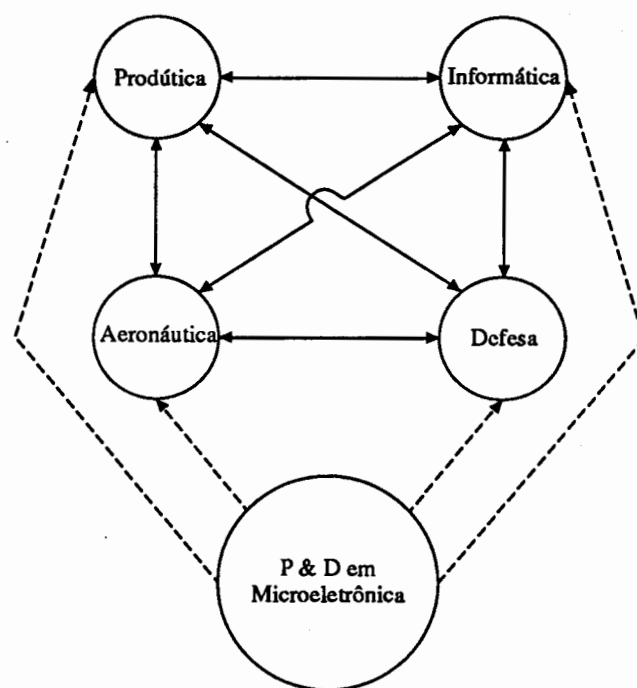
É a partir dessa situação, oriunda de processo histórico de conjunto, que se constitui um potencial tecnológico novo.

#### As premissas de um novo potencial tecnológico

Toda evolução tecnológica supõe certa capacitação tecnológica; no que diz respeito à indústria brasileira, atualmente quatro setores parecem depositários de potencialidade considerável quanto à própria capacitação tecnológica e quanto ao efeito de irradiação que podem exercer sobre o sistema produtivo industrial em sua globalidade. São eles os de aeronáutica, indústrias de armamento, informática e prodútica.

Esses setores têm em comum a necessidade de utilizar um trabalho complexo<sup>(2)</sup>, associado ao desenvolvimento de seus produtos e processos. Todos apresentam importante caracterização para a implantação de sistema tecnológico

mais integrado: possuem importância estratégica para o progresso técnico futuro e, em consequência, para a capacitação do país. São setores que, sob diferentes graus e modalidades, concentram as mais significativas intervenções do Estado para a criação de uma capacitação tecnológica no país. Permitem constatar a realização de considerável progresso tecnológico na indústria brasileira. Enfim, esses setores, tal como explicitado na figura a seguir, são fortemente interconectados e dependentes do estado de P&D em microeletrônica. A análise desses quatro setores permitirá demonstrar que um conjunto de ações foram conduzidas, tanto pelo Estado quanto pelas empresas, a fim de implan-



Os Setores-chave da Capacitação Tecnológica no Brasil

tar uma real política de desenvolvimento tecnológico, permitindo consolidar a capacitação tecnológica do Brasil e expor as bases de um sistema técnico coerente.

## O SETOR AERONÁUTICO

A indústria aeronáutica brasileira é um bom exemplo de como, sob o controle e com o apoio planejado do Estado, o desenvolvimento industrial de um setor pode ser acompanhado de real e rápido progresso técnico.

A aeronáutica brasileira nasceu em 1931, mas somente em 1942, com a fabricação do avião **Paulistinha** pela Cia. Aeronáutica Paulista, foi realizada com sucesso (700 aparelhos foram fabricados) uma experiência em matéria de produção de aviões<sup>(3)</sup>. Entretanto, a instabilidade financeira e certa falta de determinação e organização conduziram o empreendimento ao fracasso.

A partir de 1946, com a criação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), foi esboçada uma mudança radical na maneira de analisar o problema. Entendendo ser a aeronáutica antes de mais nada, uma indústria de **matéria cinzenta**, um projeto ambicioso foi desenvolvido pelo Estado: formar engenheiros aeronáuticos de alto nível. Essa mudança de ângulo de ataque do problema resultou na formação de razoável número de engenheiros que foram os principais promotores do início de P&D em aeronáutica no Brasil.

A repercussão dessa estratégia logo se fez sentir: em 1969, como resultado da interação entre pesquisadores do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento do CTA e militares, foi criada a Embraer. Produzindo o avião bimotor turboélice Bandeirante, a Embraer deu continuidade a uma atividade de projeto bem-sucedida e também criou a indústria aeronáutica brasileira tal como a conhecemos hoje. Em consequência, a partir desse momento desenvolve-se o progresso técnico na indústria aeronáutica no Brasil.

O grande esforço de formação e de P&D contribuiu, consideravelmente, para a aceleração do programa técnico. Entretanto, duas outras decisões, tomadas pelo Estado, permitiram à indústria estruturar-se e impor-se ao nível internacional: compra antecipada do produto e reserva de mercado. Segundo Tauille (1987) "(...) o mercado foi protegido pela interdição de importar aviões semelhantes aos fabricados pela Embraer", o governo encomendou 80 Bandeirantes e 112 Xavantes, avião militar fabricado sob licença italiana da empresa Aeromacchi, permitindo à Embraer avançar com sucesso na produção.

Quanto ao progresso técnico, é interessante observar que já na fabricação do primeiro avião, o Bandeirante, 23.000 das 29.000 peças do aparelho eram fabricadas no Brasil<sup>(4)</sup>. Além disso, como esse avião foi fabricado em 13 versões diferentes, pode-se supor que o controle dessa variedade exigiu transformações técnicas atingindo produto, processos e engenharia. A confiabilidade do produto Embraer foi logo reconhecida em vários países e em 1978 o Bandeirante recebeu seu certificado de homologação da *Federal Aviation Administration* dos EUA.

Desde 1979, com os projetos do bimotor Brasília e, sobretudo, do avião de ataque ao solo AMX (em coope-

ração com as empresas italianas Aeritalia e Aeromacchi, sendo a Embraer responsável por 30% do projeto e do desenvolvimento do aparelho), novo avanço foi realizado. Em função das características de seu avançado sistema eletrônico de comando e controle, o AMX é único em sua categoria e incorpora tecnologias de alto nível<sup>(5)</sup>.

A realização desses projetos exigiu grande mudança na organização do trabalho e da produção. Por exemplo, foi utilizado em 1980 um sistema CAE/CAD/CAM para, entre outras coisas, dar maior rapidez aos estudos cinemáticos das partes móveis e permitir maior controle de projeto e fabricação dos cabos. Em 1986 um sistema especialista (SEMCON) foi desenvolvido pelo Departamento de Produção da Embraer e pelo Departamento de Informática do ITA para ajudar na escolha das máquinas CN disponíveis que deveriam ser utilizadas na fabricação de peças complexas<sup>(6)</sup>.

Assim, utilizando modernas tecnologias e fazendo de P&D elemento cada vez mais importante em suas atividades (recentemente foi elaborado um plano para facilitar a adoção de novo sistema que deverá integrar completamente a produção intra e inter *ateliers*<sup>(7)</sup>), a Embraer apresenta o quinto ritmo mundial de produção em termos de intensidade (*Just-in-Time*), após as empresas soviéticas e americanas<sup>(8)</sup>.

Por outro lado, e trata-se de questão importante referente à nacionalização de componentes e subconjuntos de aviões, a Embraer, preocupada ao mesmo tempo em dominar a tecnologia e o mercado, decidiu pela importação de certos componentes (em consequência, fez a escolha do mercado) para o Brasília, com a garantia de assistência técnica fácil para seus clientes (estrangeiros, na maioria). Apesar de seu interesse a curto prazo, essa estratégia a longo prazo pode comprometer o programa de nacionalização de aviões de transporte regional (ATR). A julgar pela crescente demanda mundial de ATR, pode-se esperar que essa estratégia continuará inalterada para o EMB 145, o novo ATR (com reatores e capacidade para 45 pessoas) da Embraer, cujo lançamento está previsto para o fim de 1992.

Entretanto, não é menos verdade, quando uma estratégia de diversificação da produção é introduzida, parecendo ser o caso da Embraer (previsão de fabricação de certas peças para as asas dos Airbus A-330 e A-340, contrato com a Mc Donnell Douglas para a fabricação de *flaps* das asas do MD-11, ...), que o progresso técnico aparece de maneira mais acelerada nos produtos cujo interesse estratégico (de defesa, no caso em questão) prevalece sobre o comercial. Assim, o lucro obtido em determinados produtos ajuda no pesado financiamento do progresso técnico em produtos ditos **estratégicos**.

Quanto ao recente avião CBA-123, um *jet-like*, cuja fabricação de componentes e subconjuntos está distribuída em 67% para a Embraer e 33% para a Fama (empresa argentina), parece provado não ser a estratégia de importação de componentes e subconjuntos uma prática generalizada. A fabricação do CBA-123 necessitou da aplicação de novos processos e atingiu em profundidade a estrutura dos meios de produção (por exemplo, um atuante sistema CAD/CAM foi utilizado para a realização das tarefas complexas).

Dessa forma, em torno de uma empresa, a Embraer, constituem-se um polo tecnológico e um potencial de *savoir-*

*faire* aptos a favorecer o emprego de altas tecnologias de fabricação. Agora, o problema é possibilitar a difusão dessa forma de capacitação tecnológica para outros setores industriais.

## O SETOR DAS INDÚSTRIAS DE ARMAMENTO

O desenvolvimento tecnológico deste setor está fundado, de uma parte, sobre as atividades dos centros de pesquisa militar e, de outra, sobre as atividades de um conjunto de "(...) 350 médias e pequenas empresas, públicas e privadas, nacionais e internacionais, entre as quais 50 fabricam exclusivamente armas" (Brigadão, 1989).

Apesar de as informações, e sobretudo os números, envolvendo esse complexo serem de duvidosa confiabilidade, em razão do segredo abrangendo as atividades de defesa, mesmo assim permitem uma interpretação do progresso técnico nesse setor.

Assim, estima-se ser 90% da produção total exportada para mais de 35 países da América Latina, da África e da Ásia, mas também para os EUA, país cujas exigências técnicas para aquisição de equipamentos militares são consideráveis. O Brasil é o quinto exportador de armas e era sua intenção estar, em 1990, à frente da Grã-Bretanha e da RFA<sup>(9)</sup>. Atualmente, é possível que mais de 300.000 técnicos e operários estejam envolvidos em atividades de pesquisa, desenvolvimento e produção no complexo militar-industrial brasileiro.

A maioria das empresas brasileiras, hoje participante no desenvolvimento de produtos militares, no passado tinha produção civil. Como exemplo, citamos os casos da Biselli – passou da fabricação de veículos de transporte de valores para a de blindados –, da Vigorelli – de máquinas de costura para metralhadoras – e da Gurgel – da fabricação de veículos utilitários para a de militares. Entretanto, empresas antes não existentes foram criadas para responder à necessidade militar. Este foi o caso da D.F. Vasconcelos (empresa também presente no mercado da robótica), criada em 1942 para fabricar equipamentos óticos para o Exército. A Eletrometal também foi criada em estreita ligação com o Exército, para cuidar das ligas metálicas de alta tecnologia.

Inicialmente, o complexo militar-industrial brasileiro especializou-se na categoria de armas intermediárias, isto é, as relativamente sofisticadas em tecnologia e bonalizadas em uso (conseqüentemente de fácil operacionalidade pelos soldados). Um típico exemplo de arma dessa categoria é o blindado Cascavel, produto da Engesa (primeiro fabricante mundial de blindados fora do mundo socialista e também o número um brasileiro desse complexo) que, exceto sua revolucionária suspensão *boomerang*, é formado a partir de um conjunto de peças convencionais e disponíveis comercialmente. O Astro II, sistema condutor de fogo de barragem sobre forças terrestres fabricado pela Avibrás, em menor medida (pois é equipado com desenvolvido dispositivo de comando e controle de tiro), também pode ser classificado nessa categoria das armas intermediárias.

Atualmente, mudança significativa parece estar se operando no Brasil (e em outros países): P&D concentra-se, cada vez mais, nas tecnologias de ponta, e isto para, antes de mais nada, responder a uma necessidade comercial.

Mesmo sendo ainda cedo para falar-se de uma nova tendência internacional na alocação de recursos da defesa, a idéia está se estruturando. É assim que, nos EUA o "(...) Departamento da Defesa desempenha cada vez mais um papel inesperado: o de usuário de capital de risco, fazendo equipe através de alianças de firmas privadas para acelerar o desenvolvimento das altas tecnologias, as mais finas. O símbolo mais manifesto desta evolução foi, sem dúvida, o anúncio, em dezembro de 1988, que o Pentágono iria gastar dezenas de milhões de dólares a fim de permitir o desenvolvimento da televisão de alta definição" <sup>(10)</sup>.

No caso do complexo militar-industrial brasileiro os sinais dessa mudança aparecem tanto no Estado quanto nas empresas privadas.

Do lado do Estado pode-se citar como exemplo do sinal de mudança nessa direção o projeto sobre as novas técnicas de soldagem em aços especiais de alta resistência, desenvolvido pelo Centro de Tecnologia do Exército (CTEx) e pelo Instituto Nacional de Tecnologia (INT) <sup>(11)</sup>, assegurando indiretamente melhor qualidade da blindagem dos carros de combate e outros equipamentos militares que utilizam esses tipos de aços e, ao mesmo tempo, apresentando aplicações civis diretas na siderurgia e na mecânica. Outro exemplo estatal é o projeto de um motor elétrico de alta potência, em fase de desenvolvimento pela Escola Politécnica da USP, com financiamento da Marinha e da FINEP, o qual, além de servir para acionar um submarino, encontra aplicação direta na indústria de engenharia de transporte (trens de grande velocidade, por exemplo), na siderurgia e na mecânica (indústria de máquinas operatrizes).

Do lado das empresas, a Engesa deveria comprar (1988) a participação acionária do Estado de Minas Gerais no capital da Helibrás, empresa que realiza essencialmente montagem de helicópteros. Essa operação, provavelmente, inscreve-se na lógica de participação no promissor mercado brasileiro de helicópteros civis.

A Avibras, outro importante fabricante de armas, mas que através de suas filiais dispõe de grande experiência nas áreas civis de comunicações e eletrônica, em junho de 1989 associou-se à empresa chinesa *China Great Wall Industry Co.* para criar uma *joint-venture* chamada INSCOM (*International Satellite Communication*), cujas atividades serão centradas sobre a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias finas para a área espacial.

Essa associação, indo além da formação de *joint-venture* com simples objetivo comercial, insere-se na nova estratégia brasileira, ou seja, Novo País Industrializado. Ela deveria ajudar o país a adquirir domínio tecnológico completo na área dos satélites (incluindo aí as tecnologias de gestão e de operação dos centros de controle de lançamento, de plataformas e dos foguetes). A experiência e o *savoir-faire* acumulados em áreas estratégicas (sistemas de condução de mísseis, sistemas de telemetria, receptores de navegação por satélite TRANSIT, antenas para comunicação por satélites, foguetes de pesquisa, entre outros) e o apoio que normalmente deveria receber de centros de pesquisa especializados na questão (INPE, CPqD, entre outros) autorizem-nos a pensar que a Avibras atingirá seus objetivos (civis) a curto prazo.

## O SETOR DE INFORMÁTICA

Ao final dos anos 60, quando da renovação de sua frota com a compra de seis novas fragatas que deveriam ser equipadas com sistemas eletrônicos, a Marinha, já apoiando programas da indústria eletrônica, lança as bases de amplo debate que posteriormente teve como resultado a constituição da indústria de informática no Brasil. Até então, existia somente a comercialização de computadores importados.

Uma primeira tentativa havia sido feita, bem antes dessa época, por um grupo de quatro engenheiros do ITA. Com todos os componentes projetados e fabricados no país, construíram um computador para atender a um objetivo didático. Entretanto, ainda que essa realização tenha sido notável no plano de ensino, não pode ser concretizada no plano técnico-comercial, pois na época o país não reunia as condições de mercado e de capacitação tecnológica necessárias para constituir e desenvolver uma indústria de informática.

Em março de 1971 o governo criou o Grupo de Trabalho Especial (GTE), cujos objetivos eram projeto, desenvolvimento e construção de um protótipo de computador eletrônico aplicado às operações navais. As negociações realizadas no âmbito do GTE evidenciaram problemas de diferentes naturezas (estratégica, normativa, comercial etc.). Isso, entre outras coisas, resultou na criação da CAPRE (Coordenação de Atividades de Processamento Eletrônico), organismo que deveria racionalizar e organizar o uso de computadores no setor público. Em 1976 a CAPRE passa a incorporar a responsabilidade de formular a política para o setor de informática.

Ao mesmo tempo, o governo criou a empresa EDB – Eletrônica Digital Brasileira – (transformada em Digibrás em 1974) como objetivo de promover a indústria de computadores.

Uma vez resolvido o problema de quem iria se encarregar da política e da ajuda ao setor, faltava ainda dar a real arrancada na área. Foi assim que, em 1976, uma proposição oriunda do GTE resultou na construção de um computador brasileiro, o G-10. Nessa máquina o *hardware* foi desenvolvido pela USP e o *software* pela PUC/RJ. Para industrializar o G-10 escolheu-se a empresa pública Cobra.

Apenas constituída, a jovem indústria de informática brasileira foi, sob a influência da CAPRE, submetida à política de reserva de mercado que se apoiava nas idéias abaixo.

### Do direito de veto às importações...

A proteção à indústria de informática começou a ser esboçada em dezembro de 1975 quando, então, a CAPRE passou a exercer o direito de veto às importações de computadores e periféricos. Em menos de quatro anos passou-se de dois fabricantes de computadores para mais de trinta.

### A reserva de mercado

Em 1976 foram importantes as negociações conduzidas pela IBM com o objetivo de produzir seu minicompu-

tador IBM 32 no país. Outras empresas (Burroughs, Olivetti, entre outras) também mostraram interesse pelo mercado potencial dos minicomputadores. Por outro lado, a possibilidade de produzir no Brasil somente fez aprofundar o sentimento nacionalista, sobretudo nos militares e cientistas do setor. Em 1979 a CAPRE foi substituída pela SEI (Secretaria Especial de Informática).

A partir de julho de 1981 a SEI estabeleceu, por decreto, a reserva de mercado para minicomputadores, microcomputadores e periféricos. Em 1984 o governo conseguiu aprovar a Lei nº 7.232, reforçando e institucionalizando o conjunto de medidas tomadas pela SEI. Essa Lei criou também o CONIN, Conselho encarregado de formular a política nacional de informática.

Do ponto de vista do progresso técnico, os resultados das disposições tomadas até então pelo Estado brasileiro devem ser analisados à luz de dupla realidade:

- o que preconiza a lei de informática: reserva de mercado como meio de promover a capacitação tecnológica nas categorias dos minicomputadores e microcomputadores;
- o que exige o Brasil-NPI: capacitação em projeto e fabricação de supercomputadores, normalização e melhor qualidade dos sistemas em geral.

No que diz respeito ao progresso técnico em matéria de minicomputadores e microcomputadores, constatou-se uma evolução técnica tão importante quanto a do número de fabricantes nos últimos dez anos (de 1979 a 1989 o número de fabricantes passou de mais de 30 para mais de 600). Segundo Tigre & Perine, já em 1984 o *gap* tecnológico entre os microcomputadores brasileiros de 8 a 16 bits e os Apple II e TR-80 de fabricação americana era somente de um ano. Por outro lado, a situação não era a mesma quanto aos periféricos e minicomputadores: o *gap* era mais importante.

Em 1988, segundo Relatório da SEI sobre processadores, a capacitação tecnológica necessária para projetar e fabricar todas as categorias de microcomputadores (doméstico, pessoal, profissional e multiusuários) estava completamente adquirida pela indústria nacional.

Na área dos supercomputadores os avanços técnicos situam-se ao nível das atividades de P&D dos centros de pesquisa (e não ao das indústrias: novos produtos etc.) e traduzem-se em definição detalhada da arquitetura dos sistemas e elaboração de protótipos (caso do multiprocessador do *Advanced Computer Program*, desenvolvido pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) em colaboração com o Fermilab dos EUA). Atualmente, além do CBPF, 12 outros centros de pesquisa brasileiros desenvolvem trabalhos ligados à tecnologia dos supercomputadores.

Se nos centros de pesquisa as competências crescem mais em qualidade do que em número, no caso da indústria nacional o *savoir-faire* disponível não é suficiente para permitir a realização de projeto e fabricação desses potentes sistemas, os supercomputadores<sup>(12)</sup>. Isto coloca o problema do progresso técnico do setor de informática no contexto ampliado da estratégia do Brasil-NPI.

Nesse contexto, apesar da indústria nacional ter adquirido determinada capacitação e manutenção de microcom-

putadores, somos obrigados a reconhecer que importante progresso técnico necessita, ainda se realizado em matéria de normalização (em 1988, segundo a SEI, havia mais de 500 modelos de equipamentos para o tratamento racional da informação no mercado) e de qualidade (o que já resultou na implementação de um programa de qualidade em informática pela SEI).

Se adicionarmos a esse fato a urgente necessidade de uma capacitação tecnológica nacional para projetar e fabricar grandes sistemas (*mainframes*) a fim de responder às necessidades de setores como o aeronáutico fica evidente serem consideráveis as novas exigências apresentadas à indústria nacional e, sobretudo, ao Estado brasileiro.

Consciente de ser na microeletrônica que ocorre e ocorrerá, cada vez mais, o essencial das transformações técnicas dos computadores, em 1988 uma Comissão de especialistas brasileiros propôs a implementação urgente de um Programa Nacional em Microeletrônica<sup>(13)</sup>. Entre os objetivos a serem atingidos por esse Programa citamos:

- o domínio da tecnologia de projeto de processadores especiais para as estações de trabalho CAD/CAM;
- o domínio da tecnologia de projeto de circuitos integrados de aplicação específica (redes locais, *modem* etc.).

É grande a importância da microeletrônica para o conjunto de setores industriais e medidas urgentes devem ser tomadas pelo Estado em conjunto com as empresas. Este imperativo é tão premente que as pressões e bloqueios já se fazem sentir da parte dos países europeus, do Japão e, sobretudo, dos EUA. Assim, nos EUA, desde que o Departamento de Comércio começou a aplicar (1986) o dispositivo *Supercomputer Safeguard Procedure*, quando um determinado país, sobretudo se não for membro da OTAN, deseja comprar um supercomputador ou mesmo componentes, é preciso que obtenha prévio parecer favorável desse Departamento. No final de 1986 americanos e japoneses estabeleceram um acordo para regulamentar e filtrar a exportação de seus supercomputadores.

Essas medidas tiveram de imediato, duplo efeito no Brasil. O primeiro foi **negativo**, a empresa pública Petrobrás teve grandes dificuldades para importar unidades de tratamento vetorial para um de seus computadores estratégicos<sup>(14)</sup>. Em seguida, como efeito **positivo**, a situação mostrou-se útil para lembrar ao governo brasileiro e à indústria nacional que uma pretensa divisão de conhecimentos e de tecnologia pára, onde começam os interesses.

## O SETOR DOS BENS PRODÚTICOS

O progresso técnico relativamente acelerado é, sobretudo em termos do surgimento de novos produtos (MFCN, robôs industriais, sistemas CAD/CAM, CPLs, entre outros) na nova indústria brasileira produtora de bens de equipamentos para a automatização integrada da produção, tributário da consolidação de uma base técnica no país durante os anos 70.

Considerável esforço em formação e em P&D foi feito pelas empresas nos anos 80. No referente à formação, esse

esforço mais que dobrou entre 1985 (aplicação da reserva de mercado para os fabricantes nacionais de robôs industriais e de sistemas CAD/CAM) e 1990 em relação aos cinco anos precedentes.

A crescente variedade de produtos fabricados permite supor ter havido uma evolução técnica. Segundo pesquisa da SEI, junto a 42 empresas representativas da produção de equipamentos para a automatização da manufatura, constatou-se que o número de modelos equipamentos passou de 14 (1984) para 35 (1987)<sup>(15)</sup>, ou seja entre 1984 e 1987 a média anual de surgimento de novos equipamentos foi sete em uma mesma categoria. Quanto aos equipamentos para o controle de processos, o número de modelos atingiu 47 (1987)<sup>(16)</sup>.

Nossa análise do progresso tecnológico no setor (produtivo) estará limitada ao caso da indústria de robôs industriais no Brasil. Essa indústria produz bens de alto valor adicionado, estratégicos em uma ótica de automatização integrada da produção.

No Brasil os primeiros robôs industriais apareceram em 1983: problemas técnicos (soldagem etc.) motivaram as empresas do setor automobilístico a importar tais máquinas. De 1984 até agosto de 1990 evoluiu de 15 para 106 o parque de robôs industriais<sup>(17)</sup>.

A SEI, em 1984, percebendo a estratégia das empresas multinacionais que desejavam importar, mas também fabricar essas máquinas (caso da empresa sueca Asea querendo se associar à Prologo), com o único objetivo de conquistar um mercado potencial, sem a preocupação de uma pretensa transferência de tecnologia, convidou as empresas nacionais interessadas em desenvolver, fabricar e comercializar sistemas robóticos a apresentarem proposições detalhadas: 16 empresas foram escolhidas.

Analisando a natureza dos projetos aprovados, constatou-se ter o governo brasileiro levado em conta, ao mesmo tempo, o curto e o longo prazos. O curto prazo foi privilegiado com a escolha de quatro empresas, as quais utilizariam tecnologia sofisticada sob licença estrangeira, a fim de responder rapidamente à demanda potencial da indústria sobretudo automobilística e mecânica. O longo prazo foi considerado com a escolha de 12 empresas que deveriam usar tecnologia própria e menos sofisticada quanto a desenvolvimento, integração e fabricação de robôs industriais.

Por outro lado, a escolha das 16 empresas foi, ao mesmo tempo, o coroamento de um trabalho de pesquisa já iniciado por certos organismos (CTI, USP, UFES, COPPE/UFRJ, entre outros) e a ampliação da política de reserva de mercado, até então limitada ao domínio da eletrônica digital. Além disso, é importante salientar, as empresas com tecnologia sob licença estrangeira deveriam nacionalizar 80% dos sistemas robóticos até o quarto ano (a contar de junho de 1985) e 100% até a metade de 1990.

Em 1990 o balanço histórico do progresso técnico dessa indústria revelou-se satisfatório, sobretudo se considerado que a fundação oficial da indústria de robôs ocorreu em junho de 1985 (data da divulgação do comunicado STI/SEI precisando os 16 projetos aprovados).

No quadro a seguir revela-se o estado do progresso técnico em termos de *savoir-faire* acumulado pela indústria

## Capacitação Tecnológica da Indústria Nacional para Projetar e Fabricar Subsistemas de Robôs Industriais

Subsistemas	Pode ser projetado e fabricado atualmente		
	Sim		Não
	sem dificuldade	com dificuldade	
Manipuladores { • Mão-Ferramenta • Braço { • Estrutura • Elementos de Transmissão • Acionadores	x	x	
Hardware do sistema de controle	x		
Software do sistema de controle	x		
Sensores { • Internos • Externos	x	x	
Circuitos e componentes de potência		x	

nacional. Consta-se estar a tecnologia completamente dominada no que diz respeito as *hardware* e *software* do sistema de controle, sensoriais internos, estrutura do braço manipulador e acionadores. Entretanto, vários obstáculos deverão ser removidos para a resolução de problemas relativos à capacitação tecnológica ao nível de mão-ferramenta, elementos de transmissão e, sobretudo, sensores externos, circuitos e componentes de potência.

A capacitação aos níveis de projeto e de fabricação desses subsistemas deverá repercutir, favoravelmente, sobre a qualidade e o custo unitário de produção dos robôs (atualmente o preço médio de um robô no mercado nacional está estimado em US\$ 175 mil.<sup>(18)</sup>).

### À GUIA DE CONCLUSÃO

A análise do progresso técnico realizada neste artigo permite-nos afirmar que o Brasil já consolidou sua posição de NPI entre as principais nações mundiais.

A transformação ocorrida no sistema produtivo brasileiro pode ser facilmente identificada na natureza dos novos produtos fabricados apresentando crescentes valores adicionais: aviões, máquinas-ferramenta, CLPs, robôs industriais, entre outros), na qualidade e na quantidade de P&D (dos satélites à automatização integrada da produção, passando por fibras óticas, novos materiais e serviços de engenharia são áreas estratégicas nas quais as competências se afirmam e se multiplicam).

Entretanto, esse panorama não poderia esconder o fato de que esforços audaciosos de P&D deverão ser feitos, espe-

cialmente em microeletrônica que continua aquém das necessidades de áreas como informática, aeronáutica e prodútica.

Na medida que os circuitos integrados situam-se na base do progresso técnico dessas áreas estratégicas, uma espécie de bloqueio no avanço técnico não é fato a ser desconsiderado se medidas conseqüentes não forem tomadas (por exemplo, a implementação de um programa nacional em microeletrônica).

Além disso, na mesma linha de autonomia, é necessário que o Brasil-NPI analise interesse em modificar sua atual posição no seu contencioso tecnológico internacional, em relação a informática, patentes e engenharia.

No caso da informática a reserva de mercado atinge somente os microcomputadores (47 produtos até outubro de 1992, segundo recente deliberação do CONIN), ao passo que as necessidades estratégicas do país situam-se cada vez mais, na categoria dos supercomputadores. Caso o governo americano endosse, sem restrições, o recente gesto do Senado (outubro/90) retirando o Brasil da lista de países submetidos à aplicação do *Supercomputer Safeguard Procedure*, poder-se-ão, a princípio, contornar vários problemas de pesquisa e produção de curto prazo.

Quanto às patentes, é necessário considerar o interesse de ampliar, para conjunto mais importante de produtos, a não-garantia de proteção de processos e produtos farmacêuticos (e, em conseqüência, o não-pagamento de *royalties* pelo uso de patentes). Em caso positivo, deve-se pesar o risco da inibição de P&D e a possibilidade do Estado assegurar o avanço do progresso técnico.

Em relação à reserva de mercado para as empresas brasileiras quanto aos serviços de engenharia, parece evidente tra-

tar-se de um dispositivo que tem desempenhado papel fundamental na crescente capacitação tecnológica do país.

## NOTAS

- (1) É importante salientar que o CNPq foi criado nos anos 50. Esse organismo, juntamente com a CAPES, desempenhará importante papel para que a pesquisa tenha posição de relevância no desenvolvimento industrial do Brasil e seja constituída real capacitação tecnológica nacional.
- (2) A propósito da complexidade do trabalho ver a tese de Lamote, 1989.
- (3) Cf. Castro, 1984.
- (4) Idem.
- (5) Quando de nossa visita ao 38º Salon International de L'Aeronautique et de L'Espace (Paris, Le Bourget, junho de 1989) foi possível contactar alguns dos responsáveis pelo projeto AMX que falaram da alta confiabilidade do aparelho. Esse ponto de vista foi partilhado por especialistas de empresas concorrentes.
- (6) Cf. Valente, 1988.
- (7) A este propósito, ver Mattos & Pontes, s.d. e *Revista Nacional de Telecomunicações*, jun. 1990.
- (8) Cf. Castro, 1984.
- (9) Ver *Geopolitique*, hiver 1988-1989.
- (10) Ver *Le Monde Diplomatique*, n. 421, Avril 1989.
- (11) Ver *Informativo INT*, 1986.
- (12) Cf. Relatório SEI n. 30, 1988.
- (13) Idem.
- (14) Idem.
- (15) Idem.
- (16) Idem.
- (17) Para dados de 1984 ver Vieira, 1985; e para 1990 ver Sobracon, 1990.
- (18) Ver Sobracon, 1990.

---

## Abstract

This work has the objective of discussing the development of the technological capacity in the Brazilian industry from the analysis of four sections presenting powerful technological integration: computer integrated manufacturing industry, aircraft industry, computer science industry and military industry. Evidencing the capital importance of the technical microelectronics base as irrigation element of the progress of these sections, the analysis brakes up with the tradicional vision and supplies elements to a new boarding of the technological capacity problem.

## Uniterns:

- technological capacity
- technological strategy
- microelectronic
- manufacturing automation

---

## Referências Bibliográficas

AGANBEGUIAN, A. L'acélération du progrès scientifique et technique. *Revue Internationale de Sciences Sociales*, v. 72, n. 2, 1988.

ARRUDA, M.F.M. O Brasil face a nova arrancada tecnológica. *Revista Brasileira de Tecnologia*, v. 15, n. 5, p. 28-32, set./

out. 1984.

BRIGADÃO, C. Um grand producteur du tiers-monde: Le Brésil. *Revue Problèmes politiques et Sociaux*, v. 600, n. 20, jan. 1989.

CASTRO, C.M. É possível uma tecnologia made in Brazil?. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro: v.

14, n. 3, p. 723-772, dez. 1984.

GIANNETTI, R. EMBRAER voa melhor com a informática. *Revista Nacional de Tele-mática*, São Paulo: v. 11, n. 126, p. 22-24, fev. 1990.

INFORMATIVO INT. n. 37, set./dez., 1986.

LAMOTTE, B. *La complexité du*

- travail: de théorie de la valeur à l'efficiencia productive.* Thèse (Doctorat). Université des Sciences Sociales de Grenoble, IRP-Développement, 1989.
- LE MONDE DIPLOMATIQUE. Le complexe militaro-industrial. n. 421, Avr. 1989.
- MATTOS, P.M. & PONTES, M.R. *Plano de implantação de um sistema CAD/CAM em ambiente de manufatura: experiência EMBRAER.* (Documento Interno) s.d.
- RATTNER, H. et alii. *Produção e difusão de máquinas-ferramenta de comando numérico no Brasil.* São Paulo; EAESP/FGV, 1982 (Relatório 20).
- SECRETARIA ESPECIAL DE INFORMÁTICA. *Relatório da comissão n. 30: processadores.* Brasília: 1988.
- SÉRIE ESTATÍSTICAS – SEI: Parque de equipamentos de informática. Brasília: v. 1, n. 2, set. 1988.
- SOBRACON. *Retrospectiva da década de 80 no setor da automação industrial,* ago. 1990.
- TAUILLE, J.R. La diffusion de l'automation flexible dans un nouveau pays industrial. In: SEMINAIRE INTERNATIONAL "AUTOMATISATION PROGRAMMABLE ET CONDITIONS D'USAGE DU TRAVAIL". Paris, 1987. Actes. Paris: 1987.
- TIGRE, P.B. & PERINE, L. *Competitividade dos microcomputadores nacionais.* Rio de Janeiro: IEI/UFRJ, 1984. (Texto para discussão, 60).
- VALENTE, A.S.M. Aplicações de inteligência artificial à produção. *Revista Máquinas e Metais,* jan./fev. 1988.
- VIEIRA, D.R. *Funções da Robótica no processo de acumulação: o caso brasileiro.* Rio de Janeiro: Vozes, 1985.
- WYTHE, G. Brazil - trends industrial development. In: KUZNETS, S. et alii. *Economic growth - Brazil, India, Japan.* Durkan: Duke University Press, 1955.

Recebido em fevereiro/90  
2ª versão em novembro/90